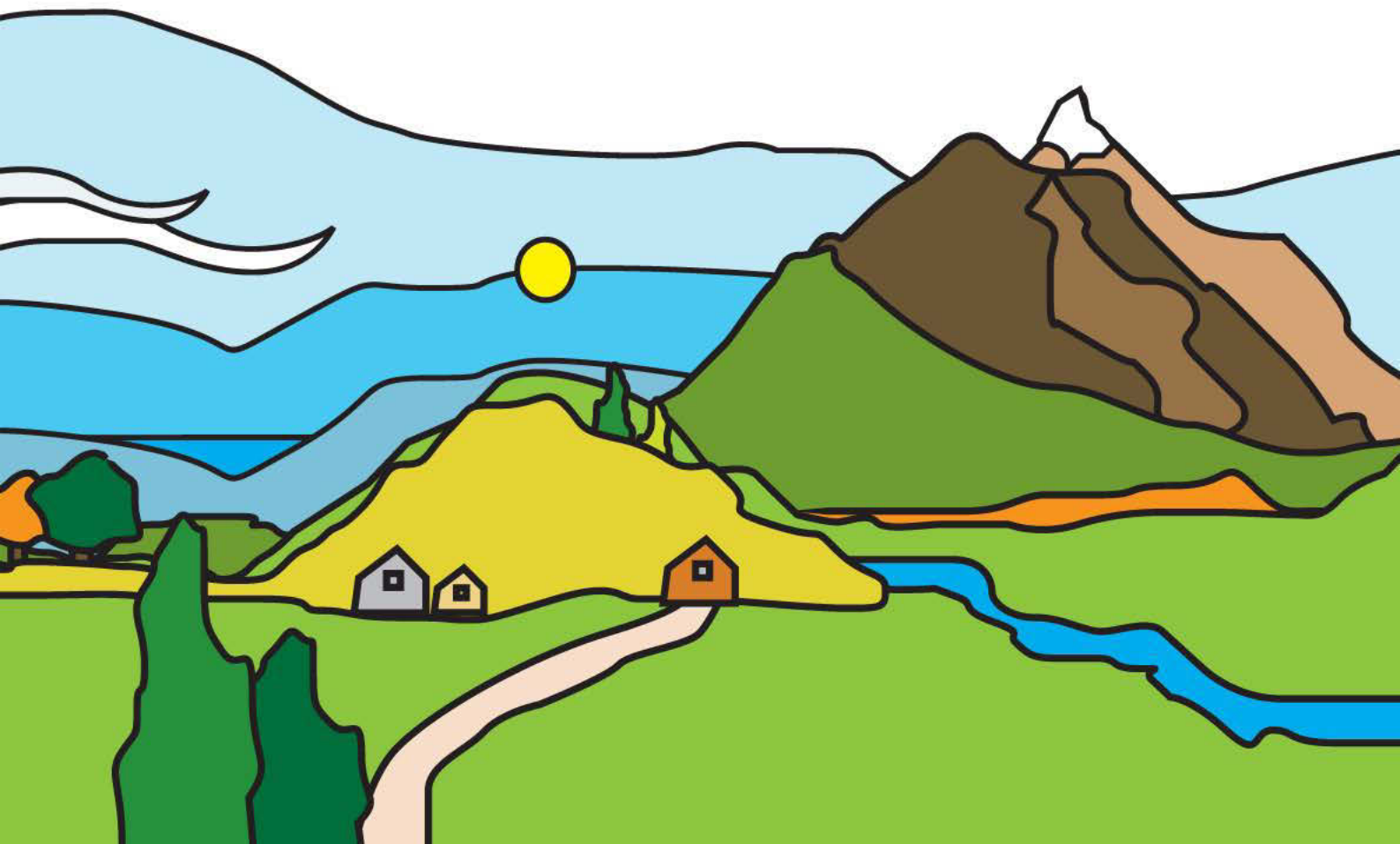
Rete Rurale Nazionale
2007.2013

MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE ALIMENTARI E FORESTALI

Libro bianco

SFIDE ED OPPORTUNITÀ DELLO SVILUPPO RURALE PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO AI CAMBIAMENTI CLIMATICI



SOMMARIO

1 IL QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI 11

1.1 PREMESSA 11
1.2 LA CONVENZIONE QUADRO ONU SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI (UNFCCC) 12
1.2.1 PRINCIPI ISPIRATORI 12
1.2.2 DEFINIZIONE E DIFFERENZIAZIONE DEGLI IMPEGNI 12
1.2.3 LE ISTITUZIONI 14
1.3 IL PROTOCOLLO DI KYOTO 15
1.3.1 RUOLO DELLE ATTIVITÀ AGROFORESTALI (LULUCF) 17
1.3.2 PRINCIPI GUIDA 19
1.3.3 ATTIVITÀ ELEGGIBILI 19
1.3.4 DEFINIZIONI 20
1.3.5 I QUATTRO "*CAP*" 20
1.4 POLITICHE DELL'UNIONE EUROPEA SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI 21
1.4.1 LA DIRETTIVA EU-ETS 23
1.5 IL QUADRO ITALIANO 24
1.5.1 GLI IMPEGNI DELL'ITALIA ED IL PIANO NAZIONALE DI ALLOCAZIONE 25
1.6 NEGOZIATO PER IL POST-2012 31
1.6.1 L'ACCORDO DI CANCUN 32
1.7 LIBRO VERDE DELLA COMMISSIONE SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI 33
1.7.1 ATTUAZIONE E COORDINAMENTO DELLE MISURE DI ADATTAMENTO 34
1.8 IL LIBRO BIANCO DELLA COMMISSIONE: UN SUPPORTO PER LA DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA ADATTATIVA EUROPEA 35

2 SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO, IMPATTI SULL'AGRICOLTURA E ADATTAMENTO 36

2.1 LA VARIABILITÀ CLIMATICA 36
2.2 CLIMA 40
2.2.1 STATO DELL'ARTE SUGLI STUDI DI SCENARIO, D'IMPATTO ED ESEMPI DI PROIEZIONI CLIMATICHE IN CONTESTI RILEVANTI 40
2.2.2 SCENARI DI VARIABILITÀ CLIMATICA PER L'ITALIA A SCALA REGIONALE E LOCALE (*STATISTICAL DOWNSCALING*). METODOLOGIE ED ESEMPI DI PROIEZIONI CLIMATICHE IN DIVERSI CONTESTI RILEVANTI PER L'AGRICOLTURA ITALIANA 42
2.2.3 SCENARI DI CAMBIAMENTI CLIMATICI GENERALI PER L'ITALIA (*DYNAMICAL DOWNSCALING*). I PROGETTI ADATALP E FISR-CMCC 47
2.2.4 FENOLOGIA E CAMBIAMENTI CLIMATICI 49
2.3 SISTEMI COLTURALI E IRRIGAZIONE 51
2.3.1 STRUMENTI PER L'ANALISI QUANTITATIVA DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI 51
2.3.2 ANALISI DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL BILANCIO IDRICO E LA PRODUTTIVITÀ 53
2.3.3 ANALISI DELL'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA DINAMICA DELLA FERTILITÀ DEL SUOLO E DEI CICLI DEL C E DELL'N 55
2.3.4 NUOVE MODALITÀ DI TRASFERIMENTO E CO-CREAZIONE DELLA CONOSCENZA 56
2.3.5 SISTEMI COLTURALI E IRRIGAZIONE: considerazioni per azioni operative 57
2.4 SUOLO 59
2.4.1 RISORSE NATURALI RINNOVABILI E QUALITÀ DEI SUOLI 59
2.4.2 TRAFFICABILITÀ E LAVORABILITÀ DEI SUOLI IN CONDIZIONI DI CAMBIAMENTI CLIMATICI 63
2.4.3 SCENARI DI CAMBIAMENTO DI USO DEL SUOLO E DI ATTITUDINE DELLE TERRE ALL'AGRICOLTURA 65
2.5 SISTEMI ZOOTECNICI 69
2.5.1 MODIFICHE DEI SISTEMI FORAGGERI PER LA ZOOTECNIA E DEI SISTEMI DI ALIMENTAZIONE 69
2.5.2 BENESSERE ANIMALE E CAMBIAMENTI CLIMATICI 73
2.6 PATOGENI E INSETTI 74
2.6.1 IMPATTI SUI PATOGENI DELLE COLTURE 74
2.7 BIODIVERSITÀ E MODELLISTICA 78
2.7.1 MODELLISTICA DEL REGIME IDRO-CLIMATICO DEL TERRITORIO RURALE E BIODIVERSITÀ DELLE SPECIE DI INTERESSE AGRARIO PER L'INDIVIDUAZIONE DI OPZIONI DI ADATTAMENTO A BREVE E LUNGO TERMINE 78
2.8 ASPETTI ECONOMICI E OPERATIVI 81

2.8.1 INSTABILITÀ CLIMATICA E PROCESSI DECISIONALI IN AGRICOLTURA: EFFETTI ECONOMICI, ADATTAMENTO E POLITICHE AGRICOLE 81
2.8.2 RUOLO DEI SERVIZI TECNICI E DEL MONITORAGGIO 85
2.9 CONCLUSIONI DEL CAPITOLO IN RIFERIMENTO AGLI SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO 86

3 SETTORE ZOOTECNICO 87

3.1 PREMESSA 87
3.2 STIMA DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA (GHG) 88
3.2.1 SITUAZIONE ATTUALE NAZIONALE 88
3.2.2 CONFRONTO INTERNAZIONALE 88
3.2.3 STIMA DELLE EMISSIONI DI CH_4 DA FERMENTAZIONE ENTERICA 89
3.2.4 STIMA DELLE EMISSIONI DI CH_4 DA DEIEZIONI 91
3.2.5 STIMA DELLE EMISSIONI DI N_2O 91
3.3 INTERVENTI DI MITIGAZIONE 92
3.3.1 EMISSIONI DI METANO DA FERMENTAZIONE ENTERICA 92
QUALITÀ DEI FORAGGI E RAPPORTO FORAGGI/CONCENTRATI (CARBOIDRATI STRUTTURALI/AMIDO) 94
GRASSATURA DELLA RAZIONE 95
ALTRI INTERVENTI 95
3.3.2 EMISSIONI DI METANO E DI PROTOSSIDO DI AZOTO DA DEIEZIONI 95
3.4 INTERVENTI DI ADATTAMENTO 97
3.4.1 INTERVENTI STRUTTURALI SUI RICOVERI 97
ORIENTAMENTO DEI RICOVERI 97
COIBENTAZIONE E RIFLETTANZA DI COPERTURA E PARETI DEI RICOVERI 98
OMBREGGIAMENTO 98
VENTILAZIONE NATURALE 98
VENTILAZIONE FORZATA 98
VENTILAZIONE FORZATA CON GOCCIOLATOI 98
VENTILAZIONE FORZATA CON NEBULIZZATORI 99
3.4.2 *MANAGEMENT* 99
ALIMENTAZIONE 99
RIPRODUZIONE 99
SELEZIONE GENETICA 100
ATTEGGIAMENTO PRO-ATTIVO 100
3.5 INDICATORI DI IMPATTO 100
3.5.1 MITIGAZIONE 100
3.5.2 ADATTAMENTO 101
3.6 STRATEGIE PER IL FUTURO 101
3.6.1 EMISSIONI: LIMITI SOSTENIBILI E CLASSIFICAZIONE DEGLI ALLEVAMENTI 101
RACCOLTA DATI 102
ATTRIBUZIONE DELLA CLASSE 102
3.6.2 PIANO PER IL CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI ZOOTECNICHE 103
3.7 CONCLUSIONI 106

4 PRODUZIONI VEGETALI 111

4.1 PRATICHE RAZIONALI ED EFFICIENTI DI GESTIONE DEL SUOLO AGRARIO 111
4.1.1 SISTEMI PRODUTTIVI ERBACEI: SITUAZIONE ATTUALE, CRITICITÀ 111
4.2 PRATICHE VOLTE A MIGLIORARE E CONSERVARE LA FERTILITÀ DEL TERRENO E AD AUMENTARE L'EFFICIENZA DI USO DELL'ACQUA 111
4.2.1 POTENZIALE DI MITIGAZIONE DERIVANTE DALLA STABILIZZAZIONE E DALL'INCREMENTO DEL *POOL* DI CARBONIO EDAFICO 113
4.3 L'IMPORTANZA NEL SUOLO DEL CARBONIO ORGANICO (SOC) AI FINI DELLA PRODUTTIVITÀ E DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE 113
4.3.1 SOC E RESILIENZA DELL'AGRO-ECOSISTEMA 113
4.3.2 SOC E FERTILITÀ DEL SUOLO 114
4.3.3 SOC ED EFFICIENZA D'USO DELLA RISORSA IDRICA 116
4.4 RAZIONALE GESTIONE DEL SUOLO AGRARIO PER LA SOSTENIBILITÀ E LA COMPETITIVITÀ ECONOMICA 116
4.4.1 CONVENIENZA ECONOMICA DELL'ADOZIONE DI PRATICHE AGRONOMICHE CONSERVATIVE 116

4.4.2 Semplificazione del parco macchine aziendale ... 116
4.4.3 Risparmio idrico ... 116
4.4.4 Valutazione economica del beneficio ambientale derivante dall'adozione di tecniche agronomiche volte a preservare il carbonio organico nel suolo ... 117
4.5 Flussi di carbonio ed azoto ed emissioni di gas serra nei suoli agrari ... 119
4.5.1 Introduzione ... 119
4.5.2 Flussi di C nel sistema agricolo ... 120
4.5.3 Flussi di N ed emissioni di N_2O negli agroecosistemi ... 121
4.5.4 Indicatori di impatto: Esempi di stime per il comparto agricolo italiano ... 122
Figura 4.3 Variazione del contenuto di carbonio nel suolo in funzione dei residui di coltivazione ... 124
Figura 4.5 Variazione del contenuto organico del suolo annuale ed emissioni dirette di protossido dalle superfici agricole italiane relative a coltivazioni a mais, grano duro, vite, soia, girasole (sommatoria). ... 125
Figura 4.6 – Emissioni annuali di N_2O dirette (a), indirette da deposizioni di NH_3 e NOx (b), indirette da lisciviazione (c) e totali (d), calcolate per tutta la superficie agricola italiana relativa a seminativi, pascolo, colture arboree per l'anno 2000 utilizzando modelli empirici georeferenziati (Castaldi et al. Pers. Comm) ... 126
4.5.5 Pratiche di mitigazione ... 127
Tabella. 4.4 Bilancio del carbonio dalle superfici coltivate italiane (seminativi, legnose, foraggere) con aggregazione regionale. Il SOC, non considera gli input di carbonio dei fertilizzanti organici. ... 129
Tabella. 4.5 Flussi di carbonio (Mg ha^{-1}) su seminativi, legnose e foraggere con aggregazione regionale. ... 130
Tabella 4.6 Flussi di Azoto dalle superfici coltivate italiane con aggregazione regionale. ... 131
Tabella 4.7 Potenziali di mitigazione di GHG sulle superfici coltivate italiane. Gli asterischi indicano l' evidenza scientifica (numero di pubblicazioni) e il consenso (effetti misurati concordanti). In assenza di dati misurati per N_2O si è assunto ... 132
4.6 Indicatori per la valutazione della fertilità del suolo ... 133
4.6.1 Valutazione dello stato del suolo ... 133
4.6.2 Indicatori visivi per il monitoraggio della qualità del suolo ... 133

5 SETTORE AGRO ALIMENTARE ... 134

5.1 IL CONTRIBUTO DEL SETTORE AGRO-ALIMENTARE ITALIANO ALLE EMISSIONI DI GAS SERRA: SINTESI ... 134
5.1.1 Il bilancio nazionale ... 134
5.2 Carbon footprint: iniziative volontarie ... 136
5.3 Gli standard di riferimento ... 137
5.3.1 ISO 14064 ... 140
5.3.2 PAS 2050 ... 141
5.3.3 *Life Cycle Assesment* (LCA) ... 141
5.3.4 ISO 14040 ... 143
5.3.5 *Carbon Footprint* e *marketing* ... 144

6 SETTORE FORESTALE ... 144

6.1 Le Foreste e il settore forestale in Italia ... 144
6.1.1 Caratteristiche principali delle risorse forestali nazionali ... 145
6.1.2 Parametri socio-economici delle foreste ... 147
6.2 Il ruolo delle foreste nel ciclo del carbonio ... 148
6.3 Le risorse forestali nelle politiche di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico ... 150
6.3.1 Vulnerabilità del patrimonio forestale italiano ... 152
6.3.2 Risposta delle foreste italiane ... 152
6.4 Obiettivi generali di mitigazione e adattamento degli impatti del cambiamento climatico ... 153
6.4.1 Il ruolo del settore forestale ... 156
6.5 I gestori delle aree forestali nella riduzione delle emissioni ... 157
6.5.1 L'industria del legno e le filiere forestali ... 158
6.5.2 Utilizzo delle biomasse legnose nella riduzione delle emissioni di CO_2 ... 159
6.5.3 Convivenza e coordinamento tra *sink* e produzione di energia da biomasse forestali ... 160
6.6 Priorità strategiche ... 160
6.6.1 Misure di mitigazione e di adattamento: interventi operativi ... 161

6.6.2 La pianificazione forestale come strumento per la mitigazione e l'adattamento delle foreste al cambiamento climatico 164
6.7 Proposte di indicatori di impatto 165
6.8 Indicatori pratici per la gestione forestale 166
6.9 Le associazioni forestali come indicatori 167

7 SETTORE ENERGETICO 168

7.1 Situazione attuale e *best practice* 168
7.1.1 Analisi della domanda del settore 168
7.1.2 Analisi della domanda per tipologia di filiera e per fonte 168
7.1.3 Quadro di Sintesi 177
7.1.4 Produzione di energia dal settore agricolo 179
7.1.5 Analisi delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili (*best practice*) 186
7.2 PROPOSTA DI MISURE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA 197
7.2.1 Disponibilità e potenziale energetico delle biomasse 198
7.2.2 Potenziale fotovoltaico 202
7.2.3 Riduzione dei consumi di energia 203
7.2.4 Riduzione delle emissioni di gas serra 203
7.3 INCENTIVI E CONTRIBUTI 204
7.3.1 Certificati Verdi 204
7.3.2 Tariffa elettrica onnicomprensiva 204
7.3.3 Conto Energia 204
7.3.4 Titoli di efficienza energetica 205
7.3.5 Benefici fiscali 205
7.3.6 Il ruolo dei PSR 205
7.4 Comparazione tecnico-economica delle diverse fonti energetiche rinnovabili 207
7.4.1 Analisi economica-occupazionale 207
7.4.2 Aspetti ambientali 212

8 STRUMENTI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO PER IL SETTORE AGRICOLO E FORESTALE 213

8.1 L'adattamento nel settore agricolo 213
8.1.1 Tipologie di adattamento nel settore agricolo 216
8.1.2 Il fondo di solidarietà nazionale tra interventi compensativi e assicurazioni agevolate 218
8.2 La mitigazione delle emissioni di gas serra e il settore agricolo: sfide ed opportunità 220
8.2.1 Incentivi alla mitigazione 221
8.2.2 Obblighi di mitigazione 223
8.3 Strumenti per l'accelerazione degli effetti delle politiche: ricerca e sviluppo 226
8.4 Possibili linee strategiche di azione 228

9 GLI STRUMENTI DELLA PAC: IL CONTRIBUTO DELLA CONDIZIONALITA' E DEI PROGRAMMI DI SVILUPPO RURALE, E GLI SCENARI 2013-2010 230

9.1 La Condizionalità 230
9.1.1 L'attuazione della condizionalità per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici 232
9.2 I Programmi di Sviluppo Rurale: il contributo al Protocollo di Kyoto e nel post-Cancun 234
9.2.1 Gli indicatori d'impatto per i cambiamenti climatici nei Programmi di Sviluppo Rurale. Principali criticità emerse 238
9.2.2 Il supporto della Rete Rurale alle politiche sul clima 239
9.3 SCENARI DELLA PAC POST 2013 239

10 CONCLUSIONI 242

10.1 STRATEGIE NELL'AMBITO DELLA POLITICA INTERNAZIONALE 242
10.2 STRATEGIE VOLTE AD AFFRONTARE I FUTURI SCENARI CLIMATICI SUL TERRITORIO NAZIONALE 242
10.3 STRATEGIE PER AUMENTARE LA RESILIENZA DEI SISTEMI AGRICOLI, ZOOTECNICI E FORESTALI 243
10.4 STRATEGIE DI ADATTAMENTO E MITIGAZIONE IN CAMPO AGRICOLO E ZOOTECNICO 243
10.5 STRATEGIE DI ADATTAMENTO E MITIGAZIONE IN CAMPO FORESTALE 246
10.6 MERCATI AGRO-ALIMENTARI E LE POLITICHE DEL CLIMA 248
10.7 STRATEGIE PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI NEL SETTORE AGRICOLO-ZOOTECNICO 249
10.8 GLI STRUMENTI POLITICO-ECONOMICI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO NEL SETTORE AGRICOLO E FORESTALE 250

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 252

11 ALLEGATI 254

11.1 RASSEGNA PROGETTI INTERNAZIONALI 254
11.1.1 IL PROGETTO CLIMAGRI 255
11.2 ASPETTI AGRONOMICI DELL'IRRIGAZIONE E DELL'USO DELL'ACQUA 257
11.3 APPENDICI AL PARAGRAFO 4.5 "FLUSSI DI CARBONIO ED AZOTO ED EMISSIONI DI GAS SERRA NEI SUOLI AGRARI" 260

ELENCO DEGLI ACRONIMI 265

ELENCO DELLE TABELLE E DELLE FIGURE 269

TABELLE 269
FIGURE 272

BIBLIOGRAFIA 274

Documento prodotto nell'ambito della Rete Rurale Nazionale 2007-2013

Coordinatore: Paolo Ammassari (Mipaaf), Riccardo Valentini (UniTuscia), Camillo Zaccarini Bonelli (ISMEA), Guido Bonati (INEA).

Autori: R. Valentini, A. Nardone, N. Lacetera, M. S. Ranieri, M. Segnalini, L. Perugini, A. Barbati, P. Corona, F. Alisciani, C. Francesco, F. Chiani, G. Dono, S. Severini, M. Moresi, D. Vespertino, (UniTuscia); G. Pirlo (CRA di Cremona); A. Vitali, D. Vento, S. Quaresima, R. Alilla, G. Dal Monte, E. Di Giuseppe, C. Epifani, S. Esposito, L. Perini (CRA di Roma); P. Servadio (CRA di Monterotondo); G. Della Casa (CRA di Modena); S. Pellegrini (CRA di Firenze); M. Lodesani, L. Manici, A. Nanetti (CRA di Bologna); F.Rizza (CRA di Fiorenzuola d'Arda); P. P. Roggero, G. De Sanctis[1], V. Mereu, G. Seddaiu, D. Spano (UniSassari); M. Acutis, S.Bregaglio (UniMilano); R. Santilocchi (Università Politecnica delle Marche); S. Corsi, F. Stagnari, M. Pisante (UniTeramo); R. Romano, L. Cesaro, F. Di Pietro, S. Coderoni, F. Lupia, G. Bonati, R. Zucaro, A. Pontrandolfi, A. Vagnozzi (INEA); L. Colletti, E. Pompei (CFS); F. D'Aprile (Monash University, Melbourne, Australia); M. Marchetti (UniMolise), D. Pettenella (UniPadova), F. Serafini, F. Del Bravo, F. Ventura, A. Costantini Scala (ISMEA), L. M. Morelli (Mipaaf); F. Asdrubali; A. Presciutti, P. Milone (UniPerugia); S. Castaldi (Seconda Università di Napoli); A. Peressotti (UniUdine); R. Tomozeiu, L. Botarelli, V. Marletto, F. Tomei, G. Villani (Arpa Emilia-Romagna); A. Bonfante, F. De Lorenzi, M. Pasqui, B. Gozini (CNR); E. Bucchignani, S. Gualdi, P. Mercogliano, V. Mereu, M. Santini, P. Schiano, E. Scoccimarro, D. Spano, R. Valentini (CMCC); A. Libertà (SIN-SIAN); A. Marocco, F.Masoero, A. Prandini, V. Tabaglio (Uni Cattolica del Sacro Cuore di Piacanza); M. Menenti (*Delft University of Tecnolgy*, NL); L. Massai (*Coalition for Rainforest Nations*); R. D. Cóndor, M. Vitullo (ISPRA)[2]; G. Rossi (UNACOMA)

Revisori: L.M. Morelli (Mipaaf); S. Coderoni (INEA); F. Chiani (UniTuscia)

Ringraziamenti: A. Frattarelli e M. Fargnoli (Mipaaf)

Impaginazione e grafica: R. Ruberto (ISMEA); M. Cariello (INEA)

Acronimi

CFS: Corpo Forestale dello Stato

CMCC: Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici

CNR: Consiglio Nazionale delle Ricerche

CRA: Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura

INEA: Istituto Nazionale di Economia Agraria

ISMEA: Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare

ISPRA: Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale

Mipaaf: Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

SIN(srl)-SIAN: Sistema Informativo Nazionale per lo sviluppo dell'agricoltura – Sistema Informativo Agricolo Nazionale

UNACOMA: Unione Nazionale Costruttori Macchine Agricole

[1] L'attività di ricerca inerente gli "Strumenti per l'analisi quantitativa dell'impatto dei cambiamenti climatici" (capitolo 2.4.1) è stata sostenuta dalla Regione Autonoma della Sardegna attraverso una borsa di Ricerca co-finanziata con fondi a valere sul PO Sardegna FSE 2007-2013 sulla L.R. 7/2007 "Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna".

[2] L'ISPRA ha trattato esclusivamente il capitolo 1.5.1.1. Ogni altro riferimento all'istituto o ai dati da esso prodotti, sono da attribuire alla personale estrapolazione/interpretazione effettuata dagli altri autori del libro.

INTRODUZIONE

G. Blasi

E' ormai pienamente acquisita dal grande pubblico la percezione dell'influenza che ha il cambiamento climatico sull'economia e nella società, non solo in ragione dell'aumento di intensità e frequenza degli eventi metereologici estremi con le inevitabili e a volte drammatiche conseguenze anche in termini di vite umane, ma anche delle politiche proposte in tutti i settori (dall'industria ai trasporti, dalla sanità alla pianificazione del territorio, e chiaramente in agricoltura e nelle relative filiere agro-alimentari) all'attenzione dei diversi *stakeholder*. Altrettanto noti, purtroppo, sono gli inevitabili casi di instabilità sociale ed economica che ne derivano e che interessano principalmente i Paesi in via di sviluppo, cioè i paesi più vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici.

Alla luce di queste evidenze, i Paesi sviluppati si sono posti in primo piano per poter delineare delle strategie idonee sia per l'adattamento che per la mitigazione e l'Italia, come Stato membro dell'Unione europea che ha aderito al Protocollo di Kyoto (P.K.), è pienamente coinvolta in tale sforzo. Risulta quindi di fondamentale importanza individuare delle misure di mitigazione e di adattamento che siano integrate, in modo coerente e sinergico, in una strategia che coinvolga vari settori (agricoltura e zootecnia, energia, industria, trasporti, la società stessa) ed i vari livelli di governo.

Proprio in quest'ultimo ambito va inserito il lavoro che ci si accinge a presentare. Il Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali infatti, avvalendosi della collaborazione e della competenza di professori universitari, di ricercatori di vari enti e dei loro rispettivi collaboratori, si prefigge di individuare degli elementi utili che, opportunamente scelti, gestiti e intercorrelati in funzione delle diversità climatiche che si delineeranno sul territorio nazionale, possano essere integrati nella strategia più idonea alla realtà locale. Ciò che ci si prefigge dunque è il duplice scopo di incrementare la resilienza del settore agricolo, che può essere colta come una sfida, e investire maggiormente in un'economia a basse emissioni di carbonio tramite lo sviluppo delle energie rinnovabili e della diffusione di prodotti ecologici che, per gli attori del settore, rappresenta un'opportunità da cogliere nell'ambito dello sviluppo sostenibile.

Per conseguire gli obiettivi prefissati, si è prima descritto il quadro politico internazionale in cui l'Italia si trova a dover agire e si è poi passati ad analizzare la situazione italiana dal punto di vista climatico, agricolo, zootecnico, forestale, energetico, del *green marketing* e degli strumenti economici e politici al fine di estrapolare gli elementi strategici per ogni singolo settore, che siano coerenti e complementari tra loro. Unitamente alle strategie politiche si è cercato di focalizzare l'attenzione anche sulle strategie economiche per gli interventi strutturali, ad esempio, necessari soprattutto per le azioni di adattamento. Un equo sostegno finanziario, infatti, è quanto mai fondamentale per incentivare l'adeguamento di alcune strutture agricole ai futuri scenari climatici, adeguamento che, qualora non venisse attuato, comporterebbe delle perdite economiche maggiori rispetto ai costi da sostenere per la ristrutturazione.

Per concludere vogliamo fare delle considerazioni di tipo metodologico. Come precedentemente accennato, infatti, il libro bianco è il frutto della collaborazione di circa un'ottantina di esperti e per tale motivo, nella lettura del documento si potranno rilevare sia delle differenze di approccio al tema dei cambiamenti climatici, che delle ripetitività di alcuni argomenti. Tali ripetizioni sono dovute al fatto che determinati aspetti dei cambiamenti climatici vengono affrontati da più punti di vista, al fine di dare un quadro quanto più ampio, specifico e preciso possibile. Per fare un esempio, la ristrutturazione dei ricoveri negli allevamenti viene affrontata sia dal punto di vista del benessere degli animali che dal punto di vista dell'energia rinnovabile (produzione di biogas e di biomasse). Un ulteriore caso da menzionare riguarda la diversa metodologia utilizzata per la stima delle emissioni dei gas climalteranti. Nell'Inventario Nazionale dei Gas Serra infatti, redatto annualmente dall'ISPRA, sono riportate le emissioni ufficiali dell'Italia presentate nell'ambito della Convenzioni sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e del Protocollo di Kyoto, imputabili esclusivamente alle attività agro-zootecniche come richiesto dalle linee guida internazionali dell'IPCC, mentre approcci quali *Life Cycle Assessment*, nel tentativo di rendicontare le emissioni dell'intera filiera agro-alimentare, stimano anche i gas serra prodotti da attività svolte a margine dell'agricoltura vera e propria (come ad esempio il trasporto dei prodotti agricoli ed il *packaging*) che, per così dire, si svolgono fuori il *farm gate*.

Si può comunque affermare che la diversità di approcci riscontrabile nei primi capitoli del libro, concorre ad un unico obiettivo: fornire un'analisi dettagliata delle relazioni esistenti tra agricoltura e cambiamenti climatici al fine di delineare delle strategie di mitigazione ed adattamento realistiche ed attuabili.

1 IL QUADRO DI RIFERIMENTO INTERNAZIONALE SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Autori: Lucia Perugini, Leonardo Massai, Dario Vespertino, Rocío Dánica Cóndor, Marina Vitullo, Leila Maria Morelli

1.1 Premessa

La questione dei cambiamenti climatici assume piena rilevanza a livello internazionale a partire dalla fine degli anni '80 con due risoluzioni chiave dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite: la creazione *dell'Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC)[3] (Risoluzione 43/53,1988) e l'avvio del processo negoziale finalizzato all'introduzione di misure internazionali di lotta ai cambiamenti climatici (Risoluzione 44/207, 1989). La prima fase negoziale di tale processo culmina nel 1992 alla Conferenza Internazionale su Ambiente e Sviluppo di Rio de Janeiro con l'approvazione di tre importanti accordi internazionali sulla protezione dell'ambiente, tra cui la Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (UNFCCC-*United Nation Framework Convention on Climate Change*, 1992. *Climate Change Secretariat*, Bonn: http://www.unfccc.int/.) che rappresenta il primo impegno multilaterale verso la stabilizzazione e riduzione delle emissioni antropiche dei gas ad effetto serra.

Già a partire dall'inizio degli anni '90, la pressione mediatica e i primi dati scientifici dell'evidente realtà del problema climatico hanno spinto i paesi firmatari (Parti) della Convenzione a considerare la necessità di un sistema più efficiente e chiaro per la definizione ed attuazione di impegni per la riduzione del riscaldamento globale. A tal fine, nel 1995 la prima riunione della "Conferenza delle Parti[4]" (COP-1) dell'UNFCCC approva la creazione dell' *Ad Hoc Group on the Berlin Mandate* (AGBM) con l'obiettivo di identificare degli obblighi vincolanti di riduzione delle emissioni dei gas serra da inserire in un nuovo strumento giuridico internazionale. Il risultato del lavoro del AGBM è il Protocollo di Kyoto (Protocollo), adottato in Giappone nel 1997 nel corso della COP-3.

Il 2001 si è rivelato un anno chiave per il quadro politico internazionale sui cambiamenti climatici. Nel marzo di tale anno, l'amministrazione statunitense ha formalmente rinunciato alla ratifica del Protocollo, di fatto amputando il regime internazionale sul clima, ma di fatto lasciando all'Unione europea il ruolo di *leadership* nella lotta al riscaldamento globale. Proprio nell'ottobre 2001, la Commissione europea ha infatti presentato tre proposte legislative che segneranno l'impianto principale della politica climatica europea. Si tratta della proposta di istituzione del "Mercato europeo delle quote di emissione di anidride carbonica", della definizione della seconda fase del "Programma europeo sui cambiamenti climatici" ed infine della proposta di ratifica del Protocollo di Kyoto in maniera congiunta da parte della Unione europea e degli Stati membri.

Il complicato meccanismo di entrata in vigore del Protocollo, definito dall'articolo 25 dello stesso, ha reso tutt'altro che scontata la sua applicazione. Tuttavia, a partire dal 16 febbraio 2005, in seguito alla ratifica della Federazione Russa, il Protocollo di Kyoto è entrato in vigore e con esso tutte le regole ed i meccanismi finalizzati alla riduzione delle emissioni dei gas serra da parte dei paesi industrializzati e con economia in transizione (Paesi dell'Allegato I dell'UNFCCC)[5]. A partire dal 2005, si è iniziato anche a discutere del futuro degli obblighi di riduzione delle emissioni dei gas serra e di tutto il sistema internazionale sui cambiamenti climatici fondato sulla Convenzione e sul Protocollo.

[3] L'IPCC (Comitato intergovernativo sui cambiamenti climatici) è formato da un gruppo di esperti internazionali e costituisce il riferimento scientifico dell'UNFCCC (vedi § 1.2.3).

[4] La Conferenza delle Parti (COP) è l'organo supremo dell'UNFCCC. Adotta decisioni necessarie alla promozione ed attuazione della Convenzione (vedi §1.2.3).

[5] Vedi § 1.2.2

1.2 La Convenzione Quadro ONU sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC)

L'UNFCCC attribuisce al clima globale il valore di risorsa comune la cui stabilità può essere compromessa dall'aumento delle emissioni gassose di anidride carbonica (CO_2) ed altri gas ad effetto serra, derivante per la maggior parte dalle attività antropiche (principalmente i settori dell'energia, industriale e dei trasporti), e pertanto mira (art.2) alla stabilizzazione della loro concentrazione in atmosfera, ad un livello tale da impedire interferenze pericolose con il sistema climatico.

La Convenzione specifica tuttavia che tali livelli di concentrazione devono essere raggiunti in un periodo di tempo tale da permettere un adattamento naturale degli ecosistemi, il mantenimento della sicurezza alimentare e uno sviluppo economico sostenibile.

Allo stato attuale, la Convenzione sui Cambiamenti Climatici è stata ratificata da 194 Parti (193 paesi e l'odierna Unione europea[6]) e rappresenta, insieme al Protocollo di Kyoto, uno dei più rilevanti accordi internazionali per la protezione dell'ambiente.

1.2.1 Principi ispiratori

L'UNFCCC si fonda su cinque principi fondamentali (Art. 5):

equità e responsabilità comuni ma differenziate. Sebbene i cambiamenti climatici riguardino l'intero pianeta, i paesi industrializzati hanno storicamente contribuito in grado maggiore ad incrementare la concentrazione di gas serra in atmosfera ed hanno maggiori risorse spendibili per fronteggiare il problema causato;

riconoscimento dei bisogni e delle circostanze peculiari dei Paesi in via di sviluppo, specialmente in riferimento a quelli più vulnerabili agli effetti negativi dei cambiamenti climatici;

precauzione, che guida la volontà di intraprendere azioni in modo tempestivo per combattere i cambiamenti climatici, sebbene la loro entità risulti ancora incerta, per non rischiare di arrivare ad un punto d'irreversibilità tale da non potere più evitare gli effetti più gravi;

promozione di uno sviluppo sostenibile che preveda politiche e misure volte alla protezione del sistema climatico dai cambiamenti indotti dall'uomo, tenendo in considerazione le condizioni specifiche di ciascuna Parte;

Interconnessione tra sviluppo e cambiamenti climatici, fenomeni entrambi guidati dal consumo di risorse energetiche, dalla crescita demografica e dall'uso dei suoli. La Convenzione identifica a tal proposito la crescita economica e lo sviluppo sostenibili come elementi di politiche vincenti per combattere i cambiamenti climatici.

1.2.2 Definizione e differenziazione degli impegni

In generale, i governi dei Paesi firmatari si sono impegnati a riunirsi periodicamente e condividere informazioni sui livelli di emissioni di gas serra, sullo *status* delle politiche nazionali e sulle pratiche migliori (*best practice*) da adottare per perseguire le finalità della Convenzione. Inoltre le Parti devono seguire un modello di sviluppo sostenibile, mettendo in atto strategie per fronteggiare le emissioni antropiche di gas serra e per promuovere gli adattamenti agli impatti negativi dei cambiamenti climatici, aiutando anche i Paesi in via di sviluppo a intraprendere lo stesso percorso mettendo loro a disposizione mezzi finanziari e supporto tecnologico. Infine la Convenzione invita i Paesi firmatari a cooperare nella preparazione ad affrontare le conseguenze negative dei cambiamenti climatici.

Tuttavia gli impegni sono assegnati in maniera diversificata per gruppi di nazioni a seconda della loro situazione contingente e delle loro esigenze. La Convenzione divide infatti i Paesi in tre gruppi principali ed individua tre livelli di impegno:

[6] Pur inserita tra le Parti della Convenzione, l'Unione europea non possiede un voto aggiuntivo a quello dei suoi Stati membri.

i Paesi dell'Allegato I della Convenzione (*Annex I Parties*)[7], sono i Paesi industrializzati, membri dell'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (*Organization for Economic Co-operation and Development*, OECD) nel 1992, i Paesi con economie in transizione tra cui Federazione Russa, la Bielorussia, la Croazia e l'Ucraina (*Economies In Transition - EIT Parties*) , l'Unione europea ed infine la Turchia. I Paesi *Annex I* sono obbligati ad adottare misure e politiche nazionali finalizzate a ridurre le emissioni di gas serra ai livelli del 1990 entro l'anno 2000. Ai Paesi con economie in transizione è garantito un maggiore grado di flessibilità nell'implementazione dei vincoli per l'abbattimento delle emissioni; diversi Paesi hanno esercitato questo diritto per scegliere un anno diverso dal 1990 come riferimento del livello di emissioni di gas serra da raggiungere (anno base);

i Paesi dell'Allegato II della Convenzione (*Annex II Parties*) sono i Paesi *Annex I* ad eccezione dei Paesi con economie in transizione: questo gruppo s'impegna a fornire le risorse finanziarie per permettere ai Paesi in via di sviluppo di intraprendere azioni di riduzione delle emissioni nell'ambito della Convenzione e ad aiutarli nel percorso di mitigazione degli effetti avversi dei cambiamenti climatici. Inoltre, i Paesi *Annex II* devono favorire la promozione dello sviluppo e il trasferimento di tecnologie a basso impatto ambientale verso i Paesi con economie in transizione e i Paesi in via di sviluppo;

i Paesi che non rientrano nell'Allegato I (*Non-Annex I Parties*), sono, per la maggior parte, i Paesi in via di sviluppo, riconosciuti dalla Convenzione come particolarmente vulnerabili agli impatti dei cambiamenti climatici, come quelli geograficamente collocati in aree a rischio di desertificazione o in zone costiere, topograficamente non elevate, a potenziale rischio di sommersione. In questo gruppo sono incluse le nazioni che basano la loro economia sulla produzione ed il commercio di combustibili fossili e che quindi temono le potenziali ripercussioni economiche indotte dalle misure adottate per il raggiungimento degli obiettivi della Convenzione.

Tutte le Parti della Convenzione sono obbligate a compilare periodicamente un inventario delle emissioni di gas serra e a redigere un rapporto, noto come Comunicazione Nazionale, riguardante le azioni intraprese per implementare la Convenzione. I contenuti della Comunicazione nazionale e l'intervallo temporale stabilito per la presentazione variano per le Parti *Annex I* e *Non-Annex I*, coerentemente col principio delle responsabilità comuni ma differenziate. I Paesi *Annex I* sono obbligati ad inviare i rapporti periodici con maggiore frequenza e fornendo maggiori dettagli. La scadenza per la prima Comunicazione Nazionale dei Paesi *Annex I* è stata fissata dopo sei mesi dall'entrata in vigore della Convenzione e ad oggi sono cinque le comunicazioni nazionali consegnate dai Paesi *Annex I* al segretariato (l'ultima per l'Italia pubblicata sul sito UNFCCC a marzo 2010).

Le Comunicazioni Nazionali e gli Inventari devono essere redatti utilizzando le linee guida e le metodologie sviluppate di volta in volta dall'IPCC.

Le Comunicazioni Nazionali sono rese pubbliche dal segretariato della Convenzione ed ogni Comunicazione è sottoposta ad un approfondito controllo da un gruppo di esperti che per gli Inventari dei gas serra dei Paesi *Annex I* ha avuto cadenza annuale a partire dal 2003.

I Paesi *Non-Annex I* non sono obbligati a presentare un inventario delle emissioni di gas serra e le loro Comunicazioni Nazionali non sono oggetto di un approfondito controllo da parte del segretariato. Il termine stabilito per la consegna della Comunicazione Nazionale iniziale per le Parti appartenenti a questo gruppo è fissato a tre anni dall'entrata in vigore della Convenzione.

Nell'ambito degli impegni sottoscritti, assieme alla Comunicazione Nazionale e all'Inventario delle emissioni, le nazioni devono indicare le politiche di mitigazione, quantificare il loro contributo di mitigazione nel lungo termine ed indicare le azioni di adattamento ai cambiamenti climatici (Articolo 4), non solo attraverso politiche di riduzione delle emissioni, ma anche attraverso l'aumento degli assorbimenti di CO_2 da parte degli ecosistemi terrestri.

[7] Nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto sono elencati i paesi *Annex I* che hanno ratificato il Protocollo e costituiscono i Paesi con impegni quantificati di riduzione delle emissioni rispetto all'anno base entro il primo periodo d'impegno (2008-2012).

1.2.3 Le istituzioni

La Conferenza delle Parti (*Conference of Parties*, COP) è l'organo supremo della Convenzione e riunisce tutti i paesi aderenti all'UNFCCC. La COP adotta le decisioni necessarie per l'attuazione della Convenzione ed è responsabile per la corretta implementazione di quest'ultima. Per il Protocollo l'organo equivalente alla COP è la COP/MOP (*Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Protocol*) ovvero l'Assemblea delle Parti del Protocollo, la quale si è riunita per la prima volta a dicembre del 2005 a Montreal (Canada).

Nell'attuazione dei lavori, la COP è assistita da due organi sussidiari. L'Organo Sussidiario per la Consulenza Tecnico-Scientifica (*Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice*, SBSTA) che assiste la COP su argomenti scientifici e metodologici, incluso il miglioramento delle linee guida per le comunicazioni e gli inventari nazionali, in cooperazione con l'IPCC.

L'altra istituzione di supporto alla COP è l'Organo Sussidiario di attuazione, (*Subsidiary Body for Implementation*, SBI) che è addetto al controllo dell'attuazione della Convenzione e del Protocollo, all'analisi annuale degli Inventari delle emissioni, e alla revisione delle Comunicazioni Nazionali delle Parti.

Il Segretariato della Convenzione, con sede a Bonn, assolve ad importanti mansioni amministrative quali la preparazione dei documenti, organizzazione delle sessioni negoziali, raccolta e gestione dei dati riguardanti le emissioni, consulenza tecnica per le Parti.

Durante la COP 7 è stato istituito un Comitato Esecutivo (*Executive Board*) del CDM (*Clean Development Mechanism*) composto da 10 membri operanti sotto l'autorità della COP/MOP. Il compito del Comitato è quello di dare opportuni suggerimenti alla COP/MOP su modalità e procedure addizionali per il CDM; approvare nuove metodologie in relazione al calcolo della *baseline* e al sistema di monitoraggio dei progetti CDM; sviluppare una procedura semplificata per incoraggiare progetti su piccola scala, autorizzare le organizzazioni indipendenti, conosciute come Organismi Operativi Designati (*Designated Operational Entities* - DOE)[8], in attesa della loro formale designazione da parte della COP o della COP/MOP.

Sempre durante la COP 7 è stato stabilito che il Comitato Esecutivo può istituire dei comitati o gruppi di lavoro per assistere il Comitato stesso nelle sue funzioni. Per quanto riguarda i CDM forestali il Comitato ha istituito un gruppo di lavoro per le attività di afforestazione e riforestazione (*A/R Working Group*), il quale svolge le seguenti funzioni:

- analizza le metodologie di monitoraggio e *baseline* presentate e prepara le relative raccomandazioni;
- prepara le bozze dei formati da utilizzare per la presentazione del documento di progetto (*Project Design Document*) e delle metodologie di monitoraggio e *baseline*. Per essere operativi, questi formati devono essere approvati dal Comitato Esecutivo;
- sviluppa gli strumenti per facilitare la compilazione dei documenti (come lo strumento per provare l'addizionalità del progetto CDM o l'eleggibilità dei siti).

Le altre organizzazioni intergovernative che formalmente non fanno parte delle istituzioni della Convenzione, ma che svolgono importanti funzioni di supporto sono l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e il *Global Environment Facility* (GEF).

L'IPCC, istituito congiuntamente nel 1988 dal Programma ONU per l'ambiente (*United Nations Environment Programme* - UNEP) e dall'Organizzazione meteorologica mondiale (*World Meteorological Organization* - WMO) è una delle più importanti fonti d'informazioni sui cambiamenti climatici indotti dalle attività umane. Pubblica regolarmente (circa ogni 5 anni) un rapporto scientifico sui cambiamenti climatici frutto della revisione della letteratura scientifica sul tema (l'ultimo, il quarto Rapporto di previsione, risale al 2007) e, su richiesta della COP o del SBSTA, prepara dei rapporti speciali e delle note tecniche su argomenti specifici. L'ultimo aggiornamento delle linee guida per la contabilizzazione di assorbimenti ed emissioni di carbonio da parte dei sistemi agroforestali risale al 2006 (*Agriculture, Forestry and Other Land Use – IPCC* AFOLU 2006) ed è ancora in attesa di approvazione da parte della COP. Una volta approvato tale documento costituirà il testo base cui dovranno essere adeguate tutte le metodologie di rilevamento ed inventario dei gas serra. Attualmente la guida riconosciuta dalla Convenzione e dal Protocollo di

[8] Questi organismi operativi sono delle società di consulenza (private e non), accreditate dal Comitato Esecutivo, in grado di condurre una valutazione indipendente e credibile delle riduzioni delle emissioni. La lista dei DOE è disponibile al sito internet: http://cdm.unfccc.int/DOE/list.

Kyoto sono le Linee guida di buona pratica per il settore di uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e foreste (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, GPG LULUCF 2003.)

Il GEF, *Global Environmental Facility*, è un'organizzazione finanziaria indipendente, istituita nel 1991, che costituisce un canale di finanziamento dei Paesi in via di sviluppo, stanziando fondi aggiuntivi per progetti utili al raggiungimento di un beneficio ambientale globale. La gestione dei progetti GEF è attuata da tre Agenzie: il Programma per lo Sviluppo delle Nazioni Unite (*United Nations Development Programme* - UNDP), il Programma ONU per l'ambiente (UNEP) e la Banca Mondiale (*World Bank* - WB). Il GEF funziona da meccanismo di finanziamento per quattro convenzioni, tra cui l'UNFCCC. La COP fornisce regolarmente al GEF le direttive per la gestione dei fondi relativi all'area focale[9] sul cambiamento climatico e per le priorità programmatiche, inoltre fornisce i criteri d'eleggibilità dei progetti da finanziare. Il GEF redige annualmente un rapporto per la COP sul lavoro svolto.

1.3 Il Protocollo di Kyoto

Il Protocollo di Kyoto è un accordo internazionale legalmente vincolante adottato sulla base dell'articolo 17 della UNFCCC. Uno degli aspetti principali del Protocollo è rappresentato dall'introduzione di obblighi vincolanti di riduzione delle emissioni dei gas serra per i paesi dell'*Annex I* che lo hanno ratificato, i quali s'impegnano a ridurre la loro emissione complessiva di tali gas del 5,2% rispetto alle emissioni del 1990, nel primo periodo di adempimento (*First Committment Period*) stabilito nel quinquennio 2008-2012.

La riduzione totale è stata suddivisa in limiti individuali per ogni Paese, come elencati nell'Allegato B del Protocollo. Tale diversificazione è il risultato di un intenso negoziato politico tra le Parti stesse. I 15 Stati membri dell'Unione europea al momento della ratifica del Protocollo si sono impegnati a ridurre congiuntamente le emissioni totali dell'8%, grazie all'accordo "*burden sharing*" stipulato in virtù dell'Articolo 4 del Protocollo, ed hanno ripartito tale limite al loro interno in percentuali diverse per ogni Paese. Vi sono quindi nazioni, come la Germania, che si sono impegnate a ridurre le loro emissioni fino al 21%, ed altre a cui è stato concesso un aumento di emissioni fino al 30%, come nel caso della Grecia. l'Italia si è impegnata a ridurre le proprie emissioni di gas serra del 6,5% rispetto a quelle del 1990.

Generalmente le Parti devono ridurre o limitare le loro emissioni rispetto ai livelli riscontrati nel 1990 (denominato *base year*, ovvero "anno base"), fermo restando la possibilità dei Paesi con economie in transizione di scegliere un anno base diverso dal 1990. Inoltre ogni Parte può scegliere un differente anno base tra il 1990 e il 1995 per le emissioni di idrofluorocarburi, perfluorocarburi e esafluoruro di zolfo, al fine di considerare l'incremento di questi gas che nei primi anni Novanta hanno sostituito le sostanze bandite dal Protocollo di Montreal.

Gli obiettivi di riduzione devono essere raggiunti nel primo periodo di adempimento (2008-2012). E' stato scelto un periodo di cinque anni, invece che di un anno solo, per diluire le fluttuazioni annuali o gli eventi eccezionali che altrimenti avrebbero potuto avere un peso eccessivo sulle emissioni dei gas serra calcolate in riferimento ad un singolo anno. Tuttavia, allo scopo di sollecitare degli interventi anticipati, le Parti sono obbligate ad avviare dei programmi che dimostrino in concreto la volontà di perseguire gli obiettivi di riduzione. Tali programmi sono stati inseriti in un rapporto presentato entro il 1 gennaio 2006.

L'ammontare delle emissioni che ogni Parte *Annex I* può produrre durante il periodo di adempimento, considerando i limiti stabiliti, è chiamato "*assigned amount*", ovvero quota d'emissione assegnata. All'inizio del 2008 ogni Paese ha redatto un rapporto contenente i dati relativi alle emissioni dell'anno base, al fine di stabilire ufficialmente la quota d'emissione e ricevendo così i relativi "crediti di carbonio" (*Assigned Amount Units* - AAUs).

Il credito di carbonio è stato definito come corrispondente ad una tonnellata di CO_2 equivalente[10] assorbita (nel caso dei serbatoi, *sink*) o non emessa (nel caso delle fonti, *source*). La tipologia dei crediti di carbonio differisce in base alle attività che li generano, come riportato in tabella 1.1.

[9] Alle quattro aree focali originarie del GEF (biodiversità, cambiamento climatico, acque internazionali, protezione della cappa di ozono) si sono poi aggiunte la degradazione del suolo e gli inquinanti organici persistenti (*Persistent Organic Pollutants*, POP).

[10] La CO_2 equivalente è una misura utilizzata per confrontare le emissioni dai vari gas ad effetto serra sulla base del loro potenziali di riscaldamento globale. Ad esempio il potenziale di riscaldamento globale per il metano corrisponde a 21, vale a dire che una tonnellata di metano corrisponde all'emissione di 21 tonnellate di CO_2.

Acronimo	Definizione	Tipologia del credito di carbonio
AAU	*Assigned Amount Unit*	Rilasciato da un Paese *Annex I* sulla base del proprio limite della quantità di emissioni secondo gli articoli 3.7 e 3.8 del Protocollo
ERU	*Emission Reduction Unit*	Generato da un progetto JI (*Joint Implementation*) in base all'articolo 6 del Protocollo
RMU	*ReMoval Unit*	Rilasciato da un Paese *Annex I* sulla base di attività LULUCF secondo gli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo
CER	*Certified Emission Reduction*	Crediti generati da progetti energetici CDM (*Clean Development Mechanism*) in base all'articolo 12 del Protocollo
lCER/tCER	*Long term/temporary Certified Emission Reduction*	Crediti generati da progetti CDM forestali (*Afforestation and Reforestation activities under Clean Development Mechanism*) in base all'articolo 12 del Protocollo e alla decisione 19/CP9

Tabella 1.1 – Definizione dei crediti di carbonio

Se alla fine del periodo di adempimento una Parte ottiene una riduzione di emissioni maggiore di quella prestabilita può, entro certi limiti, trasferire questo vantaggio nel secondo periodo di impegno. Tuttavia, i crediti ottenuti tramite l'assorbimento dei *sink* non vengono contabilizzati nel trasferimento del vantaggio, e verrà preso in considerazione solo il 2,5% dei crediti derivanti dai meccanismi di flessibilità.

In aggiunta alle riduzioni delle emissioni di gas serra, le Parti (*Annex I* e *non-Annex I*) s'impegnano a rispettare una serie di obblighi generali atti a rafforzare l'azione di mitigazione sui cambiamenti climatici quali:

- la preparazione di progetti volti alla loro mitigazione,
- Il miglioramento dei dati relativi alle emissioni,
- la promozione del trasferimento di tecnologie eco-compatibili,
- la cooperazione nella ricerca scientifica e costituzione di una rete internazionale di osservazioni climatiche,
- la promozione di programmi di educazione e sensibilizzazione sui cambiamenti climatici e di aggiornamento per la creazione d'iniziative di *capacity-building*.

Il Protocollo ha introdotto tre meccanismi innovativi (i così detti meccanismi di flessibilità), ideati per promuovere una efficiente mitigazione dei cambiamenti climatici, dando la possibilità alle Parti di ridurre le emissioni o aumentare i *sink* su territori esteri, entro certi limiti, quando ciò risultasse più economico rispetto ad intraprendere le stesse azioni sul territorio nazionale: *Joint Implementation* (JI), *Clean Development Mechanism* (CDM) ed *Emission Trading* (ET).
Il JI permette ai Paesi *Annex* I di attuare progetti che riducono le emissioni, o incrementano gli assorbimenti per mezzo dei *sink*, in altri Paesi *Annex I*.
Il CDM autorizza i Paesi dell'*Annex I* ad attuare progetti che riducono le emissioni, o incrementano gli assorbimenti per mezzo dei *sink* (limitatamente alle attività di afforestazione e riforestazione), in altri Paesi *non-Annex* I.
Il meccanismo di ET consente ai Paesi *Annex I* di trasferire parte delle quote di emissione assegnate (*Assigned Amount Units* - AAUs), ad altri Paesi *Annex I* che ne abbiano bisogno per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni previsti dal Protocollo. Anche i CER, gli ERU o gli RMU acquisiti per mezzo di progetti CDM, JI o attività del settore agro-forestale possono essere trasferiti secondo questo meccanismo. Tuttavia per evitare una vendita eccessiva delle quote col rischio di non riuscire in seguito a rimanere sotto i livelli di emissione fissati dal proprio obiettivo, una quantità minima di AAU, CER, ERU e RMU, non può essere trasferita, costituendo una riserva per il periodo di adempimento.

Inoltre, i Paesi *Annex I* sono obbligati a fornire informazioni per dimostrare che l'uso dei meccanismi in questione sia supplementare rispetto alle azioni sul territorio nazionale, le quali devono costituire una parte significativa degli sforzi

per raggiungere gli impegni previsti dal Protocollo. Tuttavia il limite della supplementarietà non è specificato espressamente dal Protocollo di Kyoto.

1.3.1 Ruolo delle attività agroforestali (LULUCF)

Già nel preambolo della Convenzione viene riconosciuto agli ecosistemi marini e terresti il loro ruolo di assorbitori attivi di anidride carbonica atmosferica divenendo dei veri e propri serbatoi di tale elemento.

Anche la vulnerabilità dei sistemi agricoli ai cambiamenti climatici, argomento di rilevanza all'interno della comunità scientifica internazionale, è riflessa ampiamente nel testo della Convenzione. L'agricoltura viene menzionata già nell' Articolo 2, relativo all'obiettivo principale, quando si afferma che la stabilizzazione delle concentrazioni di gas serra in atmosfera ad un livello che possa prevenire le interferenze con il sistema climatico, dovrebbe essere raggiunta in un periodo di tempo sufficiente ad assicurare che la produzione alimentare non sia minacciata.

Secondo la Convenzione ogni nazione firmataria ha l'obbligo di riportare le emissioni/assorbimenti di anidride carbonica (CO_2) nell'ambito del settore agroforestale, denominato "uso del suolo, cambiamenti di uso del suolo e settore forestale" (settore 5), mentre tutte le emissioni di metano (CH_4) e protossido di azoto (N_2O) derivanti dalle attività agricole e zootecniche devono essere riportate nel settore relativo alle "emissioni in agricoltura" (settore 4). Il consumo di carburanti fossili utilizzati per le attività agricole e la relativa CO_2 emessa, sono conteggiati all'interno del settore energetico.

La tabella seguente illustra in modo schematico i settori e le categorie che interessano direttamente o indirettamente le attività agricole e forestali evidenziando i settori all'interno dei quali debbano essere inserite le emissioni nell'ambito dell'inventario nazionale dei gas ad effetto serra.

Settore	Categoria	Gas serra (GHG)	Descrizione
Agricoltura	Fermentazione enterica	CH_4	
	Gestione delle deiezioni	CH_4, N_2O	
	Risaie	CH_4	
	Suoli Agricoli	CH_4, N_2O	Sono stimate le emissioni dai suoli agricoli e dagli allevamenti. Le emissioni possono essere dirette (es. uso di fertilizzanti di sintesi e di deiezioni animali) o indirette (es. deposizione atmosferica di azoto, lisciviazione).
	Combustione delle stoppie/dei residui agricoli	CH_4, N_2O	Emissioni non-CO_2 legate ai processi di combustione delle stoppie e dei residui agricoli in generale
Land Use, Land Use Change and Forestry	Afforestazione/riforestazione/deforestazione	CO_2, CH_4, N_2O	Sono calcolati gli assorbimenti e le emissioni relativamente ai cinque comparti (*pool*) previsti dal protocollo di Kyoto. Le emissioni di CH_4, N_2O sono dovute agli incendi boschivi.
	Gestione Forestale	CO_2, CH_4, N_2O	
	Gestione delle terre agricole	CO_2, N_2O	Sono calcolati gli assorbimenti e le emissioni relativamente ai cinque comparti (*pool*) previsti dal protocollo di Kyoto. Le emissioni di N_2O sono dovute ai disturbi associati alla conversione delle terre da altri usi del suolo in agricolo
	Gestione dei pascoli	CO_2, N_2O	

Tabella 1.2 Settori, categorie e relativi GHG emessi.

Fonte - http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php

Il Protocollo di Kyoto riflette l'importanza del settore agro-forestale considerando, negli articoli 3.3 e 3.4, il ruolo di tali attività nelle azioni per la mitigazione dei cambiamenti climatici.

I *sink* generano crediti di carbonio in proporzione al loro bilancio netto annuale di gas serra espresso in tonnellate di CO_2 equivalente, calcolati in base alle variazioni di *stock* nei seguenti comparti di carbonio (*pool*): biomassa epigea (fusto, rami, foglie), biomassa ipogea (apparato radicale), lettiera, necromassa (tronchi e rami morti di grosse dimensioni) e carbonio organico nei suoli.

Le definizioni e i metodi di conteggio dei crediti di carbonio generabili sono stati definiti nel dettaglio solo in seguito, grazie all'accordo politico tra le Parti raggiunto a Bonn nel Giugno 2001, e successivamente con gli accordi di Marrakesh nel Novembre 2001 (poi approvati dalla prima riunione della COP/MOP, a Montreal, nel 2005 con la Decisione 16/CMP.1).

Le regole che governano il settore agro-forestale, come stabilito dal Protocollo e dagli accordi negoziali successivi, considerano quattro elementi fondamentali:

1) una serie di principi guida;

2) un elenco di attività eleggibili;

3) delle definizioni comuni;

4) un sistema di quattro limitazioni (*cap*).

1.3.2 Principi guida

Gli accordi di Marrakesh e il Protocollo di Kyoto si basano sul principio dell'addizionalità: solo gli assorbimenti indotti da attività antropiche dal 1990 (*Land-Use Change*) si possono considerare eleggibili ai fini del Protocollo, questi inoltre devono essere addizionali agli assorbimenti che si sarebbero comunque ottenuti senza l'intervento umano (*Land Use*).

Inoltre si riconosce la necessità di un rigore scientifico e di metodologie solide per l'implementazione del Protocollo e dell'importanza della conservazione della biodiversità.

1.3.3 Attività eleggibili

Il Protocollo di Kyoto stabilisce che le emissioni e gli assorbimenti derivanti dalle attività di imboschimento, riforestazione e deforestazione (*Afforestation, Reforestation Deforestation* - ARD) devono essere considerate, in maniera vincolante, ai fini della generazione di crediti di carbonio (art. 3.3). Inoltre vengono designate altre quattro attività addizionali, quindi eleggibili a discrezione della singola Parte, quali la rivegetazione e la gestione forestale, agricola e dei pascoli (art. 3.4). Ogni Parte quindi ha dovuto scegliere entro il 31/12/2006 quale tra queste attività addizionali utilizzare ai fini del Protocollo.

Per quanto riguarda la scelta delle attività eleggibili da parte dei 15 paesi europei vincolati dall'accordo *burden sharing*, buona parte degli Stati membri ha scelto la sola gestione forestale (6 Stati membri, tra cui l'Italia), solo Danimarca e Portogallo hanno selezionato le tre principali attività (gestione forestale, gestione delle terre agricole e gestione dei pascoli), mentre la Spagna ha eletto la gestione forestale e quella delle terre agricole. La rivegetazione è stata esclusa da tutti gli Stati membri e cinque sono le nazioni che non hanno selezionato alcuna attività (Vedi tabella 1.3).

Paese	**Gestione Forestale**	**Gestione delle terre agricole**	**Gestione dei Pascoli**
Austria	-	-	-
Belgio	-	-	-
Danimarca	**X**	**X**	**X**
Finlandia	**X**	-	-
Francia	**X**	**X**	**X**
Germania	**X**	-	-
Grecia	**X**	-	-
Italia	**X**	-	-
Irlanda	-	-	-
Lussemburgo	-	-	-
Olanda	-	-	-
Portogallo	**X**	**X**	**X**
Spagna	**X**	**X**	-
Svezia	**X**	-	-
Regno Unito	**X**	-	-

Tabella 1.3 – Scelta da parte degli Stati membri (UE 15) delle attività dell'articolo 3.4 per il primo periodo di adempimento

1.3.4 Definizioni

Come riportato dall'IPCC *LULUCF Special Report* (IPCC 2000a) i termini usati all'interno del Protocollo di Kyoto (art. 3.3 e art. 3.4) come "foresta", "afforestazione", "riforestazione", sono stati causa di una notevole confusione tra le varie agenzie internazionali, ognuna delle quali ha una propria definizione che può differire da quella delle altre agenzie. Nell'ambito del Protocollo di Kyoto le Parti hanno concordato a Marrakesh una serie di definizioni (Decisione 16/CMP.1) come si riporta qui di seguito.

Foresta (*Forest*): terreno di area minima compresa tra 0,05 ed 1,0 ettaro con copertura delle chiome degli alberi (o equivalente indicatore di copertura arborea) di più del 10-30 per cento con alberi con altezza potenziale a maturità, in situ, di almeno 2-5 metri. Una foresta può consistere in formazioni forestali chiuse, dove alberi dei vari strati ed il sottobosco coprono un'alta porzione del suolo, oppure in formazioni forestali aperte. I giovani soprassuoli naturali e tutti gli impianti che non hanno ancora raggiunto una densità di copertura del 10-30 per cento od un'altezza di 2-5 metri sono considerati foresta, come fossero aree normalmente formanti parte della superficie forestale che, per intervento dell'uomo (ad es. le utilizzazioni), o per cause naturali, sono temporaneamente prive di copertura ma che ci si aspetta ritornino boscate.

Imboschimento (*Afforestation*): conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di terreno che non risulta forestato da almeno 50 anni, attraverso la piantagione, la semina e/o la promozione di fonti naturali di semi.

Imboschimento/afforestazione (*Afforestation*): conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di aree che non presentano foreste da almeno 50 anni, attraverso la piantagione, la semina e/o la promozione di fonti naturali di semi.

Riforestazione o rimboschimento (*Reforestation*): conversione in foresta, direttamente indotta dall'uomo, di aree deforestate (che però presentavano foreste negli ultimi 50 anni), attraverso la piantagione, la semina e/o la promozione di fonti naturali di semi. Per il primo periodo d'impegno le attività di rimboschimento saranno limitate ai rimboschimenti realizzati su quelle aree che non risultavano forestate al 31 dicembre 1989.

Deforestazione (*Deforestation*): conversione, direttamente indotta dall'uomo di aree forestate in aree non forestate.

Rivegetazione (*Rivegetation*): è un'attività direttamente indotta dall'uomo finalizzata all'aumento degli *stock* di carbonio attraverso l'impianto di una copertura vegetale di area minima pari a 0,05 ha, la quale non ricade nella definizione di imboschimento/riforestazione.

Gestione delle terre agricole *(Cropland management)*: è definita come un sistema di pratiche su terreni su cui vengono effettuate coltivazioni agricole o su terreni temporaneamente non utilizzati per la produzione agricola.

Gestione forestale (*Forest management*): è definita come un sistema di pratiche di gestione e uso delle terre forestali per l'adempimento alle funzioni ecologiche economiche e sociali delle foreste.

Gestione dei pascoli *(Grazing land management)*: è definita come un sistema di pratiche per la produzione animale rivolto alla gestione della quantità, tipo di vegetazione e bestiame prodotti.

1.3.5 I quattro "*cap*"

Negli accordi di Marrakesh, vengono stabilite le seguenti limitazioni (*cap*) all'uso dei crediti di carbonio derivanti dal settore agro-forestale:

- se un'attività ARD ha un bilancio positivo di emissioni allora una parte può controbilanciarlo attraverso gli assorbimenti derivanti dalla gestione forestale, fino a un livello massimo di 9 Mt di carbonio all'anno per i cinque anni del periodo di adempimento;

- i limiti all'uso della gestione forestale (oltre le 9 Mt) sono stati stabiliti individualmente per ciascun Paese e sono elencati negli Accordi di Marrakesh[11]. In questo cap sono inclusi anche i crediti di carbonio derivanti dai progetti di *Joint Implementation*;
- le emissioni e gli assorbimenti derivanti dalla gestione delle terre agricole, dei pascoli e dalla rivegetazione vengono contabilizzati facendo la differenza tra il bilancio netto (emissioni meno assorbimenti) degli scambi di gas serra esistente nella porzione di territorio soggetta a tali attività nel 1990, moltiplicato per cinque, ed il bilancio netto degli scambi di carbonio del periodo di impegno sull'area di pertinenza delle attività durante tale periodo;
- per il meccanismo del CDM, solo le attività di imboschimento e rimboschimento risultano eleggibili, e l'assorbimento annuale dei gas serra da questi progetti può essere utilizzato fino ad un valore massimo pari all'1% del valore delle emissioni del Paese nel 1990, moltiplicate per cinque. Per l'Italia corrisponde a 5 $MtCO_2eq$, potenzialmente pari a circa il 5% dell'impegno di riduzione nazionale.

1.4 Politiche dell'Unione europea sui cambiamenti climatici

Fin dall'inizio degli anni novanta l'Unione europea e gli Stati membri si sono distinti per una politica di riduzione del riscaldamento globale molto attiva ed incisiva. La politica europea sui cambiamenti climatici si basa su due approcci e concetti fondamentali: da una parte, a livello interno (comunitario), l'adozione di una normativa comunitaria avanzata finalizzata, direttamente ed indirettamente, alla riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra; dall'altra, in ambito internazionale, una strategia ed un politica di *leadership* in ambito internazionale che punta al rafforzamento degli obiettivi e delle norme internazionali sui cambiamenti climatici.

Come già indicato, la Comunità Europea (CE) e gli Stati membri hanno ratificato la Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e il Protocollo di Kyoto (Protocollo), attraverso rispettivamente la Decisione n. 94/69/CE del Consiglio europeo, del 15 dicembre 1993 e la Decisione n. 2002/358/CE del Consiglio europeo, del 25 aprile 2002. L'Unione europea e gli Stati membri partecipano al Protocollo di Kyoto in maniera congiunta ed hanno un obbligo di riduzione dei gas ad effetto serra a livello aggregato dell'8% entro il 2008-2012 rispetto ai livelli di riferimento del 1990. Tale obbligo è stato distribuito tra i 15 Stati membri dell'Unione europea al momento della ratifica del Protocollo di Kyoto per mezzo del cosiddetto *Burden Sharing Agreement*.

Il primo strumento comunitario diretto alla riduzione del riscaldamento globale è stato il Programma europeo sui cambiamenti climatici (*European Climate Change Programme* - ECCP) avviato nel 2000 e finalizzato alla identificazione delle misure e politiche di riduzione ed adattamento ai cambiamenti climatici a livello europeo. La prima fase di ECCP 2001-2003 ha dato origine a misure specifiche per la promozione delle fonti rinnovabili, per la produzione energetica a ciclo combinato, il risparmio energetico ed il settore dei trasporti. La seconda fase di ECCP iniziata nel 2005 si è focalizzata anche su cattura e stoccaggio della CO_2, adattamento, gas fluororati, settore dei trasporti aerei, oltre al miglioramento dell'efficienza energetica ed all'incremento delle fonti rinnovabili. Questo programma ha istituito anche dei gruppi di lavoro *ad hoc* per i settori agricolo e forestale producendo una serie di rapporti specifici, sull'assorbimento di carbonio nei suoli agricoli e sulle foreste[12]. In particolare, il gruppo di lavoro sui *sink* relativi ai suoli agricoli, ha prodotto un rapporto finalizzato alla stima del sequestro di carbonio potenziale da parte dei terreni agricoli in Europa, al fine di proporre al Consiglio e al Parlamento europeo degli strumenti politici finalizzati al sequestro di carbonio nei suoli agricoli, che possono essere integrati nella riforma della Politica Agricola Comune (PAC).

[11] Nella definizione dei limiti stabiliti sono stati presi in considerazione i seguenti fattori: (a) come regola generale i limiti dovevano corrispondere al 15% dell'incremento netto degli *stock* di carbonio delle foreste gestite, utilizzando una combinazione di dati forniti dalle Parti e dalla FAO (*Food and Agriculture Organization*); (b) inoltre, particolare importanza è stata data alle circostanze nazionali, come il livello di sforzo che le Parti dovranno sostenere per adempiere gli impegni sottoscritti nel Protocollo di Kyoto, ed il tipo di gestione forestale applicata nel Paese.

[12] I rapporti prodotti nell'ambito dell'ECCP sono disponibili al sito:
http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/execsummary_agricsoils.pdf

Uno dei principali strumenti comunitari in materia di cambiamenti climatici è rappresentato dalla Direttiva 2003/87/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 ottobre 2003, che istituisce il sistema europeo per lo scambio delle quote di emissioni di CO_2 e dalla Direttiva 2004/101/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 ottobre 2004, che istituisce un collegamento diretto tra il sistema delle quote ed i meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto (*Joint Implementation e Clean Development Mechanism*).[13] Tale sistema è indirizzato alle imprese europee nei settori degli impianti di combustione, raffinerie, produzione di ferro, acciaio, cemento, vetro, ceramica e carta e copre quasi la meta delle emissioni dei gas ad effetto serra dell'Unione europea. I crediti derivanti da attività LULUCF sono stati esclusi dal sistema di transazioni europeo per il primo periodo di adempimento (2008-2012).

Nel marzo 2007 i capi di stato e di governo degli Stati membri hanno approvato una strategia su energia e cambiamenti climatici presentata il 10 gennaio 2007 dalla Commissione europea. Tale strategia include un triplice obiettivo in riferimento al 2020 (così detto obiettivo 20-20-20):

- riduzione del 20% delle emissioni di gas ad effetto serra entro il 2020 rispetto ai livelli del 1990 o del 30% entro il 2020 a condizione che venga concluso un accordo internazionale sui cambiamenti climatici;
- incremento fino al 20% della percentuale rappresentata dalle fonti rinnovabili nel consumo energetico complessivo dell'UE entro il 2020;
- aumento dell'efficienza energetica per tagliare del 20% il consumo energetico dell'UE rispetto alle previsioni per il 2020.

Di conseguenza, nel 2009 il Consiglio europeo ed il Parlamento europeo hanno adottato il pacchetto integrato clima ed energia contenente la seguente normativa:

- Decisione n. 406/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020 in settori non rientranti nel sistema comunitario di scambio delle quote di emissione (come il settore agro-forestale, i trasporti, l'edilizia, i servizi, i piccoli impianti industriali e i rifiuti): ciascuno stato membro è obbligato a limitare, entro il 2020, le sue emissioni di gas a effetto serra almeno della percentuale indicata all'allegato II della decisione (per l'Italia, il valore di riduzione al 2020, corrisponde a -13% rispetto alle emissioni del 2005). Gli Stati membri possono utilizzare i crediti di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra risultanti da attività di progetto (JI e CDM) con alcune limitazioni;

- Direttiva 2009/29/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 che modifica la Direttiva 2003/87/CE al fine di perfezionare ed estendere il sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra: sono aboliti i piani di assegnazione delle quote nazionali e viene esteso l'ambito di applicazione della direttiva;

- Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE: viene istituito un quadro comune per la produzione e la promozione di energia a partire da fonti rinnovabili e per ciascuno Stato membro è fissato un obiettivo per la quota di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia entro il 2020. Inoltre gli Stati membri sono obbligati ad adottare un piano di azione nazionale che fissa la quota di energia da fonti rinnovabili consumata nel settore dei trasporti, dell'elettricità e del riscaldamento per il 2020.

Infine, sempre nell'ambito delle misure su energia e cambiamenti climatici, le istituzioni europee hanno adottato nel 2009 la seguente normativa:

[13] La Direttiva 2003/87/CE è stata modificata dalla Direttiva 2009/29/CE del 23 aprile 2009 del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce la riforma del sistema EU ETS e definisce le regole per i periodi di adempimento successivi al 31 dicembre 2012, Gazzetta Ufficiale dell'UE del 5 giugno 2009, L 140, p.63-87.

- Direttiva 2009/30/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulle specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio;
- Direttiva 2009/31/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sullo stoccaggio geologico di biossido di carbonio;
- Direttiva 2009/33/CE, del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione di veicoli a basso consumo energetico.

Nel caso di un accordo internazionale sui cambiamenti climatici, il settore agroforestale entrerà a pieno titolo nelle politiche di mitigazione europee. Nell'eventualità che l'accordo non sia raggiunto, la Commissione europea dovrà elaborare una proposta per l'inclusione di tale settore negli obblighi di riduzione europei, sulla base del lavoro effettuato nell'ambito UNFCCC, assicurando l'integrità ambientale e la permanenza dei serbatoi di carbonio agroforestali, garantendo un sistema di monitoraggio e conteggio rigoroso. La Commissione dovrà di conseguenza riequilibrare la distribuzione degli impegni dei singoli paesi in relazione al contributo relativo del settore. Questa analisi è attualmente in corso nell'ambito della seconda fase dell'ECCP.

L'Unione europea e gli Stati membri sono infine impegnati a livello internazionale per la promozione di nuovi obblighi di riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra per la fase post-2012. A tale riguardo, la Commissione europea ha adottato il 9 marzo 2010 la comunicazione "Politica climatica internazionale post-Copenhagen: agire ora per dare nuovo vigore all'azione globale sui cambiamenti climatici" che individua la strategia europea per rinforzare l'azione globale nel settore dei cambiamenti climatici.

1.4.1 La direttiva EU-ETS

La direttiva comunitaria del Parlamento europeo e del Consiglio 2003/87/CE istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissione di gas ad effetto serra nella Comunità, denominate permessi di emissione. L'EU ETS (*Emission Trading Scheme*) assegna emissioni di CO_2 a circa 12.000 impianti in tutta Europa, include i seguenti settori industriali: termoelettrico, raffinazione, acciaio, carta, vetro, cemento, ceramica, calce, laterizi.

L'EU ETS prevede due periodi di applicazione: il primo, iniziato il 1 gennaio 2005, è terminato il 31 dicembre 2007, il secondo coincide con il primo periodo di adempimento del Protocollo di Kyoto (2008-2012).

Il sistema può essere sintetizzato nei seguenti elementi:

- campo di applicazione: emissioni di CO_2 provenienti da attività di combustione, produzione e trasformazione dei metalli ferrosi, lavorazione dei prodotti minerari, produzione di carta, pasta per carta e cartoni;
- un duplice obbligo: la direttiva prevede per gli impianti da essa regolati il possesso di un permesso all'emissione dei gas ad effetto serra e l'obbligo di restituire alla fine dell'anno un numero di quote d'emissione pari alle emissioni rilasciate durante l'anno;
- il permesso ad emettere gas serra viene rilasciato dalle autorità competenti previa verifica della capacità dell'operatore dell'impianto di monitorare le proprie emissioni. I permessi sono rilasciati all'operatore di ogni impianto sulla base di un piano di allocazione nazionale. Ogni quota dà diritto al rilascio di una tonnellata di CO_2eq;
- il Piano di Assegnazione Nazionale distribuisce le quote agli impianti e viene redatto in coerenza con gli obiettivi di riduzione nazionale;
- le quote d'emissione possono essere vendute o acquistate, e tali transazioni possono essere effettuate sia dagli operatori degli impianti obbligati, sia da soggetti terzi;
- la restituzione delle quote d'emissione è effettuata annualmente dagli operatori degli impianti in numero pari alle emissioni reali, in seguito al monitoraggio effettuato dall'operatore stesso e certificato da un soggetto terzo accreditato dalle autorità competenti;
- la mancata restituzione di una quota d'emissione prevede una sanzione pecuniaria di 40 euro per ogni quota non restituita nel periodo 2005-2007 e di 100 euro nei periodi successivi. Le emissioni oggetto di sanzione non sono inoltre esonerate dall'obbligo di restituzione delle quote.

Il prezzo delle quote non è stabilito a priori, ma varia in base alla domanda e all'offerta. Tale prezzo è influenzato da molti fattori quali lo sviluppo economico generale dell'Unione europea, le condizioni climatiche, il prezzo dei carburanti, etc.

Insieme alla Direttiva sull'ETS, l'UE ha approvato anche la Direttiva 2004/101/CE integrativa della direttiva 2003/87/CE, che regolamenta specificatamente l'utilizzo dei crediti di emissione derivanti dai progetti JI e CDM nel mercato europeo delle quote di emissione di gas serra.

Condizione necessaria per l'attuazione del sistema EU ETS è la creazione e la gestione di un sistema elettronico di registri (banche dati elettroniche). Il Sistema è formato dai registri nazionali degli Stati membri dell'Unione europea interconnessi tra loro attraverso un registro centrale a livello europeo.

1.5 Il quadro italiano

L'Italia ha ratificato il Protocollo di Kyoto con la legge 120 del primo giugno 2002. La responsabilità del rispetto degli obblighi del Protocollo di Kyoto è attribuita al governo italiano, anche se alcune politiche sono dirette dalle Regioni, Province e Comuni. A livello centrale il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) è responsabile del coordinamento delle politiche climatiche nel loro complesso, mentre il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) è responsabile delle politiche energetiche nazionali (MATTM, 2007).

Con la Delibera CIPE n.123/2002 il Governo ha approvato il Piano nazionale di riduzione delle emissioni di gas serra, documento di riferimento per l'attuazione del Protocollo di Kyoto in Italia. All'interno di tale Piano, particolare attenzione è rivolta al settore agro-forestale e al suo potenziale contributo per il raggiungimento dell'obiettivo nazionale di riduzione delle emissioni di gas serra. La delibera è stata aggiornata nel corso del 2007 per quel che riguarda i valori di emissione del 1990, e di conseguenza il target di Kyoto e lo scenario tendenziale al 2010, mentre non sono stati ancora pubblicati gli aggiornamenti delle azioni e delle misure necessarie per raggiungere l'obiettivo di riduzione (CIPE, 2007).

L'inventario nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra relativo all'anno 2008, presentato alla convenzione UNFCCC, evidenzia che le emissioni totali di gas serra, escludendo gli assorbimenti di CO_2 da parte del settore agroforestale, sono aumentate dal 1990 al 2008 del 4,7%, passando da 517 $MtCO_2eq$ del 1990 a 541 $MtCO_2eq$ del 2008 (ISPRA 2010a), le quali, al fine del conseguimento del nostro obiettivo di riduzione di emissioni, dovranno essere ridotte del 11,2% entro il 2012.[14]

Come riportato nel Piano di Allocazione delle Emissioni 2008-2012 nell'ambito di applicazione della Direttiva 2003/87/CE, per colmare tale "*gap*" in maniera economicamente efficiente occorre mettere in atto una combinazione equilibrata di misure comprendenti sia la riduzione delle quote da assegnare per la seconda fase di attuazione della Direttiva ETS, sia la realizzazione di misure addizionali nei settori non regolati dalla direttiva, eventualmente integrate dall'acquisto di crediti derivanti dai meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto (*Emissions Trading* – ET, *Clean Development Mechansim* – CDM e *Joint Implementation* - JI).

In totale le attività *sink* nazionali (ARD e gestione forestale) hanno un potenziale di assorbimento stimato in 16,2 $MtCO_2$, di cui il 60% (10,2 $MtCO_2$) deriva dall'attività di gestione forestale del patrimonio forestale rimasto tale sin dal 1990. Il resto del potenziale è relativo all'attività di nuova forestazione, sia quella già messa in atto dal 1990 in poi, che quella relativa a nuovi impianti di forestazione (Lumicisi A. in Tonolli S. & Salvagli F., 2007). Questo quantitativo di crediti potrebbe contribuire per circa il 17% al raggiungimento dell'obiettivo di riduzione italiano.

Nonostante il potenziale ruolo positivo delle politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici applicate all'agricoltura, l'Italia ha deciso, per il periodo 2008-2012, di non contabilizzare questo settore, per l'assenza di dati che sono necessari nel conteggio secondo le metodologie del protocollo di Kyoto (Lumicisi A. in Tonolli S.& Salvani F. 2007).

[14] Secondo quanto riportato dall'ultimo Inventario nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra relativo all'anno 2009, le emissioni totali di gas serra, escludendo gli assorbimenti di CO_2 da parte del settore agroforestale, sono diminuite dal 1990 al 2009 del 5,4%, passando da 519 $MtCO_2eq$ del 1990 a 491 $MtCO_2eq$ del 2009 (ISPRA 2011), le quali, al fine del conseguimento del nostro obiettivo di riduzione di emissioni, dovranno essere ridotte di circa l'1,1% entro il 2012.

Con il decreto ministeriale del primo aprile 2008 (GU n. 104 del 5-5-2008) viene istituito, presso la direzione generale competente del MATTM, il "Registro nazionale dei serbatoi di carbonio agroforestali", quale strumento deputato alla contabilità dell'assorbimento del carbonio generato dalle attività LULUCF.

Il Registro ha il compito di:

- quantificare, in conformità con le decisioni adottate dall'UNFCCC ed in accordo con le linee guida e buone pratiche fornite dall'IPCC, l'assorbimento di carbonio generato dalla superficie nazionale, in conseguenza di attività di LULUCF;
- certificare l'assorbimento di carbonio ai fini della riduzione del bilancio netto nazionale delle emissioni di gas ad effetto serra, quale parte integrante del "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti di gas-serra".

Il MATTM è responsabile della realizzazione, della tenuta e della gestione del Registro, nonché delle attività di archiviazione e implementazione delle sua banche dati, avvalendosi, per l'espletamento di attività aventi carattere coordinato e strumentale, dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex-APAT) e del Corpo Forestale dello Stato (C.F.S.), sotto la vigilanza della competente Direzione generale del MATTM, mentre il Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali (Mipaaf) contribuisce alla realizzazione e gestione del registro attraverso le attività istituzionali del Corpo Forestale dello Stato.

1.5.1 Gli impegni dell'Italia ed il piano nazionale di allocazione

Per il nostro Paese è stato fissato un obiettivo di riduzione nazionale del 6,5% nel periodo 2008-2012 rispetto le emissioni del 1990 (in termini assoluti ciò equivale a non superare 485 Mt di CO_2 come media annua nel periodo).

Nel 2008 le emissioni italiane hanno raggiunto quota 541,5 Mt CO_2eq., ciò significa che da qui al 2012 l'impegno di riduzione delle emissioni è dell'11,2%.

Nel 2009 l'effetto congiunto della crisi economica e l'aumento della quota delle rinnovabili nei consumi energetici nazionali ha avvicinato il nostro paese alla possibilità di raggiungere entro il 2012 l'obiettivo. (cfr capitolo 1.5.1.1)

L'implementazione delle politiche e misure per l'Italia è stata descritta in modo dettagliato dalla delibera CIPE n.137 del 1998, in parte modificata dalla legge 120 del 1° giugno 2002 al fine di aggiornare gli obiettivi di riduzione alle nuove proiezioni di emissione aggiornate al 2002.

La delibera CIPE del 98 individua una molteplicità di azioni in adempimento alle politiche previste dall'art. 2 del P.K. con particolare riferimento a:

- promozione dell'efficienza energetica in tutti i settori,
- sviluppo di fonti rinnovabili per la produzione di energia e delle tecnologie innovative per la riduzione delle emissioni,
- protezione ed estensione delle foreste per l'assorbimento del carbonio,
- promozione dell'agricoltura sostenibile,
- limitazioni e riduzioni delle emissioni di metano da discariche di rifiuti e da altri settori energetici,
- misure fiscali appropriate per disincentivare le emissioni dei GHG.

Tra le attività LULUCF che si possono impiegare per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni, l'Italia per il periodo 2008-2012 ha deciso di includere la sola gestione forestale e di escludere la gestione dei suoli agricoli, dei prati e dei pascoli e la rivegetazione dalle attività opzionali previste dal Protocollo.

In Italia il recepimento della Direttiva 2003/87/CE è avvenuto con la Legge 316/2004 che fissa dei principi di rilievo che il governo deve seguire per aderire allo schema europeo ETS: tenere conto della sicurezza energetica nazionale e della competitività del sistema industriale, evitare distorsioni della concorrenza, assicurare la coerenza tra il Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di emissione e il Piano Nazionale di Riduzione tenendo conto dei già elevati livelli di efficienza del sistema industriale italiano, considerare il possibile contributo dei crediti di carbonio derivanti dai progetti CDM e JI.

In Italia il mercato volontario delle emissioni di CO_2 è gestito dal Gestore dei Mercati Energetici (GME), una sorta di Borsa delle Emissioni che ha predisposto una sede di negoziazione organizzata secondo criteri di neutralità, trasparenza, obiettività, nonché di concorrenza tra gli operatori.

Si tratta di un mercato con consegna a pronti delle unità di emissione, con un lotto minimo di offerta di 500 unità. Le sessioni di mercato sono giornaliere e gli scambi sono in contrattazione continua. Per essere ammesso al mercato l'operatore deve essere titolare di un conto deposito delle unità di emissione presso uno dei registri europei e sottoscrivere una domanda e un contratto di adesione alle regole di mercato. Per il funzionamento del mercato il GME ha aperto un conto di deposito delle unità di emissione presso l'ISPRA. Chi vuole vendere le quote di emissione sulla Borsa delle Emissioni italiana trasferisce le unità che intende scambiare sul conto di proprietà intestato al GME. Le proposte di acquisto e vendita vengono quindi ordinate in un *Book* di negoziazione. Ciascun *Book* presenta le migliori proposte di acquisto e di vendita ordinate secondo priorità di prezzo.

Riguardo ai crediti di carbonio generati dal settore LULUCF, la struttura del Registro Nazionale dei Serbatoi Agroforestali non include uno strumento per l'identificazione della collocazione geografica precisa ed univoca delle singole attività che generano crediti di carbonio, ma essendo su base statistica inventariale, fornisce dati su scala regionale. Questo sistema esclude di fatto l'attribuzione del credito ad ogni singolo proprietario, sia questo pubblico o privato, implicitamente attribuendo la proprietà del credito generato dal settore allo Stato stesso. Di conseguenza, non esiste un mercato interno nazionale per i crediti di carbonio, né una forma di retribuzione ai singoli proprietari (il 64% della superficie forestale nazionale è di proprietà privata) basata sul contributo che le attività effettuate forniscono al raggiungimento degli obiettivi nazionali di riduzione.

1.5.1.1 *Emissioni nazionali di gas serra dall'agricoltura, selvicoltura ed altri usi del suolo*

Nell'ambito degli strumenti e delle politiche per fronteggiare i cambiamenti climatici, un ruolo fondamentale è svolto dal monitoraggio delle emissioni dei gas climalteranti. A garantire questa funzione, in Italia, è l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ISPRA (ex-APAT) che ha, tra i suoi compiti istituzionali, la stima e la trasmissione dell'"Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas ad effetto serra", che è strumento ufficiale di verifica degli impegni assunti a livello internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico con la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e il Protocollo di Kyoto.

L'inventario nazionale delle emissioni permette la quantificazione dei livelli di emissione, identificando le fonti principali, attraverso appropriati modelli; lo scopo principale è la verifica del rispetto dei limiti di emissione nazionali e degli impegni di riduzione intrapresi nei diversi contesti internazionali. Inoltre i dati dell'inventario possono essere utilizzati per verificare le conseguenze a livello settoriale, regionale, nazionale ed internazionale delle politiche e misure intraprese per ridurre le emissioni di gas serra. La disaggregazione delle emissioni a livello regionale/provinciale, che viene realizzata periodicamente dall'ISPRA, contribuisce al popolamento di indicatori agro-ambientali, che sono strumenti chiave per monitorare il processo di integrazione delle tematiche ambientali sulla PAC (Cóndor e Vitullo, 2010, ISPRA, 2009a).

L'inventario nazionale delle emissioni è uno dei criteri necessari per essere "eleggibili" per la partecipazione ai meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto. Per eleggibilità si intende la presenza delle condizioni "formali" basilari che permettano di verificare effettivamente gli impegni sottoscritti. Le Decisioni della COP/MOP1 n. 9 e n.15 dell'UNFCCC indicano come condizioni necessarie per il mantenimento del requisito di eleggibilità la produzione annuale dell'"Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas ad effetto serra", l'istituzione e la gestione del "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario nazionale dei gas serra" (D.Lgs. 51/2008) e l'istituzione ed amministrazione del registro nazionale di Kyoto che include le transazioni dell'*Emissions Trading* (Dir. 2003/87/CE recepita dai D.Lgs. 216/2006 e D.Lgs. 51/2008).

Per quanto riguarda l'Italia, tutti questi compiti sono stati affidati all'ISPRA. Si sottolinea che l'eleggibilità non deve essere solo "conquistata", ma deve essere anche garantita in tutto il periodo di vigenza degli impegni. Perdere l'eleggibilità significa di fatto essere esclusi dal Protocollo di Kyoto, con gravi danni d'immagine ed economici, facilmente prevedibili e quantificabili tra cui l'avvio di procedure di infrazione europee; l'impossibilità di utilizzare i crediti di emissione derivanti da attività di afforestazione, riforestazione, deforestazione e gestione forestale; l'esclusione dai meccanismi flessibili del Protocollo e quindi dalla possibilità di investire nei paesi in via di sviluppo o con economie in transizione attraverso i progetti *Joint Implementation* (JI) e *Clean Development Mechanism* (CDM); e l'alterazione dei meccanismi di mercato del sistema di *Emissions Trading*.

Per ottemperare agli impegni sottoscritti in ambito nazionale ed internazionale (UNFCCC, Protocollo di Kyoto e Meccanismo di monitoraggio dell'Unione europea sulle emissioni di gas serra), è necessario redigere annualmente l'"Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas ad effetto serra" non inclusi nel Protocollo di Montreal, e trasmetterlo agli organismi internazionali della Convenzione attraverso la compilazione del formato ufficiale di trasmissione dei dati, *Common Reporting Format (*CRF*)* e la redazione di un rapporto dettagliato

contenente le metodologie di stima, *National Inventory Report* (NIR), come previsto dalle linee guida redatte a livello internazionale dall'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e dall'UNFCCC ed adottate dalla Conferenza delle Parti (COP) della Convenzione.

Il NIR riporta l'analisi dettagliata delle metodologie utilizzate per la stima delle emissioni di gas serra, una descrizione delle sorgenti principali di emissione e dell'incertezza ad esse associata, delle fonti dei dati di base (statistiche ufficiali nazionali) e dei fattori di emissione utilizzati per le stime, e un'illustrazione del sistema di *Quality Assurance/Quality Control*. Infine, come richiesto dalla Convenzione, a partire dal 2010, nel NIR vengono incluse informazione addizionali relative al Protocollo di Kyoto[15]. Nei CRF vengono riportate le emissioni di gas serra, a partire dal 1990, per ogni categoria emissiva e le relative sottocategorie; sono inoltre riportati i fattori di emissione utilizzati ed altre informazioni sui parametri di stima (Cóndor e Vitullo, 2010).

L'inventario delle emissioni è sottoposto ogni anno ad un processo di verifica da parte di un organismo nominato dal Segretariato della Convenzione che analizza tutto il materiale presentato dal Paese (NIR, CRF) e verifica la rispondenza alle proprietà di trasparenza, consistenza, comparabilità, completezza e accuratezza nella realizzazione dell'inventario. Successivamente viene stilato un rapporto, reso disponibile su web, che contiene tutte le osservazioni e proposte di modifica o di miglioramenti da effettuare nell'inventario. L'Italia è sottoposta alla revisione annuale dell'inventario delle emissioni di gas serra dal 2001; tutti i rapporti sono disponibili sul sito dell'UNFCCC[16].

1.5.1.1.1 *Il Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale dei Gas Serra*

L'istituzione di un "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale dei Gas Serra" (*National System*) è una condizione necessaria affinché un Paese risulti eleggibile alla partecipazione ai meccanismi flessibili, secondo gli adempimenti inerenti all'attuazione del Protocollo di Kyoto, conformemente a quanto stabilito dall'articolo 4.4 della Decisione 2004/280/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, dall'art. 5.1 del Protocollo di Kyoto e dalla Decisione 20/CP.7 dell'UNFCCC. Il *National system* è stato istituito con il D.Lgs. n. 51 del 2008, designando l'ISPRA come ente preposto alla realizzazione, gestione ed archiviazione dei dati dell'Inventario Nazionale dei gas serra, nonché alla raccolta dei dati di base ed alla realizzazione di un programma di controllo e garanzia di qualità dei dati (ISPRA, 2011b; 2011c). L'implementazione di tali procedure di controllo risulta di fondamentale importanza per garantire le cinque proprietà precedentemente elencate dei dati riportati nell'"Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas ad effetto serra". Inoltre, il Registro Nazionale dei Serbatoi di carbonio agroforestali, che è parte integrante del *National system,* è lo strumento per la certificazione dei flussi di gas serra derivanti da attività di afforestazione, riforestazione, deforestazione e gestione forestale, ed è stato istituito, presso il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), nel 2008 con un decreto ministeriale del MATTM e del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali (GU n. 104 del 5/5/2008).

1.5.1.1.2 *Metodologie di stima delle emissioni di gas-serra*

Ogni paese membro che aderisce alla Convenzione e al Protocollo di Kyoto è tenuto alla preparazione dell'inventario nazionale delle emissioni, adottando la linee guida dell'IPCC per garantire la comparabilità delle stime tra i diversi paesi. Come previsto dall'IPCC, l'inventario nazionale delle emissioni è suddiviso in 6 settori (energia, processi industriali, solventi, agricoltura, *Land use, Land use change and Forestry* - LULUCF e rifiuti). Le emissioni di gas serra sono stimate attraverso l'uso di indicatori statistici di attività e fattori di emissione specifici per ogni fonte

[15] Il *reporting* relativo al Protocollo di Kyoto presenta informazioni addizionali tra cui: stime di emissioni ed assorbimenti delle attività di imboschimento, rimboschimento (Articolo 3.3 del Protocollo di Kyoto), e di gestione forestale (Articolo 3.4 del Protocollo di Kyoto); contabilità delle unità di Kyoto; informazione sulle modifiche apportate al "Sistema nazionale per la realizzazione dell'Inventario Nazionale dei Gas Serra"*;* modifiche del registro delle emissioni; e infine sono stati descritti gli impatti potenzialmente avversi sociali, ambientali ed economici causati dall'implementazione di attività di mitigazione in paesi terzi.

[16] http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/inventory_review_reports/items/5687.php

emissiva. Le stime delle emissioni di gas serra relative al settore agricoltura e LULUCF, sono realizzate seguendo la metodologia IPCC[17].

Sulla base di quanto richiesto dalla metodologia di riferimento, l'inventario delle emissioni dei gas serra prodotte dall'agricoltura stima due gas serra, il metano (CH_4) e il protossido di azoto (N_2O). Le fonti emissive per le quali vengono stimate le emissioni sono la fermentazione enterica (che comporta emissioni di CH_4), la gestione delle deiezioni animali (CH_4 e N_2O), i suoli agricoli (N_2O), la coltivazione delle risaie (CH_4) e la combustione dei residui agricoli (CH_4 e N_2O). Le prime due fonti emissive derivano dall'allevamento delle diverse specie zootecniche e quindi si stimano in dettaglio le emissioni per ogni singola specie. La fermentazione enterica include le emissioni che derivano dai processi digestivi degli animali (emissioni di CH_4) mentre le emissioni dalla gestione delle deiezioni sono originate dalla modalità di stoccaggio del liquame e letame dagli animali (emissioni di CH_4 e N_2O). Le emissioni di N_2O dai suoli agricoli possono essere: dirette (provengono dall'utilizzo dei fertilizzanti azotati, dallo spandimento delle deiezioni animali, dall'azoto fissato dalle piante leguminose, dall'incorporazione dei residui agricoli, dalla coltivazione dei suoli organici e dalle deiezioni degli animali al pascolo) e indirette (comprendono la deposizione atmosferica di azoto, la lisciviazione verso le falde e il ruscellamento verso le acque superficiali). La coltivazione delle risaie genera emissioni di CH_4 da processi di degradazione che avvengono in ambiente anaerobico e durante l'allagamento dei campi coltivati. Infine, sono stimate le emissioni di CH_4 e N_2O che provengono da processi di combustione delle stoppie in campo (Cóndor e De Lauretis, 2009). Le metodologie e i dettagli relativi sia alla stima delle emissioni di gas serra che ad altri inquinanti, tra cui l'ammoniaca, sono presenti su Cóndor et al. (2008) e Cóndor (2011).

Per il settore LULUCF vengono stimati gli assorbimenti (diossido di carbonio, CO_2) e le emissioni di gas serra (CO_2, CH_4 e N_2O) di cinque categorie: *forest land* (foreste), *cropland* (terre coltivate), *grassland* (prati e pascoli)*, wetlands* (zone umide) *e settlements* (insediamenti urbani). Per ognuna delle categorie indicate e delle sottocategorie (*land remaining land* e *land converting to land*) vengono attualmente stimate emissioni ed assorbimenti, seguendo la metodologia adottata a livello internazionale. Le stime del carbonio presente nei diversi serbatoi forestali sono state effettuate tramite l'uso del modello For-est (Federici et al., 2008) basato sulla metodologia IPCC: *living biomass*, includendo sia la parte epigea che ipogea, *dead organic matter*, che include necromassa e lettiera, e *soils* inteso come sostanza organica del suolo. Tale modello, usato per stimare l'evoluzione nel tempo degli *stock* dei serbatoi forestali italiani, è stato applicato a scala regionale (NUT2); utilizzando i dati del primo "Inventario Forestale Nazionale" (INF) e dell'"Inventario Forestale Nazionale e dei Serbatoi di Carbonio" (IFNC). Dettagli sulle metodologie e sui dati utilizzati per la stima delle emissioni e degli assorbimenti sono riportati nel NIR (ISPRA, 2011a).

1.5.1.1.3 *Emissioni di gas serra dal settore agricoltura e LULUCF*

In questa sezione vengono riportati gli ultimi dati ufficiali riportati ad aprile del 2011 al Segretariato dell'UNFCCC e al Meccanismo di monitoraggio dell'Unione europea. Si sottolinea che l'inventario nazionale delle emissioni per l'agricoltura e LULUCF, predisposto dall'ISPRA, stima le emissioni e gli assorbimenti di gas serra e di altri inquinanti; tali stime vengono poi trasmesse ufficialmente a livello internazionale, sia nell'ambito della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) e il Protocollo di Kyoto che della Convenzione di Ginevra sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lungo raggio (UNECE/CLRTAP). Questo implica una sinergia operativa di raccolta di informazione, di preparazione dell'inventario e di reporting in ambito di convenzione internazionale e a livello di direttive europee (Cóndor e De Lauretis, 2007). In figura 1.1 sono riportate le emissioni totali dei gas serra considerati nel Protocollo di Kyoto, al netto delle emissioni ed assorbimenti di gas serra del settore LULUCF, che evidenziano, dal 1990 al 2009, una riduzione del 5,4%, passando da 519 a 491 Mt CO_2 equivalente, a fronte di un impegno nazionale di riduzione delle emissioni pari al 6,5% nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990. Da evidenziare che la recessione economica ha avuto una ricaduta sui livelli di produzione dei settori energia e processi industriale, verificandosi una notevole riduzione delle emissioni totali di gas serra in Italia (ISPRA, 2011a). Nel 2009 le emissioni di gas serra prodotte dal settore agricoltura hanno rappresentato il 7,0% del totale nazionale, seconda fonte

[17] Le linee guida utilizzati per gli inventari Agricoltura e LULUCF sono: *Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Good practice guidance for land use, land use change and forestry for LULUCF (GPG for LULUCF), 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*

emissiva dopo il settore energetico (82,8%) (ISPRA, 2011a). Il contributo delle emissioni di gas serra dall'agricoltura in Italia è al di sotto della media europea che è pari al 10,2% per l'UE-15 (EEA, 2011).

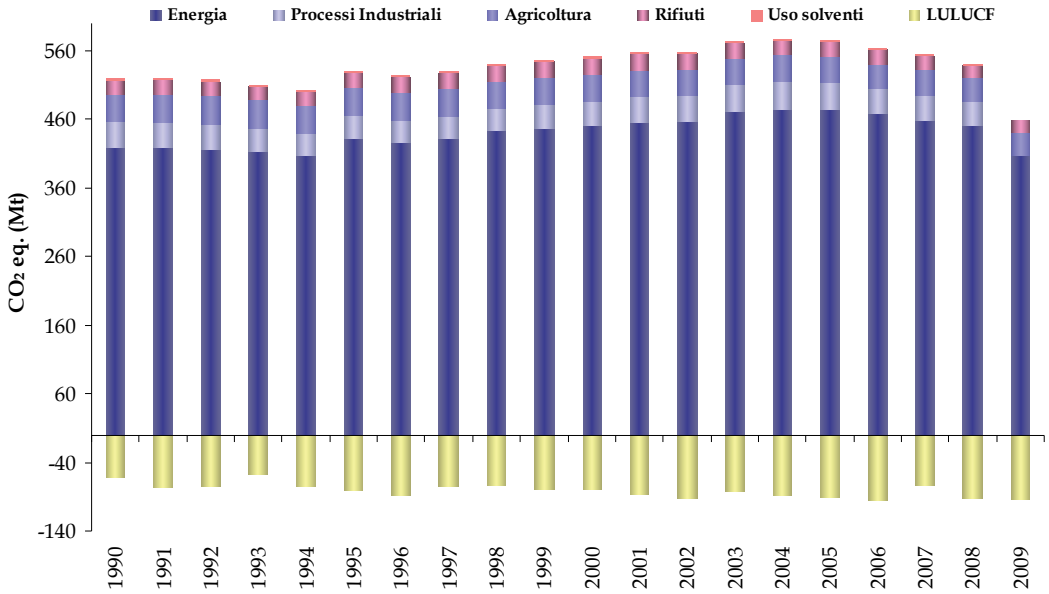


Figura 1.1 – Emissioni ed assorbimenti di gas serra per il periodo 1990-2009
Fonte: ISPRA, 2011a

Nella figura 1.2 è riportata la serie storica delle emissioni di gas serra, per il settore agricoltura, suddiviso nelle diverse categorie emissive. Nel 2009, il contributo al totale delle emissioni di gas serra è stato il seguente: suoli agricoli (44,8%: 15,5 Mt CO_2eq.), fermentazione enterica (31,3%: 10,8 Mt CO_2eq.), gestione delle deiezioni (19,3%: 6,6 Mt CO_2eq.), risaie (4,6%: 1,6 Mt CO_2eq.) e combustione delle stoppie (0,05%: 0,02 Mt CO_2eq.). Dal 1990 al 2009 si è verificata una riduzione complessiva delle emissioni pari all'15,1% passando da 40,6 Mt CO_2eq. nel 1990 a 34,5 Mt CO_2eq. nel 2009. Le principali categorie emissive quali i suoli agricoli, la fermentazione enterica e la gestione delle deiezioni hanno riscontrato singolarmente una riduzione pari al 20,6%, 11,5% e 10,0%, rispettivamente (ISPRA, 2011a). In Italia, tali riduzioni si attribuisco principalmente alle riduzioni: nel numero di capi, delle superfici agricole investite e nell'utilizzo dei fertilizzanti azotati. Il numero di vacche da latte è passato da 2.641.755 capi nel 1990 a 1.878.421 capi nel 2009 con una riduzione del 29% e un aumento nella produzione di latte che è passata da una media nazionale pari a 4.210 kg capo^{-1} anno^{-1} nel 1990 a 6.336 kg capo^{-1} anno^{-1} nel 2009, essenzialmente collegato al sistema delle quote latte del primo pilastro della Politica Agricola Comune (PAC). Invece, fra il 1990-2009 la quantità distribuita dei fertilizzanti azotati si è ridotta del 37%, e solo fra il 2007/2008 e 2008/2009 si sono riscontrate diminuzioni pari al 17% e 25%, rispettivamente. L'uso dei fertilizzanti è determinato dal costo e dal prezzo dei prodotti agricoli, negli ultimi anni, i prezzi sono diminuiti e, di conseguenza, gli agricoltori hanno risparmiato sui costi utilizzando meno fertilizzanti (Perelli, 2007). Inoltre, è necessario sottolineare come, negli ultimi anni, il recupero del biogas dalle deiezioni animali sia stato particolarmente significativo e abbia contribuito con la riduzione delle emissioni del comparto agricolo, come riportato negli scenari emissivi (Cóndor et al., 2008; MATTM, 2009; ISPRA, 2011a; Cóndor, 2011). La quantità di biogas da deiezioni animali sia per la produzione di energia elettrica che per la produzione combinata è passata da 1,3 GWh nel 1991 a 88,4 GWh nel 2009[18].

[18] http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTRICO/statistiche/dati_statistici.aspx

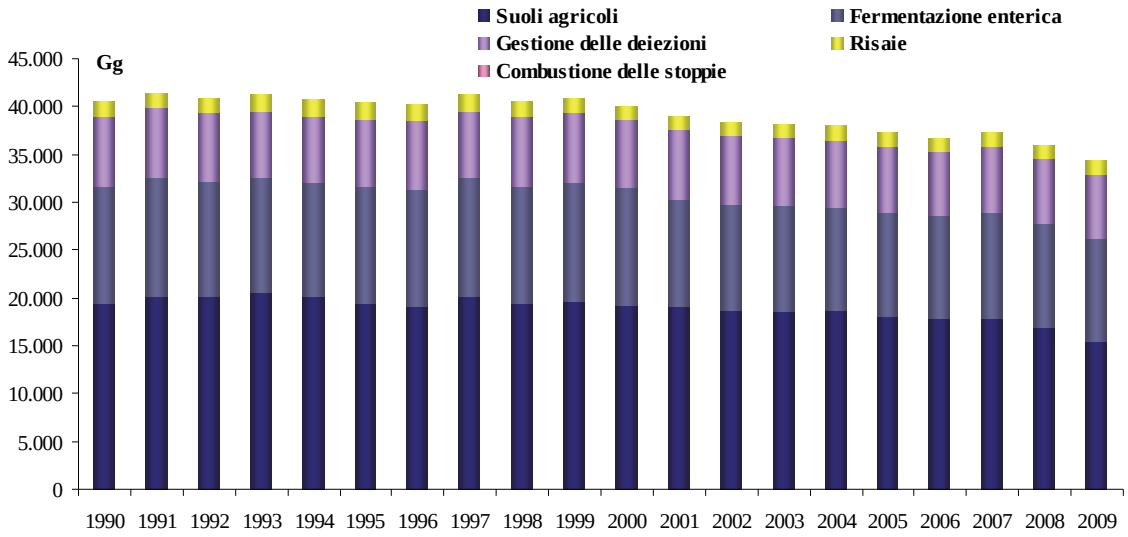


Figura 1.2 – Emissioni di gas serra dal settore agricoltura per il periodo 1990-2009
Fonte: ISPRA, 2011a

In ambito europeo la PAC ha avuto un forte impatto sulle emissioni di gas a effetto serra provenienti dall'agricoltura (quote latte) assieme ad altre politiche europee che hanno contributo al controllo delle emissioni degli ossidi di azoto e dell'ammoniaca tra cui il Protocollo di Göteborg, la Direttiva sui Tetti Nazionali di Emissioni e la Direttiva sulla Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento (EEA, 2011).

Dall'analisi delle emissioni e degli assorbimenti di gas serra per il settore LULUCF, nel periodo 1990 – 2009 (Fig.1.3), emerge come gli assorbimenti totali, in CO_2 equivalente, siano aumentati nel 2009, rispetto il 1990, del 53,2%, passando da un assorbimento di 61,8 Mt (nel 1990) a 94,7 Mt CO_2 equivalente, nel 2009 (ISPRA, 2011a). Tale aumento è stato determinato principalmente dall'espansione delle superfici coperte da foreste, dovuta prevalentemente ad una ricolonizzazione di aree marginali e di terre non più coltivate. Particolarmente visibili sono gli effetti degli incendi sul categoria *forestland*, che nel 1990, nel 1993 e nel 2007 sono la causa di una notevole contrazione degli assorbimenti relativi a tale categoria. Nel 2009 a livello europeo gli assorbimenti relativi al settore LULUCF sono stati pari a 298 Mt CO_2 equivalente, con un incremento del 27% rispetto al 1990. L'Italia (31,8%), la Francia (22,5%), la Svezia (14,0%), la Finlandia (13,6) e la Spagna (9,6%) sono i paesi che contribuiscono maggiormente agli assorbimenti del settore LULUCF nell'UE-15. Considerando la categoria *forestland*, invece, il maggior contributo agli assorbimenti nell'UE-15 è dato dalla Francia (23,4%), seguita dall'Italia (20,9%), dalla Finlandia (15,3%) e dalla Svezia (14,2%) (EEA, 2011).

La categoria *forest land* è quella che ha un peso contributivo maggiore; gli assorbimenti della categoria sono pari al 65% delle emissioni ed assorbimenti dell'intero settore; in particolare il comparto *living biomass* rappresenta il 50% degli assorbimenti, mentre gli assorbimenti dai comparti *dead organic matter* e *soils* contribuiscono, rispettivamente, per l'8% ed il 42% al totale degli assorbimenti della categoria *forest land*. La contrazione della superficie delle terre coltivate è riscontrabile anche dall'analisi del peso contributivo della categoria *cropland* al totale delle emissioni ed assorbimenti: si passa, infatti, dal 28% nel 1990 al 12% nel 2009. Il peso contributivo della categoria *grassland* è invece aumentato, passando dal 6% nel 1990 al 19% nel 2009, soprattutto a causa della ricolonizzazione di terreni agricoli abbandonati.

Dall'analisi della variazione percentuale, rispetto al 1990, delle emissioni e degli assorbimenti delle diverse categorie nel 2009, è possibile notare come l'incremento degli assorbimenti del settore LULUCF sia trainato essenzialmente dalla categoria *forest land*, mentre il pur notevole incremento della categoria *grassland* (dove sono incluse anche le formazioni arboree che non raggiungono la copertura del 10%) ha un'incidenza minore, a causa del minor peso contributivo della categoria *grassland*.

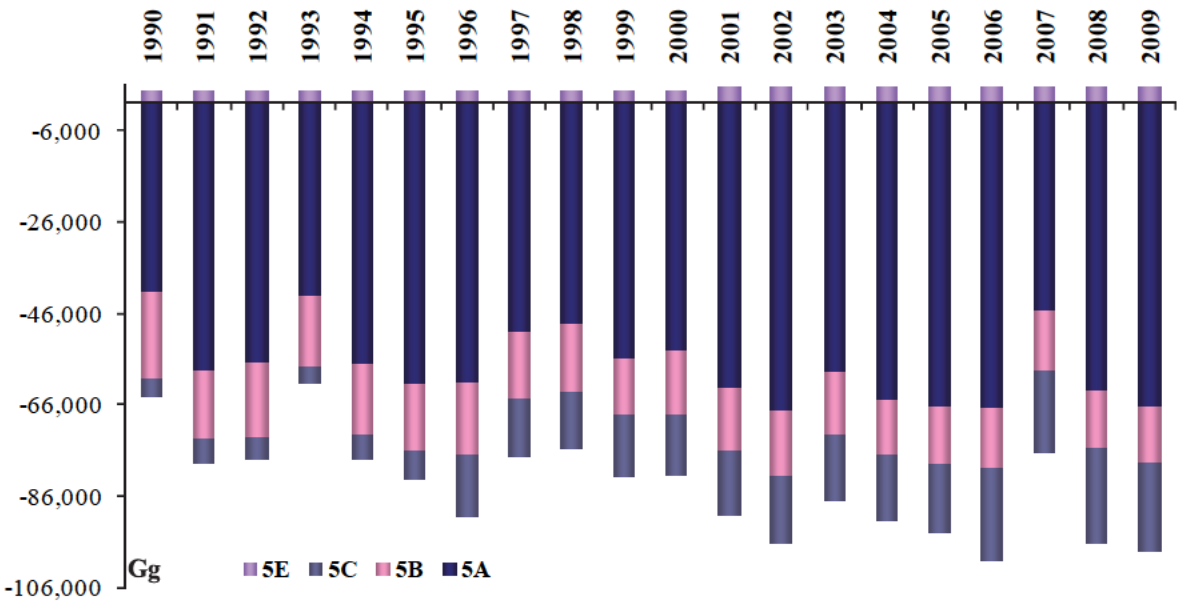


Figura 1.3 – Emissioni ed assorbimenti di gas serra dal settore LULUCF per il periodo 1990-2009
(**5A**: foreste - *forest land*; **5B**: terre coltivate - *cropland*; **5C**: prati e pascoli - *grassland*; **5E**: insediamenti urbani - *settlement*)
Fonte: ISPRA, 2011a

1.6 Negoziato per il Post-2012

Nel processo negoziale per il post-2012 il settore agro-forestale ha assunto un ruolo chiave al fine della definizione degli obiettivi di riduzione nel secondo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto, poiché dalle regole di conteggio di tale settore dipende il suo contributo al raggiungimento di tali obiettivi. La base del negoziato sono gli Accordi di Marrakesh del 2001 (Decisione 16/CMP.1), cui vengono proposte sostanziali modifiche che, di fatto, hanno riaperto il negoziato su tale settore.

Seppur inizialmente fossero state avanzate ipotesi alternative, l'approccio generale rimarrà sostanzialmente basato sulle attività: solo le attività direttamente indotte dall'uomo potranno generare crediti/debiti, di fatto garantendo l'elasticità di conteggio che caratterizza questo settore e la conseguente possibilità per i paesi con obblighi di riduzione, di optare per alternative di mitigazione ai cambiamenti climatici a costi più bassi rispetto alle riduzioni di emissioni nel comparto energetico/produttivo.

Per quanto riguarda le attività addizionali dell'Articolo 3.4, sono state confermate le attività attualmente presenti (rivegetazione, gestione forestale, gestione dei pascoli, gestione delle terre agricole) alle quali si propone di aggiungere la gestione delle zone umide/torbiere. Per queste attività (vecchie e nuove) viene proposto sia il conteggio facoltativo (cioè solo se la nazione elegge l'attività) che il conteggio obbligatorio di tutte le attività (*full accounting*). L'opzione che al momento sembra essere la più probabile è il conteggio obbligatorio della sola gestione forestale, lasciando le altre attività su base elettiva a discrezione del Paese. Per quanto riguarda il sistema di conteggio dei crediti derivanti dalla gestione forestale, due sono le opzioni attualmente presenti sul tavolo negoziale:

- conteggio dei cambiamenti di *stock* di carbonio che avvengono durante il periodo d'impegno fino ad un limite massimo definito a priori (come è attualmente) o con applicazione di un fattore di sconto;
- definizione di un livello di riferimento, basato su proiezioni future, che possa costituire una base di confronto con i cambiamenti di *stock* di carbonio che avvengono durante il periodo d'impegno.
- definizione di un livello di riferimento storico, basato su un anno (detto anno base) o sulla media di più anni.

Gli ultimi due metodi di conteggio sono basati sul confronto del bilancio di emissione/assorbimento delle foreste nel periodo d'impegno con quelli riferiti ad un livello di riferimento (*Reference level*). L'ultimo metodo è applicato a tutti

gli altri settori non LULUCF, per i quali i livelli di emissione sono attualmente confrontati con i livelli del 1990. Per la sola gestione forestale si propone di effettuare il confronto con un livello di riferimento basato su proiezioni future stabilite a priori, secondo dei criteri prestabiliti, prima dell'inizio del periodo d'impegno. Tale livello dovrà rappresentare il bilancio netto delle emissioni/assorbimenti delle foreste sottoposte a attività di gestione, costituendo un riferimento di *business as usual* cui confrontare i bilanci netti durante il periodo d'impegno: verranno generati debiti nell'eventualità che gli assorbimenti durante il periodo d'impegno diminuiscano rispetto a tale livello e crediti nel caso questi invece aumentino. Questo sistema dovrebbe garantire uno stimolo per azioni virtuose nel settore forestale (attualmente limitate dal limite massimo prestabilito per ogni paese): solo politiche e misure mirate all'aumento degli assorbimenti rispetto a quanto sequestrato con le normali pratiche forestali genererà crediti, mentre forme di gestione che impoveriscono il comparto forestale genereranno dei debiti. Anche se concettualmente il sistema proposto presenta oggettivi vantaggi in termini di stimoli per il settore, il metodo si presenta eccessivamente complesso, con notevoli margini di incertezza, rendendo un settore così difficilmente misurabile dipendente da proiezioni stabilite a priori e caratterizzate, appunto, da alte incertezze di stima. Questa opzione incontra, tuttavia, il favore della maggior parte dei paesi UE e anche degli altri paesi Annex I, con l'eccezione del Giappone e della Russia.

Il testo negoziale introduce altri nuovi elementi che dovranno essere tenuti in considerazione, quali l'esclusione dal conteggio delle emissioni delle aree sottoposte a disturbi naturali definiti di "forza maggiore" - seppur con specifiche limitazioni - e l'inserimento nel sistema di conteggio del carbonio emesso/assorbito dai prodotti legnosi (*Harvested Wood Products*-HWP).

I Paesi in via di sviluppo hanno dimostrato una notevole attenzione a limitare l'uso del settore LULUCF da parte dei paesi *Annex I* per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni. L'inserimento delle misure relative agli eventi di "forza maggiore" (*Force Majeure*), ai prodotti legnosi, della natura volontaria di alcune attività dell'articolo 3.4, sono viste come strumenti di flessibilità che possono portare ad un abuso del contributo del settore, con conseguente deviazione degli sforzi rispetto all'obiettivo finale della Convenzione. Conseguentemente, i Paesi in via di sviluppo hanno proposto di limitare l'uso del settore LULUCF ponendo un tetto massimo (*cap*) ai crediti derivanti da tali attività. Ancora non è stato definito nel dettaglio il criterio di calcolo di tale limite, una delle opzioni più probabili vede il tetto massimo pari al 3 o al 5 % delle emissioni riferite al 1990 (corrispondente per l'Italia a 15 e 25 $MtCO_2$, rispettivamente).

1.6.1 L'accordo di Cancun

Il risultato raggiunto a Cancun (Accordi di Cancun) nella Conferenza delle Parti della UNFCCC (COP16/CMP6) di dicembre 2010, è da considerarsi come un pacchetto "bilanciato" che costituisce un importante passo avanti verso la strada che dovrebbe portare ad un accordo vincolante sugli impegni che i paesi industrializzati e non, dovranno sottoscrivere per intraprendere un processo di riduzione effettiva delle emissioni di gas serra, decisione che dovrebbe essere presa alla prossima COP/MOP a Durban (Sud Africa), a dicembre 2011. Il risultato di Cancun è definibile come un accordo intermedio, nel quale sono stati "cristallizzati" alcuni concetti generali e/o operativi su cui si è potuto trovare un consenso fino ad oggi. L'Accordo contiene dei progressi di notevole importanza: viene lanciato il fondo *Green Climate* definendo il processo per la sua istituzione; è stato creato un quadro generale per incentivare le azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la diminuzione delle emissioni da deforestazione, degrado forestale e promozione della gestione sostenibile delle foreste (REDD+); si istituisce un Meccanismo sulle Tecnologie, compreso un centro ed un *network* per il trasferimento tecnologico; viene adottato un quadro per le azioni di adattamento (*Cancun Adaptation Framework*) per promuovere la cooperazione internazionale sul tema.

Il futuro del Protocollo di Kyoto non è ancora chiaro. Il gruppo negoziale che si occupa degli impegni quantificati di riduzione delle emissioni non è riuscito a raggiungere una conclusione, posponendo la decisione nel futuro, senza definire tuttavia delle scadenze precise. D'altra parte gli Accordi di Cancun indicano che per il secondo periodo d'impegno del Protocollo, i meccanismi flessibili (ETS, JI, CDM), nonché l'utilizzo del settore agro-forestale (LULUCF), continueranno ad essere disponibili ai paesi industrializzati per adempiere ai propri impegni futuri.

Vista l'urgenza di definire l'impatto del settore LULUCF per la definizione dei target di riduzione delle emissioni, a Cancun si è voluto avviare un processo formale di revisione dei livelli di riferimento per la gestione forestale basati su proiezioni, finalizzato a fissare i valori definitivi entro la COP17 di dicembre 2011. Tale processo, che avrà luogo nel

corso del 2011, è stato fortemente voluto dai Paesi in via di sviluppo al fine di garantire la trasparenza e la robustezza del conteggio dei crediti derivanti dal settore.

La decisione LULUCF approvata a Cancun, pur non risolvendo le questioni esposte nel paragrafo precedente (inclusione HWP, *Force Majeure*, ecc), che saranno oggetto di ulteriori negoziazioni all'interno del gruppo negoziale *Ad Hoc Working Group under the Kyoto Protocol* (AWG-KP), riconosce di fatto nel "livello di riferimento" la futura modalità di conteggio per la gestione forestale, tuttavia le altre opzioni continueranno ad essere oggetto di negoziazione nei prossimi incontri[19].

Seppur tra gli argomenti sui quali non si è ancora trovato un accordo definitivo, i prodotti legnosi (HWP) ed il tema della cosiddetta "*Force Majeure*" dovrebbero entrare a far parte della costruzione del livello di riferimento (come riferito nell'allegato II della decisione), e vi è un "*common understanding*" anche sull'applicazione di un tetto massimo della contabilizzazione dei crediti derivanti dal settore (*cap*).

1.7 Libro verde della Commissione sui cambiamenti climatici

Il quadro normativo esposto nei capitoli precedenti, delinea la politica che l'Unione europea ha attuato sino ad oggi per ridurre le emissioni dei gas serra al fine di mitigare i cambiamenti climatici. Come già accennato nell'introduzione di questo documento però, gli Stati membri sono altresì consapevoli non solo del fatto che gli ecosistemi marini e terrestri, stanno già subendo i primi effetti dei cambiamenti climatici, ma anche che, non potendo prevenire tutte le future ripercussioni climatiche, è necessario che l'ecosistema "Terra" si adatti alle nuove condizioni climatiche. Da quanto appena esposto si può chiaramente percepire la necessità di individuare ed includere nella strategia politica, comunitaria ed internazionale, le misure di adattamento. E' proprio quest'ultimo obiettivo il tema principale del Libro verde della Commissione europea "L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa - quali possibilità d'intervento per l'UE" (COM(2007)354def). L'importanza delle misure adattative, che possono anticipare o reagire ad un fenomeno climatico considerato, sta nella capacità di ridurre, dal punto di vista economico, il rischio ed i danni che ne derivano oppure di sfruttare i potenziali benefici che il mutato contesto climatico potrebbe presentare.

Per quanto riguarda il contesto economico, va sottolineato che la riduzione dei costi è ottenibile a patto che si ricorra a politiche in grado di favorire la partecipazione dei privati poiché il mercato, da solo, a causa delle incertezze sia finanziarie che climatiche, difficilmente potrà fornire delle idonee misure di adattamento. Inoltre, per evitare gravosi costi supplementari per l'adeguamento sia strutturale che infrastrutturale, è necessario intervenire in tempi brevi poiché si è stimato che, per un aumento di 3-4°C, i costi addizionali nei paesi OCSE potranno oscillare tra l'1 ed il 10% dei costi complessivi del settore edile ed aumenterebbero drasticamente per un aumento di 5-6°C. Un intervento tempestivo quindi avrà dei benefici economici perché consentirà di anticipare i danni potenziali e ridurre al minimo i rischi non solo per lo sviluppo economico, ma anche per gli ecosistemi, la salute umana, i beni e le infrastrutture.

La scelta delle azioni da attuare può ricadere su due tipologie di misure, una definita "morbida", l'altra "costosa". Nella prima rientrano interventi relativamente poco dispendiosi (quali la conservazione delle risorse idriche, la variazione delle rotazioni delle colture e delle date di semina, l'uso di colture resistenti alla siccità, la pianificazione pubblica e la sensibilizzazione); nella seconda interventi economicamente più onerosi (come l'innalzamento degli argini, lo spostamento di porti, di industrie, di intere città e paesi dalle zone costiere e dalle pianure alluvionali più basse e la costruzione di nuove centrali elettriche in sostituzione delle centrali idroelettriche). Tutto questo implica l'adeguamento della pianificazione territoriale e dell'uso del suolo, aggiornando le norme edilizie, le strategie di gestione delle calamità ed i sistemi di allarme rapido in caso di alluvioni ed incendi.

Come precedentemente accennato le misure di adattamento, qualora non possano ridurre il rischio ed i danni economici, possono tuttavia sfruttare i benefici derivanti dalla nuova situazione climatica. Gli interventi di

[19] Le altre opzioni di conteggio per la gestione forestale discusse ed inserite nel testo che costituirà la base per le negoziazioni future sono: la continuazione delle regole attuali (Russia e Giappone), il conteggio per differenza con i livelli dell'anno base-1990 (Russia, Norvegia e Francia), il conteggio per differenza con il primo periodo d'impegno (Tuvalu), ed il livello di riferimento basato su una media tra valori storici e proiezioni (Sud Africa).

adattamento infatti, potranno fornire nuovi posti di lavoro e nuovi mercati per prodotti e servizi innovativi, (ad esempio nuovi mercati per tecniche di costruzione, materiali e prodotti "a prova di clima"), in alcune regioni, ad esempio, potrebbe essere necessario adattare le pratiche di gestione agricola locali a stagioni di crescita più lunghe; il settore assicurativo, infine, potrebbe proporre nuovi prodotti per ridurre il rischio e la vulnerabilità dei beni materiali e dei sistemi produttivi ad essi correlati. La creazione di premi assicurativi che anticipino i rischi dei cambiamenti climatici, potrebbero infatti incentivare i privati a ricorrere ad azioni di adattamento.

Se si considera poi che la gravità degli impatti dipende dalla vulnerabilità fisica delle varie zone, dal grado di sviluppo socioeconomico, dalla capacità di adattamento dell'ambiente naturale e delle persone, dai servizi sanitari e dai meccanismi di sorveglianza delle calamità, è chiaro che è necessaria una *governance* a livello nazionale, regionale e locale che coinvolgano e rendano partecipi tutti i portatori d'interesse come i cittadini e le amministrazioni pubbliche.

1.7.1 Attuazione e coordinamento delle misure di adattamento

Nell'ottica dell'adattamento, la Commissione propone di migliorare la gestione delle calamità e delle crisi dando particolare attenzione, oltre che agli aspetti economici, anche ai relativi aspetti sociali, visto che i cambiamenti climatici potrebbero mettere a rischio i posti di lavoro ed avere delle ripercussioni sulle condizioni di vita e di alloggio. A tal scopo, nel Libro Verde vengono delineati tre livelli di azione:nazionale, regionale e locale. Il primo riguarda principalmente la valutazione e la previsione dei rischi e degli impatti, l'elaborazione di metodi e modelli, la preparazione di strategie di adattamento e di allarme, le misure di prevenzione, preparazione, risposta rapida e recupero ai cambiamenti climatici ed anche la condivisione delle informazioni. Il secondo livello, il regionale, agisce sulla pianificazione territoriale, definendo linee guida tecniche, specifiche ed individuando casi studio e buone prassi, al fine di determinare misure che siano economicamente efficaci. Il livello locale infine, è volto alla gestione e all'utilizzo corretti delle risorse naturali, come le risorse idriche ed il suolo.

Sebbene le misure di adattamento, esposte in modo molto sintetico, verranno attuate nell'ambito di tre diversi livelli, cioè lì dove esistono le capacità operative, affinché siano economicamente efficienti dovranno essere necessariamente coordinate da una strategia unica che le integri a vicenda rafforzandone le sinergie. Quanto appena detto è valido non solo per i diversi livelli amministrativi ma anche per i settori quali l'agricoltura, la pesca, la biodiversità, le acque e le reti energetiche che sono integrate a livello europeo grazie al mercato unico ed alle politiche comuni. E' quanto mai fondamentale perciò che le misure di adattamento vengano coordinate ed integrate anche nelle politiche comunitarie. C'è la necessità quindi di tener conto dell'adattamento nei programmi di spesa dell'UE, nell'ambito della ricerca, della coesione, delle reti transeuropee, dello sviluppo rurale, dell'agricoltura, della pesca, del fondo sociale, delle azioni esterne e del Fondo europeo di sviluppo. Volendo tentare di proporre un ventaglio delle possibili azioni da attivare a livello di UE, queste potrebbero rientrare in quattro linee di azione principali, o pilastri:

- ✓ **primo pilastro**: elaborazione di strategie di adattamento volte ad individuare la ripartizione ottimale delle risorse e utilizzarle efficientemente per degli interventi celeri.
  In tale ambito si vuole sottolineare l'importanza di integrare le azioni di adattamento, incluse quelle agricole, nell'attuazione e nella modifica della legislazione e delle politiche vigenti e future. I cambiamenti climatici infatti, avranno delle ripercussioni sulle rese dei raccolti, sulla gestione del bestiame e sull'ubicazione della produzione costituendo un notevole rischio per il reddito degli agricoltori e favorendo l'abbandono delle terre in alcune regioni europee. L'aumento della variabilità delle rese, potrebbe mettere sempre più a rischio l'approvvigionamento alimentare ed in tale contesto, emerge sempre più chiaramente il ruolo principale dell'agricoltura nella corretta gestione delle superfici agricole per soddisfare sia la produzione di cibo che di biomasse. Considerando che l'agricoltura e la silvicoltura acquisteranno un maggior rilievo per la fornitura di servizi ambientali ed eco sistemici, nella scelta delle azioni è di fondamentale importanza che queste, così come le azioni delle altre politiche europee, si integrino coerentemente con le misure di mitigazione e di sviluppo economico già predisposte, per agire in sinergia ed evitare che l'effetto di un'azione si ripercuota su un'altra, diminuendone o annullandone l'efficacia. Il sostegno comunitario allo sviluppo rurale è quindi di fondamentale importanza per la produzione alimentare, per il mantenimento dei paesaggi rurali e per la fornitura di servizi ambientali ed è altresì fondamentale analizzare in che modo la PAC sia in grado di incentivare le buone pratiche agricole, in grado di tutelare l'ambiente e compatibili con i nuovi scenari climatici;
- ✓ **secondo pilastro**: il riconoscimento del carattere transfrontaliero e globale, che caratterizza gli impatti e l'adattamento, la conseguente ratifica di alleanze con i partner di tutto il mondo, ma soprattutto con i PVS.

Il secondo pilastro sottolinea l'importanza di avviare un dialogo con i PVS, con i paesi vicini e con i paesi industrializzati, per far sì che l'UE possa inserire l'adattamento nelle azioni di Politica Estera e di Sicurezza Comune (PESC) dell'UE in grado di prevenire e affrontare conflitti, calamità naturali e le conseguenti migrazioni umane che ne potrebbero derivare.

- ✓ **terzo pilastro**: ampliare la base delle conoscenze e la riduzione dell'incertezza, ove presente, sugli scenari climatici tramite la ricerca comunitaria, lo scambio d'informazioni e le azioni preparatorie. Questo al fine di integrare sempre di più i risultati scientifici nelle politiche e nelle pratiche.
  In questo frangente sarà decisivo il ruolo coperto dalle Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (TIC) per monitorare i cambiamenti ambientali, per anticipare e valutare i rischi o gestire situazioni di crisi in modo rapido e flessibile e, soprattutto per uno scambio costruttivo di dati ed esperienze.
- ✓ **quarto pilastro**: discutere e analizzare più in profondità, le strategie e le azioni coordinate nell'ambito di un Gruppo consultivo europeo sull'adattamento ai cambiamenti climatici, nel contesto del Programma europeo per il cambiamento climatico (*European Climate Change Programme-ECCP*). Questo pilastro sottolinea l'importanza di coinvolgere, in un dialogo strutturato, sia i settori che maggiormente risentiranno degli effetti dei cambiamenti climatici, sia i cittadini per un confronto sulle problematiche maggiormente impattanti sulla società, l'economia e l'ambiente, per scambiare opinioni e fornire consulenza sulle strategie e sulle azioni da attuare.

In relazione alle strategie di adattamento, è doveroso sottolineare che non si è volutamente scendere nei dettagli esposti nel Libro Verde della Commissione, perché il fine è quello di presentare brevemente le linee strategiche a livello comunitario, che sono alla base delle azioni nazionali, per dare maggior rilievo a queste ultime che verranno trattate con un più ampio respiro nei capitoli successivi.

1.8 Il Libro bianco della Commissione: un supporto per la definizione della strategia adattativa europea

Il supporto all'elaborazione della strategia dell'UE è dato dalla predisposizione del Libro bianco "L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo" (COM(2009)147).

L'orientamento che emerge dalla strategia per l'adattamento dell'UE (attuabile dal 2013) è quello di un approccio integrato di tipo *top-down* per l'inserimento dell'adattamento nelle politiche settoriali, insieme ad attività di tipo *bottom-up* che comprendono i piani di adattamento regionali (RAS-*Regional Adaptation Strategies*). La necessità di prendere provvedimenti in materia di adattamento a livello europeo (*top-down*) trova fondamento nella considerazione che molti impatti e le relative misure di adattamento, sono di dimensione sovranazionale, pertanto i programmi dell'UE potrebbero integrare le risorse degli Stati membri per l'adattamento, favorendo potenziali economie di scala per la costituzione di *capacity building*, la ricerca, l'informazione, la raccolta dei dati e il trasferimento delle conoscenze. Inoltre i cambiamenti climatici incidono sul mercato unico e sulle politiche comuni (tra cui la PAC) e la vulnerabilità al cambiamento climatico può far nascere un nuovo contesto di solidarietà tra gli Stati Membri.

Il libro bianco UE è strutturato per assicurare un'azione sinergica a livello di SM e si fonda su 4 pilastri per ridurre la vulnerabilità e aumentare la resilienza:

1) aumentare la conoscenza sulla vulnerabilità, informando i decisori politici a tutti i livelli;
2) integrare l'adattamento nelle politiche UE;
3) combinazione di strumenti (mercato, linee guida, partenariati pubblico-privato);
4) cooperazione tra SM.

2 Scenari di cambiamento climatico, impatti sull'agricoltura e adattamento

M. Pasqui , R. Tomozeiu, E. Bucchignani, S. Gualdi, P. Mercogliano, P. Schiano, E. Scoccimarro, E. Di Giuseppe, A. Libertà, S. Esposito, G. Dal Monte, R. Alilla, C. Epifani, L. Botarelli, P.P. Roggero, M. Acutis, G. Seddaiu, G. De Sanctis, V. Marletto, L. Perini, S. Pellegrini, P. Servadio, V. Mereu, M. Santini, D. Spano, R. Valentini, G. Pirlo, G. Della Casa, A. Marocco , V. Tabaglio, F. Rizza, F. Masoero, A. Prandini, N. Lacetera, M. Segnalini, A. Vitali, A. Nardone, L. Manici, S. Bregaglio, M. Menenti, F. De Lorenzi, A. Bonfante, G. Dono, S. Severini, R. Zucaro, G. Rossi, B. Gozini, F. Lupia.

In questo capitolo verrà affrontata un'analisi dei dati provenienti dagli studi nazionali ed internazionali relativi alla variabilità climatica. Al fine di rendere la disamina sul clima attuale ed approfondita verranno presentati scenari climatici per il futuro a partire da modelli numerici GCM (*General Circulation Model*) che saranno poi seguiti da due scenari caratterizzati da due approcci modellistici strettamente legati allo studio della variabilità climatica: lo *statistical downscaling* e il *dynamical dowscaling*.

2.1 La variabilità climatica

La ripetitività degli eventi e di certi andamenti meteorologici in una zona geografica è alla base della definizione empirica di clima, rappresentato dall'insieme delle statistiche del sistema atmosfera-superficie terrestre. L'Organizzazione Meteorologica Mondiale con la definizione CLI.NO (*Climatological Normals*) propone uno standard del metodo di calcolo e della lunghezza del periodo di riferimento delle statistiche climatiche. In particolare, lo standard CLI.NO fissa il periodo di analisi su intervalli trentennali, nei quali il segnale meteorologico è riconducibile a locali variazioni stagionali quasi-casuali intorno alla primaria ciclicità annuale (il periodo di decorrelazione del segnale meteorologico è compreso tra 5 e 10 giorni). Tuttavia il semplice trattamento statistico delle serie storiche meteorologiche sui singoli siti geografici di misurazione risulta inadeguato per analizzare il comportamento medio di un sistema le cui variabili di stato presentano variazioni su tutte le scale spazio-temporali osservate. Per l'intrinseca complessità del sistema atmosfera-superficie terrestre, la definizione di clima e quindi il calcolo delle statistiche climatiche deve necessariamente includere anche la dimensione geografica. Ciò implica un'analisi spazio-temporale delle serie storiche meteorologiche, che tengano conto anche della correlazione geografica del segnale meteorologico (ricostruzione delle variabili meteorologiche su griglie di analisi georiferite di dimensione unitaria rapportata alla distanza media tra le stazioni di misurazione esistenti).

La regionalizzazione del clima del territorio italiano è ben visibile in tabella 2.1. La media climatica della temperatura al suolo, riferita al periodo 1971-2000, decresce con la latitudine; le differenze termiche tra il Nord e il Sud Italia sono circa la metà delle variazioni climatiche stagionali interne alle principali zone geografiche italiane (tabelle 2.2 e 2.3). Diversa è la tendenza geografica della precipitazione, la cui media climatica annuale decresce da Nord a Sud; la precipitazione climatica della Sicilia e della Sardegna è circa il 60% della precipitazione climatica del Nord Italia (tab.2.1).

Zona Geografica	Temperatura media (°C)	Temperatura minima (°C)	Temperatura massima (°C)	Precipitazione totale (mm)
Nord Ovest	8,7	4,1	13,3	939,8
Nord Est	9,4	4,9	13,8	927,9
Centro Tirreno	13,7	8,7	18,7	812,5
Centro Adriatici	12,8	8,1	17,5	761,3
Sud Tirreno	15,7	11,5	19,8	803,2
Sud Adriatico	15,7	11,1	20,2	597,7
Sicilia	17,4	13,3	21,5	598,5
Sardegna	16,2	11,6	20,7	504,6
ITALIA	**13,2**	**8,7**	**17,7**	**765,3**

Tabella 2.1- Medie climatiche annuali del territorio italiano (1971-2000)

All'interno delle zone geografiche, gli eventi meteorologici presentano una dipendenza fenomenologica indotta dagli effetti dell'orografia sulla dinamica dell'atmosfera o ancora dalla presenza di bacini idrografici o dalla distanza dal mare. Questi fattori, invarianti nel tempo rispetto al periodo medio di evoluzione dell'atmosfera, determinano ulteriori sistematiche variazioni locali delle variabili meteorologiche rispetto alla media climatica geografica. Ciò genera ulteriori zonazioni climatiche osservabili su tutte le scale spaziali risolte dalle reti di stazioni meteorologiche.

Un ulteriore comportamento regionalizzato del clima emerge dal confronto delle medie climatiche mensili di temperatura di differenti zone geografiche; tali statistiche mostrano la dipendenza dell'effetto della modulazione stagionale sulla temperatura in funzione della latitudine. La media delle deviazioni stagionali di temperatura minima e massima giornaliera, scarti assoluti tra media climatica mensile e media climatica annuale, cresce da Sud a Nord.

Zona geografica	Gen (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Apr (°C)	Mag (°C)	Giu (°C)	Lug (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Ott (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)	Media deviaz.
Nord Ovest	-3,5	-3,0	-0,5	2,7	6,9	9,8	12,2	12,0	8,9	5,1	0,6	-2,2	5,1
Nord Est	-3,2	-2,8	-0,1	3,7	8,1	11,1	13,4	13,2	9,9	6,0	1,2	-2,3	5,4
Centro Tirreno	2,1	2,2	4,0	6,3	10,3	13,6	16,2	16,7	13,6	10,2	6,0	3,2	4,7
Centro Adriatico	0,5	0,8	3,2	6,1	10,5	13,9	16,3	16,4	13,1	9,3	4,9	1,8	5,2
Sud Tirreno	5,4	5,1	6,5	8,5	12,6	16,1	18,7	19,2	16,4	13,0	9,1	6,7	4,6
Sud Adriatico	4,6	4,4	6,0	8,4	12,7	16,4	18,9	19,2	16,1	12,3	8,3	5,7	4,9
Sicilia	7,4	7,2	8,1	9,9	13,6	17,4	20,0	20,9	18,6	15,4	11,5	8,9	4,4
Sardegna	5,8	5,7	6,7	8,4	12,2	15,6	18,4	19,3	16,6	13,4	9,6	7,2	4,3
ITALIA	**1,8**	**1,9**	**3,8**	**6,4**	**10,5**	**13,8**	**16,4**	**16,6**	**13,7**	**10,1**	**5,8**	**3,0**	**4,9**

Tabella 2.2. - Medie climatiche mensili di temperatura minima giornaliera (1971-2000)

Zona geografica	Gen (°C)	Feb (°C)	Mar (°C)	Apr (°C)	Mag (°C)	Giu (°C)	Lug (°C)	Ago (°C)	Set (°C)	Ott (°C)	Nov (°C)	Dic (°C)	Media deviaz.
Nord Ovest	3,8	5,9	9,4	12,4	16,8	20,3	23,3	22,6	18,8	13,9	8,0	4,5	6,0
Nord Est	3,5	5,6	9,2	13,1	18,0	21,5	24,2	23,7	19,9	14,7	8,0	4,1	6,5
Centro Tirreno	10,2	11,3	13,8	16,1	21,2	25,0	28,3	28,7	24,4	19,6	14,2	11,0	5,9
Centro Adriatico	7,8	9,1	12,5	15,8	21,1	25,1	27,9	27,9	23,3	18,2	12,4	8,7	6,4
Sud Tirreno	12,1	12,4	14,4	16,9	21,6	25,8	28,6	29,1	25,6	21,2	16,4	13,2	5,5
Sud Adriatico	11,9	12,3	14,6	17,8	23,0	27,2	29,8	29,8	25,8	21,0	16,2	13,0	5,9
Sicilia	14,1	14,5	16,1	18,5	22,9	27,2	29,9	30,4	27,4	23,2	18,6	15,3	5,3
Sardegna	13,2	13,7	15,4	17,5	22,2	26,3	29,6	30,3	26,4	22,0	17,0	14,1	5,5
ITALIA	**9,0**	**10,1**	**12,8**	**15,6**	**20,4**	**24,3**	**27,2**	**27,2**	**23,4**	**18,7**	**13,2**	**9,9**	**5,9**

Tabella 2.3. - Medie climatiche mensili di temperatura massima giornaliera (1971-2000)

Dal punto di vista agronomico, la temperatura e la precipitazione sono le variabili meteorologiche di maggiore interesse, perché correlate rispettivamente con l'energia solare incidente sulla superficie terrestre, che determina l'apporto energetico alle colture, e con la quantità d'acqua nel suolo, necessaria alla sopravvivenza delle colture. Tra le due variabili, la temperatura ha un secondo impatto sullo stato vegetativo delle colture: l'incremento di temperatura causa l'aumento della quantità d'acqua persa dal suolo per evaporazione e traspirazione delle colture. Questo effetto, alle medie-basse latitudini, non è compensato da un uguale incremento di precipitazione, anzi la tendenza geografica opposta della precipitazione determina lo stato di aridità nelle Regioni del Sud Italia. In queste zone, l'evapotraspirazione potenziale (perdita d'acqua dal terreno in condizioni di disponibilità idrica illimitata) nei mesi estivi è un ordine di grandezza superiore della precipitazione media climatica (tabella 2.4). Ciò causa una sistematica condizione di aridità. Questo fenomeno è ben rappresentato dall'indice di aridità (IA) definito come rapporto tra precipitazione ed evapotraspirazione potenziale.

Zona geografica	Gen (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Apr (mm)	Mag (mm)	Giu (mm)	Lug (mm)	Ago (mm)	Set (mm)	Ott (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)
Nord Ovest	59,0	49,0	67,6	93,8	106,5	84,7	60,7	79,8	91,3	116,4	75,4	55,8
Nord Est	53,4	45,0	60,6	77,2	87,3	97,1	83,8	85,3	93,5	105,4	78,6	60,7
Centro Tirreno	64,1	62,2	62,2	75,1	57,2	44,2	29,1	43,8	76,2	106,8	110,6	81,0
Centro Adriatico	48,8	48,7	57,8	66,9	57,1	59,8	45,7	59,5	73,2	84,7	90,4	68,8
Sud Tirreno	86,9	82,1	73,3	68,2	43,5	22,4	20,6	28,5	59,0	104,2	114,9	99,4
Sud Adriatico	58,0	57,6	53,4	47,4	35,1	24,6	23,3	29,9	49,2	72,7	80,1	66,4
Sicilia	75,6	60,0	52,7	45,6	28,3	12,3	8,3	15,0	47,4	82,1	90,0	82,0
Sardegna	52,2	52,7	48,1	48,6	32,8	15,9	6,2	11,5	38,7	61,1	73,6	63,1
ITALIA	**62,2**	**56,2**	**59,9**	**67,5**	**60,6**	**50,0**	**38,7**	**48,3**	**69,1**	**94,6**	**87,8**	**70,6**

Tabella 2.4 - Medie climatiche mensili di precipitazione (1971-2000)

Le variazioni meteorologiche osservate a livello globale ed europeo, soprattutto per ciò che concerne l'incremento delle temperature e la modificazione del regime pluviometrico, con lunghi periodi asciutti ed eventi piovosi intensi, sono state registrate anche all'interno del territorio italiano negli ultimi trenta anni. In quest'ultimo periodo, la temperatura media annuale presenta un trend crescente nei primi 17 anni per poi oscillare intorno ai 14 °C negli ultimi 13 anni (fig. 2.1). Una simile evoluzione temporale è osservata per la precipitazione media annuale. Diversamente rispetto alla temperatura, le oscillazioni della precipitazione media annuale sono state negli ultimi 15 anni molto superiori al periodo precedente, con variazioni da 600 mm a circa 900 mm (fig. 2.2), con scarti rispetto alla media climatica di ±20%. Nello stesso periodo l'evapotraspirazione potenziale ha oscillato tra i 900 mm e 1.100 mm (±10% rispetto alla media climatica).

Di interesse per la valutazione dell'attuale stato climatico italiano è il confronto tra le statistiche meteorologiche annuali degli ultimi 10 anni e le statistiche climatiche (1971-2000). Da questa analisi emerge che negli ultimi 10 anni c'è stata una riduzione di precipitazione annuale di circa il 3,5% rispetto alla media climatica, mentre

l'evapotraspirazione potenziale media del periodo è aumentata del 10% a causa della variazione media di circa 0,8°C della temperatura media.

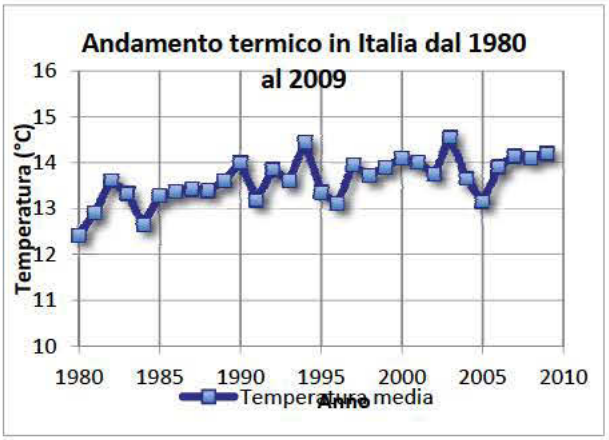


Figura. 2.1

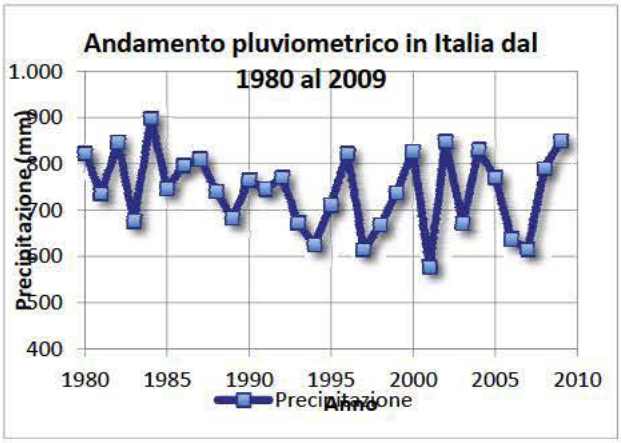


Figura. 2.2

Le previsioni mensili di temperatura e precipitazioni a supporto della pianificazione dell'attività agricola hanno consentito di mettere in rilievo alcuni risultati relativamente al confronto tra periodi climatici pluriennali (CLI.NO. 1961-1990, 1971-2000, 1976-2005 e 1981-2005) sul complesso del territorio italiano.

In un quadro generale, si è rilevata una variazione significativa in senso statistico che riguarda principalmente il parametro di temperatura, sia nei valori massimi che minimi di medie mensili, in particolare per i mesi primaverili/estivi e relativa al confronto dei periodi 1976-2005 (+0,7/0,8 °C) e 1981-2005 (+0,7/1,1 °C) rispetto al CLI.NO. 1961-1990. Per la precipitazione si è avuta una variazione significativa del totale cumulato mensile che ha riguardato solamente i primi mesi dell'anno, nel confronto tra il periodo 1981-2005 ed il CLI.NO. 1961-1990 (-14/-24 mm).

Le analisi condotte sulle 6 macro aree in cui è stato suddiviso il territorio italiano (Area Nord Ovest, Area Nord Est, Area Pianura Padana, Area Centro, Area Sud Est e Area Sud Ovest), hanno permesso di verificare come la diminuzione dei livelli medi di pioggia per i primi tre mesi dell'anno registrata a livello nazionale sia confermata generalmente in tutte le aree. Inoltre, per l'Area Sud Ovest e per l'Area Sud Est si è avuta una diminuzione importante anche nel mese di ottobre, che si contrappone ad un aumento nel mese di novembre. Le aree Nord Ovest e Nord Est presentano una situazione particolarmente variabile nel mese di ottobre, per il quale si è infatti rilevato un incremento sostanziale tra le medie climatiche registrate nel primo periodo 1961-1990 e nel terzo periodo 1976-2005, cui è corrisposta una netta diminuzione misurata nell'ultimo periodo 1981-2005.

Anche i risultati relativi alla temperatura nelle 6 diverse aree confermano l'indicazione di aumento rilevata a livello nazionale, soprattutto nei mesi primaverili/estivi. Entrando nel dettaglio delle aree per la temperatura massima giornaliera, si può rilevare come il mese di agosto e, a seguire, di luglio siano stati quelli maggiormente interessati da un aumento diffuso su tutto il territorio nazionale (fino a +1,6 °C nell'Area Pianura Padana), così come, seppur in misura inferiore, i mesi di maggio e giugno. Per le aree del Nord Italia, la tendenza all'aumento può essere rilevata anche nei mesi di gennaio e marzo, mentre per le aree del Sud Italia nei mesi di settembre ed ottobre. La temperatura minima giornaliera sembra aver subito un incremento nell'arco dei mesi dell'anno molto simile a quello rilevato per la temperatura massima, interessando anche il mese di ottobre. I picchi più elevati di questo incremento si sono registrati sempre nel mese di agosto, in particolare per le aree Nord Ovest, Nord Est, Centro e Sud Est. Rilevante una lieve flessione della temperatura minima di febbraio per tutte le aree. L'Area Centro si distingue per essere stata interessata in misura minore dagli incrementi, mentre nell'Area Sud Est le temperature minime sono risultate sostanzialmente stabili eccetto per il mese di agosto.

In sintesi, i risultati mostrano che:

a) la prima parte degli anni Settanta si è caratterizzata come un periodo particolarmente freddo, a seguito di un periodo lievemente tendente a freddo come gli anni Sessanta. D'altro canto, la fine degli anni Novanta e l'inizio degli anni Duemila sono contraddistinti da temperature particolarmente elevate;

b) le medie climatiche della precipitazione non hanno subito variazioni di rilievo, tuttavia gli anni Duemila potrebbero caratterizzarsi come un periodo di transizione, evidenziando la necessità di essere analizzati ulteriormente nel prossimo futuro.

2.2 CLIMA

2.2.1 Stato dell'arte sugli studi di scenario, d'impatto ed esempi di proiezioni climatiche in contesti rilevanti

Gli strumenti comunemente utilizzati dalla comunità scientifica internazionale per valutare l'intensità e la probabilità del verificarsi di cambiamenti climatici a grande scala sono i modelli numerici accoppiati oceano-atmosfera (*General Circulation Model*, GCM). All'interno di questi modelli sono rappresentati tutti i meccanismi conosciuti che concorrono all'evoluzione dell'atmosfera: la dinamica dell'atmosfera e dell'oceano, gli scambi di energia e di momento della quantità di moto fra questi, nonché tutti i processi fisici e dinamici non risolti esplicitamente nei modelli stessi attraverso equazioni empiriche chiamate parametrizzazioni. Tali modelli hanno, in genere, risoluzioni spaziali molto più basse rispetto alla scala delle eterogeneità climatiche naturali. Si può avere, ad esempio, per una determinata scadenza temporale, un valore di temperatura alla superficie o di precipitazione rappresentativo di un *box* quadrato di alcune centinaia di chilometri di lato. Pensando ad un bacino idrografico medio come quello del fiume Arno, ampio poco più di 9.000 km^2, è facile comprendere come sia praticamente impossibile rappresentare tutta l'eterogeneità della precipitazione solamente con pochi punti griglia di un modello climatico. I valori numerici direttamente prodotti dai modelli climatici hanno, pertanto, un modesto utilizzo diretto se non ulteriormente analizzati ed opportunamente trattati.

Nasce quindi la necessità di definire ed impiegare strategie per adattare quei valori numerici delle simulazioni, così come vengono prodotti direttamente dai modelli climatici, alla realtà dell'eterogeneità climatica regionale e locale del territorio in esame. Da una decina di anni è ormai diffuso il termine di "*downscaling*" per indicare questo processo di traduzione, o adattamento, dell'informazione climatica prodotta dai modelli globali sulle realtà territoriali di interesse. Il "*downscaling*", che significa letteralmente "riduzione di scala", cerca di proiettare l'informazione della dinamica dei fenomeni atmosferici dalla grande scala, dove è prodotta dai modelli climatici, alla piccola scala, dove è presente l'eterogeneità locale del territorio. In numerose condizioni, ad esempio territori pianeggianti, il *downscaling* riesce, in maniera efficace ed attendibile, ad incrementare l'informazione associata alla descrizione dei fenomeni atmosferici in studio adattando le proiezioni climatiche alle realtà locali del territorio.

Esistono due principali strategie di tale adattamento delle proiezioni climatiche a scala regionale e locale: alla prima appartengono le tecniche di risoluzione esplicita della dinamica dei processi fisici descritti del sistema climatico terrestre, alla seconda appartengono invece le tecniche empiriche che identificano e calcolano le relazioni esistenti tra grandezze atmosferiche a partire dai dati osservati. Si tratta naturalmente di due approcci notevolmente differenti. Il primo impiega modelli fisico–matematici, denominati modelli numerici regionali, che, a differenza di quelli numerici globali, hanno una migliore descrizione fisica del comportamento dell'atmosfera. Sono computazionalmente molto onerosi e sono impiegati su aree geografiche limitate, dell'ordine di alcune decine di migliaia di chilometri di lato. Al secondo gruppo di strategie di *donwscaling* appartengono tecniche empiriche, che stimando le proprietà statistiche di lunghe serie storiche di dati osservati nel passato, riescono ad adattare i valori climatici futuri dei modelli globali alle eterogeneità climatiche locali del territorio in esame. Numerosi sono i lavori scientifici che ne mettono in risalto pregi e difetti, oltre che indicare gli ambiti di migliore impiego. Stime di modificazione dei regimi idrologici di bacino per fiumi o aree, valutazioni agrometeorologiche sono esempi comuni d'impiego (Gao e Giorgi, 2008, Giorgi e Lionello, 2008, Mariotti et al., 2008, Gualdi et al, 2008, Moriondo et al., 2010). In un recente documento, redatto dal Centre for European Policy Studies (A. Behrens, A. Georgiev and M. Carraro, "*Future Impacts of Climate Change across Europe*", 2010) sono stati analizzati e riassunti i principali risultati della conoscenza scientifica riguardo agli impatti dei cambiamenti climatici sull'Europa. Da questo lavoro di *review* emerge in maniera netta il fatto che il bacino del Mediterraneo sia la zona in cui i cambiamenti climatici avranno un effetto più negativo del resto dell'Europa. In particolare, la riduzione dell'apporto idrico soprattutto nel periodo invernale unita a temperature in aumento, determinerà una marcata vulnerabilità del Mediterraneo. Periodi di siccità sempre più frequenti e duraturi, già ampiamente registrati negli ultimi anni, sono confermati dalle proiezioni climatiche future. La scarsità di acqua a disposizione, sia per uso irriguo che alimentare, sarà l'elemento caratterizzante gli anni a venire in maniera ancor più intensa che in altre regioni europee.

Le proiezioni climatiche delle precipitazioni, infatti, ottenute all'interno del progetto Europeo *Ensembles* (http://ensembles-eu.metoffice.com/) con lo scopo di diminuire e quantificare le incertezze, evidenziano un generale incremento delle precipitazioni annue nell'Europa settentrionale e una leggera diminuzione sul Mediterraneo (Figura 2.3a) per il periodo 2021-2050, rispetto al periodo 1961-1990, e per lo scenario di emissione A1B. Andando più in dettaglio, a livello stagionale, è stato evidenziato un calo maggiore delle precipitazioni per tale periodo durante la stagione estiva, sia dai modelli globali (GCM) che dalle tecniche di regionalizzazione statistica e dinamica (Figura 2.3b). Come si può notare dalla Figura 2.3b, questo calo interessa anche la nostra penisola, con una possibile diminuzione delle precipitazioni soprattutto durante l'estate. Questa diminuzione delle precipitazioni è più significativa nella parte centrale e meridionale dell'Italia (fino al 25% - Figura 2.3b)

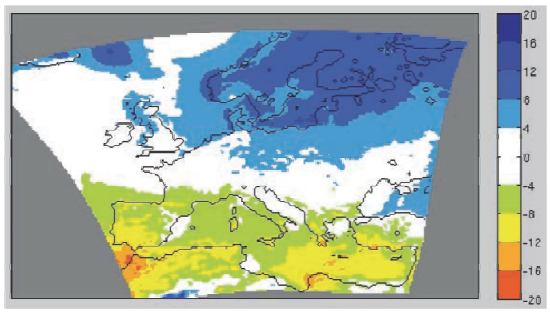


Figura 2.3a Proiezioni di cambiamento climatico per la precipitazione annua (%), periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990, scenario di emissione A1B (*ensemble mean* - simulazioni di RCM)

fonte:http://ensembleseu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf

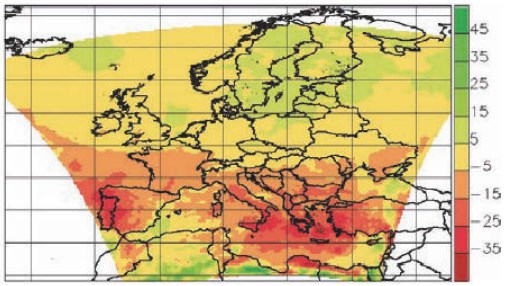


Figura 2.3b Proiezioni di cambiamento climatico per la precipitazione estiva (%), periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990, scenario di emissione A1B (*ensemble mean* - RCM)

fonte:http://ensembleseu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf

Un segnale simile è stato trovato anche per il periodo 2071-2100, ma con un'intensità del cambiamento più elevata. Ad esempio, per la fine del secolo, le proiezioni costruite, all'interno del progetto e sempre per lo scenario di emissione A1B, indicano per l'Italia una possibile diminuzione delle precipitazioni primaverili ed estive, più intensa (fino al 45%) durante l'estate. Durante l'inverno, il *pattern* del cambiamento delle precipitazioni sulla penisola italiana è più complesso e mostra una possibile diminuzione sulla parte meridionale (circa 15-20%). Durante l'autunno, la penisola potrà essere interessata, in genere, da una leggera diminuzione (circa 10%). Un segnale chiaro di cambiamento è risultato anche nella lunghezza massima dei giorni senza precipitazioni, dove è stata sottolineata la possibilità di aumento dei "periodi secchi" per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1961-1990 in tutta la zona del Mediterraneo. Per quanto riguarda l'Italia, questo aumento è più intenso nella parte meridionale fino a 10 giorni.

Per quanto riguarda gli scenari di temperatura media annua, le diverse catene modellistiche hanno evidenziato, sulla gran parte del continente europeo, un segnale di aumento per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1961-1990 (scenario di emissione A1B) con valori di aumento fino a 2 °C (Figura 2.4°). A livello stagionale, il segnale di aumento delle temperature medie è stato evidenziato in tutte le stagioni, con un possibile aumento più intenso nella stagione estiva. Come si può notare dalla Figura 2.4b, questo aumento potrà interessare anche la nostra penisola italiana, con valori di aumento di circa 2°C. Studi più dettagliati, usando dati da stazione sul Nord Italia a livello stagionale, hanno mostrato un aumento simile sia per le temperature massime sia per le minime in tutte le stagioni ed, in particolare, durante l'estate (Cacciamani et al., 2010). Un segnale simile di aumento, ma ancora più intenso, in tutte le stagioni, è stato ottenuto anche per il periodo 2071-2100. Per quanto riguarda Nord Italia ed in particolare Emilia-Romagna, questo aumento nella temperatura media, nel periodo 2071-2100 rispetto al periodo 1961-1990, scenario A1B, potrà essere più intenso durante la stagione estiva, con valori di aumento fino a 5°C (Tomozeiu et al., 2007, Castellari e Artale, 2009). Giorgi et al. (2004) evidenziano un segnale di aumento nelle temperature medie per lo stesso periodo, per gli scenari di emissione A2 e B2. Questo aumento, per quanto riguarda l'Italia, varia tra 2.5 e 5.5°C nello scenario A2, tra 1 e 4°C nel B2, con massimi durante l'estate.

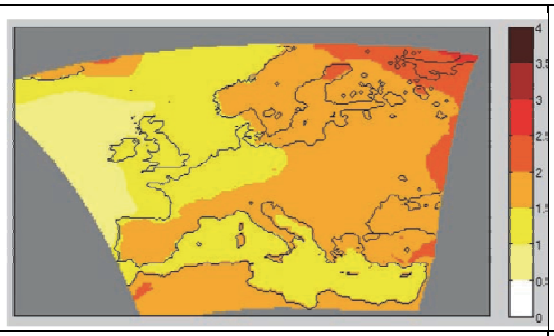


Figura 2.4a Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura media annua, periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990 (°C), scenario di emissione A1B (*ensemble mean* -simulazioni di RCM) fonte: http://ensembleseu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf

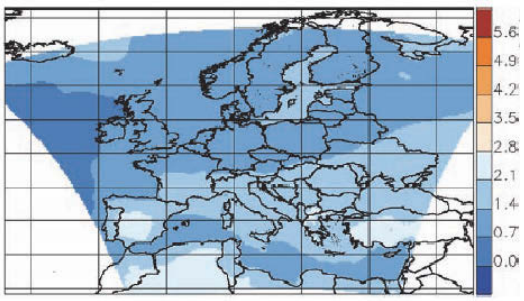


Figura 2.4b Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura media estiva, periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990 (°C), scenario di emissione A1B (*ensemble mean* - RCM) fonte: http://ensembleseu.metoffice.com/docs/Ensembles_final_report_Nov09.pdf

Da quanto sin qui esposto, si può ritenere che l'agricoltura possa essere il comparto che maggiormente risentirà degli impatti dei cambiamenti climatici futuri.

2.2.2 Scenari di variabilità climatica per l'Italia a scala regionale e locale (*statistical downscaling*). Metodologie ed esempi di proiezioni climatiche in diversi contesti rilevanti per l'agricoltura italiana

Un tentativo di generazione di proiezioni di cambiamento climatico a scala provinciale è stato effettuato recentemente da INEA con lo scopo di effettuare valutazioni sulla vulnerabilità delle aree agricole italiane.

Le proiezioni climatiche realizzate sono relative alle variabili precipitazione (P) e temperatura (T) per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990. In particolare, le proiezioni riguardano i valori medi trimestrali delle anomalie mediate sui due periodi futuri per lo scenario IPCC-A1B.

Nello studio sono stati utilizzati i dati prodotti[20] con una specifica metodologia (Tabor et al., 2010), relativi alle proiezioni climatiche di P (mm) e T (°C) del *dataset* multi-modello CMIP3 (*Coupled Model Intercomparison Project phase 3)* del *World Climate Research Programme* (WCRP) utilizzato da IPCC. La rielaborazione consiste nel *downscaling* e *debiasing*[21] delle simulazioni dei 23 modelli globali di circolazione Oceano-atmosfera (*Atmosphere-Ocean General Circulation Model* - AOGCM) del dataset CMPI3 per i diversi scenari IPCC 2007, la risoluzione finale ottenuta è di 10 minuti primi di grado (corrispondente a circa 17 km all'equatore). Le griglie di proiezione climatica sono disponibili per i 23 modelli AOGCM per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 e per tutti gli scenari inclusa la simulazione del clima del XX secolo (20C3M) che è relativa al periodo climatico 1961-1990.

Tra le diverse simulazioni sono state utilizzate quelle del modello l'INM_CM3.0 (*Institute for Numerical Mathematics*, Russia). La scelta è stata guidata dalla valutazione delle performance dei diversi modelli AOGCM sull'Italia secondo quanto riportato nello studio di Faggian *et al.*, 2009. Lo studio riporta i risultati dell'analisi degli scostamenti tra i valori simulati ed osservati di P e T per 20 modelli del dataset CMPI3 per tre diversi scenari IPCC (A, A1B e B1).

Utilizzando le griglie ad alta risoluzione relative al modello individuato sono state calcolate le griglie di anomalia di T e P media mensile per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto alla *baseline* 1961-1990 e successivamente le griglie delle medie trimestrali (GFM, AMG, LAS, OND). Il risultato finale è stato riportato a livello provinciale applicando tecniche di statistica zonale alle griglie precedentemente prodotte.

[20] I dati, disponibili gratuitamente all'URL: http://ccr.aos.wisc.edu/model/ipcc10min/, sono stati prodotti da *University of Wisconsin - Department of Geography* in collaborazione con *Nelson Institute's Land Tenure Center*.

[21] Procedura per la correzione delle differenze sistematiche esistenti tra i valori delle variabili climatiche simulati e realmente osservati.

Le figure seguenti riportano il risultato ottenuto per le anomalie di P e T per i due periodi di riferimento per lo scenario IPCC-A1B.

L'approccio metodologico presentato può fornire utili indicazioni circa la probabile distribuzione geografica attesa delle anomalie di P e T. Tuttavia è importante sottolineare che, per realizzare proiezioni climatiche ad alta risoluzione spaziale con grado di affidabilità superiore, occorre far ricorso a metodologie più complesse. Infatti, sebbene le procedure di *downscaling* permettano di ottenere griglie climatiche ad alta risoluzione utili per la valutazione degli impatti a scala regionale e locale non si possono trascurare le notevoli incertezze legate alla regionalizzazione dei dati. Diversi studi (tra cui quello di Pierce et al. 2009) hanno dimostrato come parte delle incertezze possano essere contenute utilizzando le medie delle simulazioni multi-modello o *ensemble*, questi sono da considerarsi preferibili in studi regionali rispetto alle singole simulazioni poiché mediando le proiezioni dei modelli è possibile ottenere una riduzione degli errori sulla media e la varianza dei modelli.

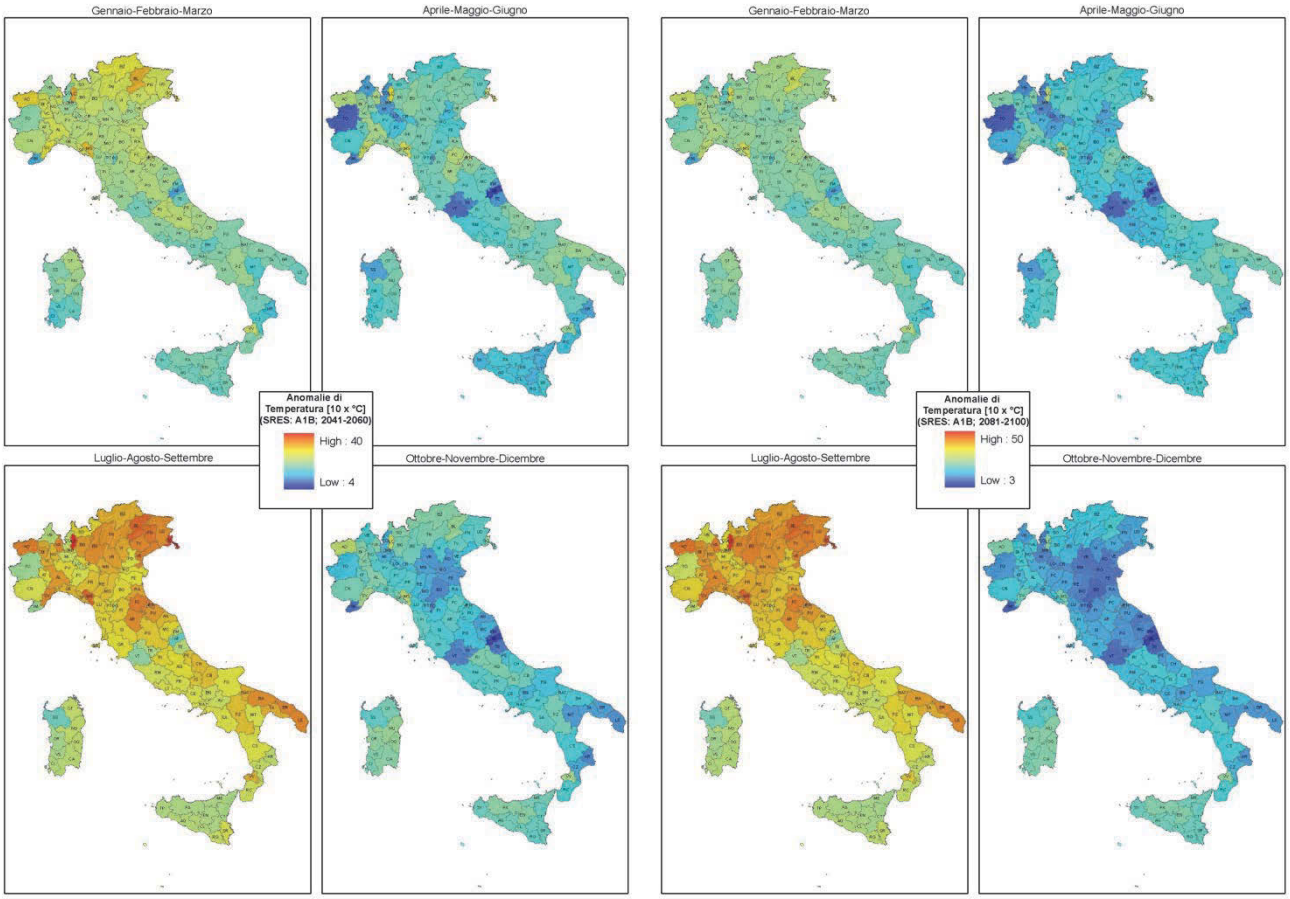


Figura 2.5 Anomalia stagionale della temperatura media trimestrale (10x °C) per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto al 1961-1990 mediata a livello provinciale.

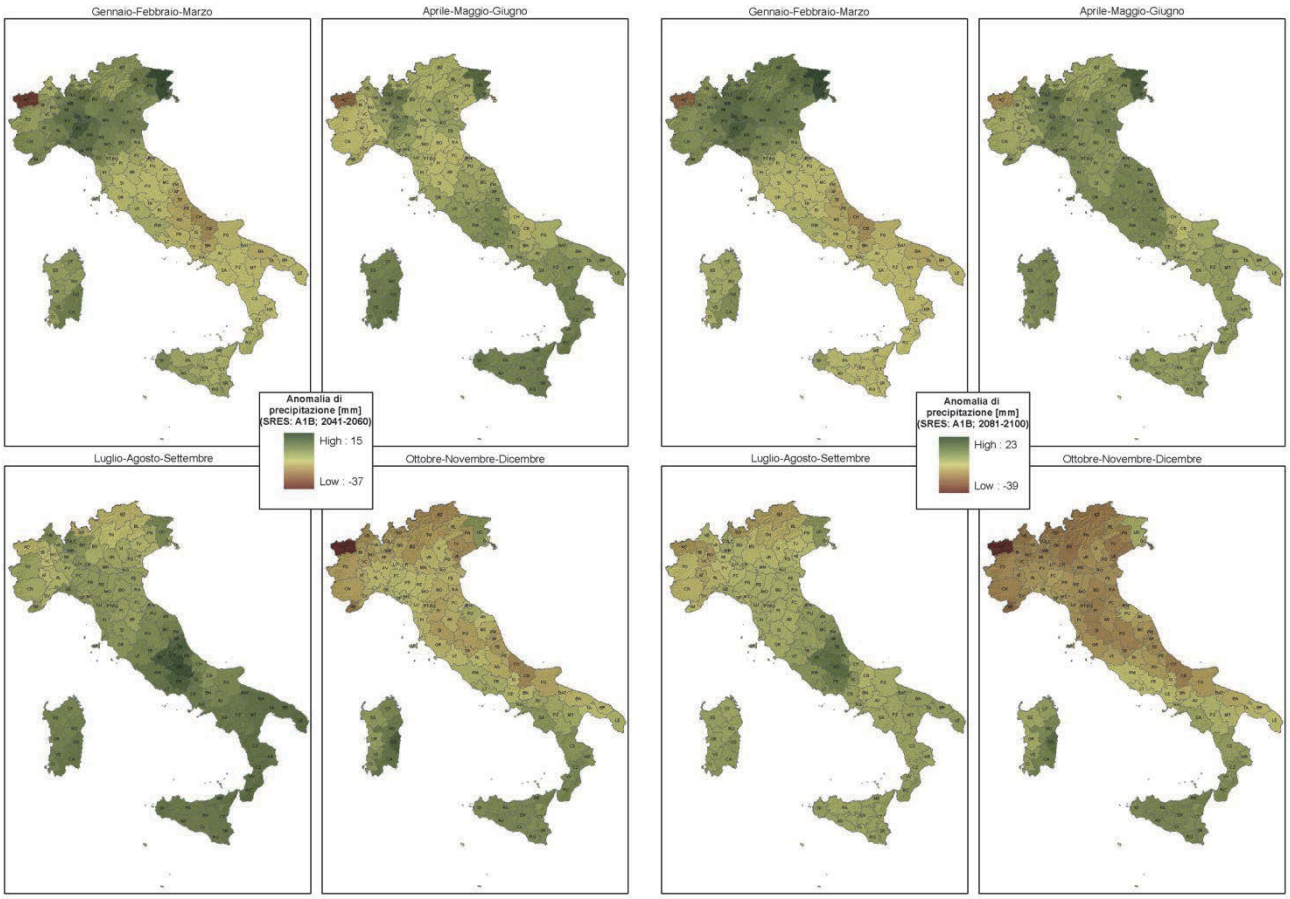


Figura 2.6 Anomalia stagionale della precipitazione media trimestrale (mm) per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto al 1961-1990 mediata a livello provinciale.

All'interno del progetto "Agroscenari" (http://www.agroscenari.it), sono state realizzate previsioni climatiche ottenute con la tecnica di regionalizzazione statistica, che consente di operare a scala di stazione, oppure di punto di griglia (Tomozeiu et al.,2007; Villani et al., 2010).

Il modello è basato su di una regressione statistica multivariata basata sulla tecnica delle correlazioni canoniche, applicata a scala stagionale. Questa tecnica permette di accoppiare grandezze fisiche a grande scala più probabilmente prevedibili dai modelli climatici globali (come ad esempio il campo di pressione a livello del mare–mslp; il geopotenziale a 500mb-z500; la temperatura a 850mb-t850) con grandezze a scala locale (temperature minime, massime, precipitazioni) tali per cui sia massima la correlazione fra le loro serie temporali. Nell'ambito del progetto sono stati selezionati punti di griglia rappresentativi per le seguenti aree di studio: Val Padana, Faentino, Marche, Beneventano, Destra Sele e Oristano (Figura 2.7), dove sono stati elaborati scenari di cambiamento climatico per le temperature minime, massime e precipitazioni sul periodo 2021-2050, scenario A1B.

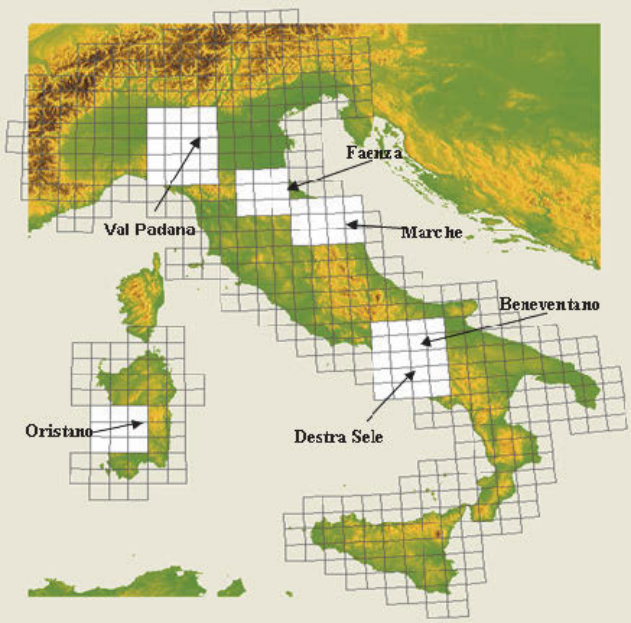


Figura 2.7. Mappa delle aree di studio

Per impostare il modello statistico a scala locale, sono stati utilizzati:

- dati stimati di temperatura minima, massima, e precipitazioni della griglia nazionale del Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura – Unità di Ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura (CRA-CMA) di Analisi Oggettiva (risoluzione della griglia pari a circa 30Km - Figura 2.7);
- le grandezze dei campi in quota (mslp, z500, t850) dedotti dalla rianalisi ERA40 del centro meteorologico europeo (ECMWF), sul periodo 1958-2002.

Per ogni punto di griglia, grandezza e stagione è stato costruito e validato il modello statistico. Ad esso sono state poi applicate le proiezioni dei campi in quota, sul periodo 2021-2050, dei modelli globali resi disponibili all'interno del progetto *ENSEMBLES* (Van der Linden e Mitchel, 2009) in modo da ottenere gli scenari climatici di temperatura e precipitazione nei punti di griglia delle aree di studio. I modelli climatici globali coinvolti sono quelli appartenenti ai seguenti centri di ricerca: IPSL, METOHC, MPIMET, INGV-CMCC e FUB. Tenendo conto del fatto che i modelli globali coinvolti hanno caratteristiche diverse, è stata creata inoltre la media d'insieme (*Ensemble Mean*) per ogni grandezza e stagione. Di seguito, vengono presentate le proiezioni climatiche, ottenute attraverso la tecnica descritta in precedenza, per i punti di griglia rappresentativi delle aree di studio. Come già accennato, le proiezioni sono state costruite sotto l'ipotesi di scenario di emissione A1B.

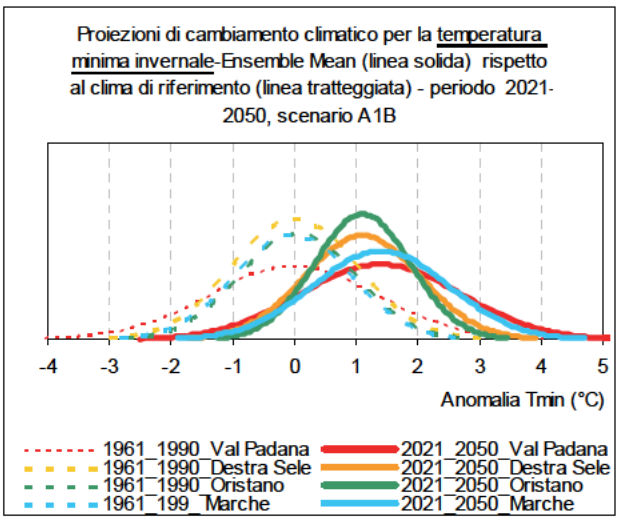


Figura 2.8a

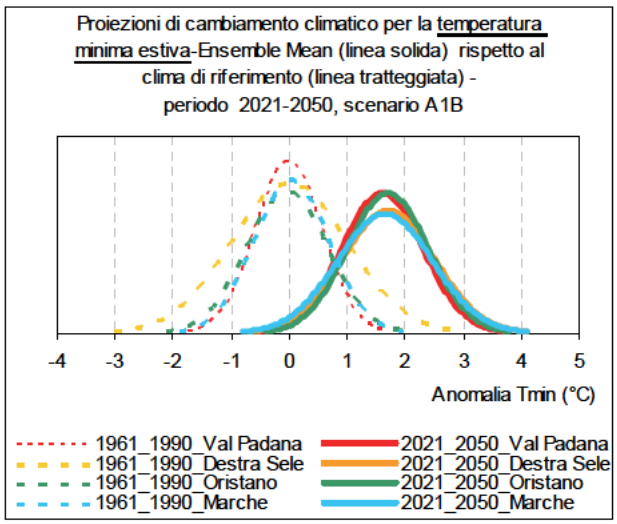


Figura 2.8b

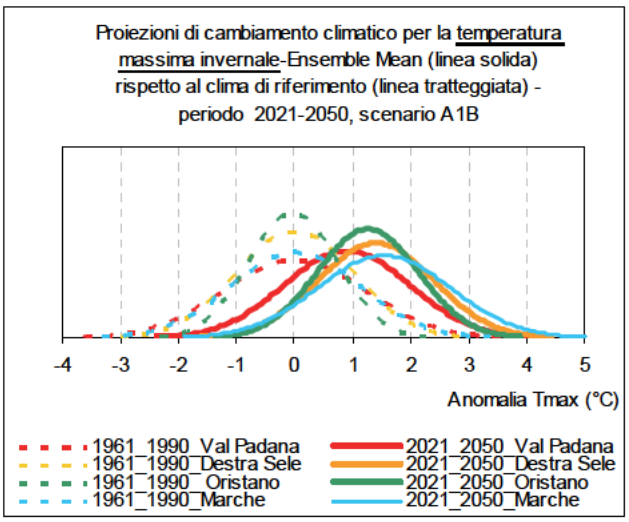


Figura 2.8c

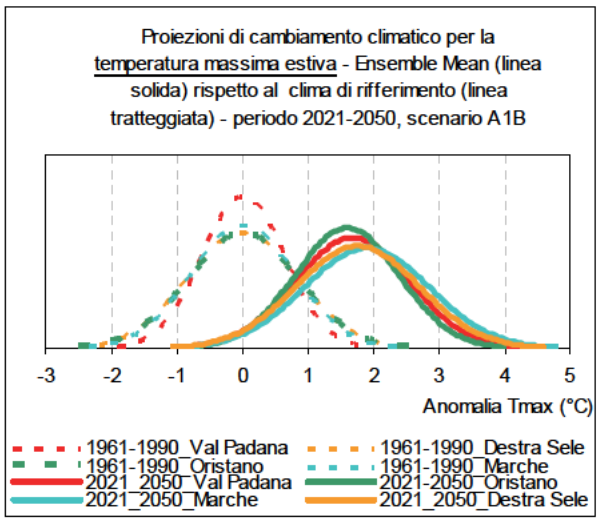


Figura 2.8d

Gli scenari di cambiamento climatico per la temperatura, durante il periodo 2021-2050, mostrano un possibile incremento in tutte le stagioni rispetto al periodo 1961-1990, sia per la temperatura minima che per la temperatura massima e in tutte le aree di studio. Questo aumento è più intenso durante la stagione estiva, attorno a 2°C, mentre durante le altre stagioni l'incremento è attorno ad 1°C-1.5°C.

In Figura 2.8 è stato riportato un esempio di cambiamento climatico (anomalia) sul periodo 2021-2050, delle temperature minime (figure 2.8a e 2.8b) e massime (figure 2.8c e 2.8d) invernali ed estive dell'*Ensemb* (linea solida) rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 (linea tratteggiata) per vari punti di griglia ognuno rappresentativo di un'area di studio.

Come si può notare, per tutte le zone di studio è plausibile uno spostamento delle curve di probabilità dei cambiamenti verso valori più "caldi", con incrementi sia nei valori medi (il valore centrale della distribuzione) ma anche nei valori estremi.

Si pone ora il problema di come interpretare questo cambiamento che potrà accadere nel periodo 2021-2050 rappresentato nella Figura 2.8. Ad esempio, per il punto di griglia situato nella Val Padana durante la stagione estiva lo scenario della temperatura massima per il periodo 2021-2050 mostra un incremento in media di 1,7 °C (figura 2.8d),

questa significa che il valore della temperatura massima può assumere in media valori attorno a 29,5 °C, ma con valori estremi anche verso 31 °C, cosi come si può notare dalla "coda" della distribuzione (Figura 2.8d).

Per quanto riguarda le precipitazioni, le proiezioni climatiche per il trentennio 2021-2050, costruite sempre attraverso la tecnica descritta in precedenza e per lo scenario A1B, mostrano un segnale variabile a seconda della stagione e dell'area di studio. Durante l'inverno, lo scenario mostra una probabile diminuzione non significativa (inferiore al 10%), nei punti di griglia rappresentativi di tutte le aree di studio. La Figura 2.9 mostra, come esempio, il cambiamento climatico (%) per il periodo 2021-2050 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990, per le precipitazioni invernali nei punti di griglia rappresentativi di Val Padana, Marche e Sardegna (Oristano).

In primavera ed autunno, lo scenario mostra un possibile leggero incremento per la Pianura Padana (attorno al 10%), mentre le rimanenti aree di studio mostrano una diminuzione. Tale diminuzione risulta più significativa in entrambe le stagioni nell' area Destra Sele (rispettivamente circa 25% e 35%), solo in primavera per Oristano (circa il 20%).

Nella stagione estiva, infine, è probabile una significativa diminuzione delle precipitazioni nel periodo 2021-2050, rispetto al clima di riferimento 1961-1990, con un segnale di cambiamento più intenso andando verso meridione (Figura 2.9).

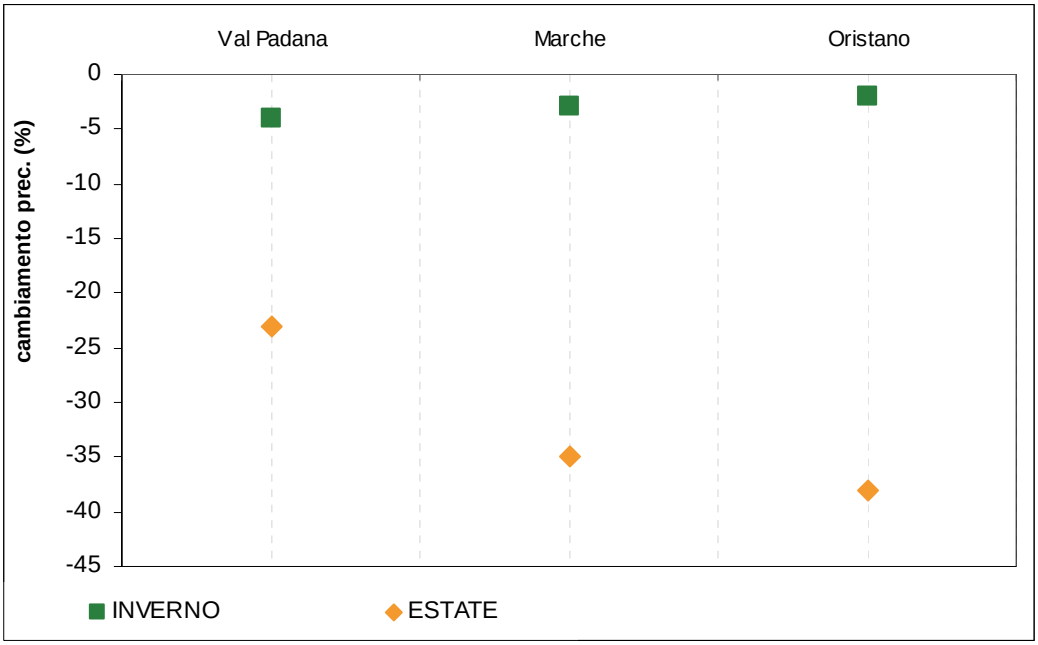


Figura 2.9 Proiezioni di cambiamento climatico delle precipitazioni invernali ed estive (*Ensemble Mean*), scenario di emissioni A1B, per il periodo 2021-2050 per le aree di studio Val Padana, Marche e Sardegna (Oristano).

2.2.3 Scenari di cambiamenti climatici generali per l'Italia (*dynamical downscaling*). I progetti ADATALP e FISR-CMCC

Nell'ambito del progetto europeo ADAPTALP (*Adaptation to Climate Change in the Alpine Space*; http://www.adaptalp.org/), è stata eseguita una serie di simulazioni climatiche di un dominio centrato sullo spazio Alpino, ma esteso fino al sud Italia (tra 40-52° lat N e 2-20° lon E, coprendo un'area di circa 1968 km x 1326 km), ed applicando il modello climatologico regionale COSMO-CLM (Rockel et al., 2008), sviluppato dalla *CLM-Community*. Si tratta di un modello numerico ad area limitata per la simulazione dell'atmosfera terrestre, su un orizzonte temporale fino a cento anni.

In una prima fase, utilizzando una risoluzione spaziale pari a 14 km, è stata eseguita una simulazione del clima del XX secolo ed una proiezione del clima del XXI secolo secondo lo scenario di emissione IPCC-A1B. In entrambi i casi, le

condizioni iniziali ed al contorno sono state ottenute a partire dai risultati generati dal modello globale SINTEX-G del CMCC, la cui componente atmosferica è costituita dal modello ECHAM4 (con risoluzione spaziale di 120 km).

Gli *output* delle simulazioni sono stati analizzati in termini di temperatura a 2 metri e precipitazione totale. Il principale risultato è consistito in una significativa convergenza dei valori di temperatura con quelli del *dataset* CRU (Mitchell e Jones, 2005), mentre i valori di precipitazione sono apparsi sottostimati. Il confronto tra dati di temperatura su base stagionale mostra che nelle quattro stagioni il valor medio di temperatura nel XXI secolo aumenterà rispetto al XX secolo, non soltanto nello spazio Alpino, ma in tutta l'area simulata. Un'analisi statistica dei valori giornalieri di temperatura, condotta per esaminare il ciclo stagionale, evidenzia come l'aumento medio in tutto l'anno è previsto tra i 2° ed i 3° C. L'analisi del diagramma di dispersione dei valori giornalieri di temperatura evidenzia nel XXI secolo un significativo aumento del numero di giorni molto caldi nei mesi estivi. Per quanto riguarda le precipitazioni, il confronto tra i dati relativi al XX e XXI secolo mostra che nel prossimo secolo ci sarà una riduzione di precipitazioni più evidente in inverno sull'area Mediterranea e sull'Italia centro-meridionale e in primavera-estate in tutto lo spazio Alpino e nel nord Italia.

In una seconda fase è stata aumentata la risoluzione spaziale del modello fino a ca. 8 km per simulare il periodo 1965-2010 di nuovo sotto lo scenario di emissione IPCC-A1B. Le condizioni iniziali ed al contorno sono state ottenute a partire dai risultati generati dal modello globale CMCC-MED, la cui componente atmosferica è costituita dal modello ECHAM5 (con risoluzione spaziale di 80 km). I risultati di questa simulazione ad altissima risoluzione risultano ovviamente più accurati, in particolare per quanto riguarda la stima delle precipitazioni, che sono risultate maggiormente in linea con quelle della griglia CRU. I risultati sono stati esaminati confrontando i valori di temperatura a 2 metri e precipitazione totale mediati sui periodi 1971-2000 e 2071-2100 (suddivisi per stagioni). Tale confronto sostanzialmente ha confermato un incremento medio di temperatura di circa 3°C atteso per la fine del XXI secolo, e l'aumento riguarderà le quattro stagioni in particolare nel centro-sud Italia. Inoltre è prevista una generale lieve riduzione di precipitazioni in tutto il dominio simulato, ad eccezione di alcune regioni: in inverno ed in primavera, è atteso un incremento di precipitazioni sull'area Alpina. Inoltre, analizzando il trend degli eventi estremi di precipitazione, è previsto nell'ultimo trentennio del XXI secolo un incremento della loro frequenza specialmente nei mesi estivi.

Infine è stata svolta una simulazione analoga in termini di scenario (IPCC-A1B), periodo (1970-2100) e risoluzione (8 km) per l'intero territorio italiano e nell'ambito del progetto FISR-CMCC (Fondo Integrativo Speciale Ricerca - Centro Euro-Mediterraneo per i cambiamenti climatici http://www.cmcc.it/). L'analisi statistica dei valori giornalieri di temperatura su base stagionale evidenzia che in particolare in estate (fig. 2.10) si registreranno gli aumenti più marcati, confermando che saranno compresi tra i 2° ed i 3°C. E' confermata inoltre la previsione di una maggiore frequenza degli estremi di temperatura. Per quanto riguarda le precipitazioni, un analogo confronto mostra che nel prossimo secolo ci sarà una riduzione di precipitazioni, più lieve in inverno ma più significativa in estate (vedi fig. 2.11) sull'Italia centro-meridionale.

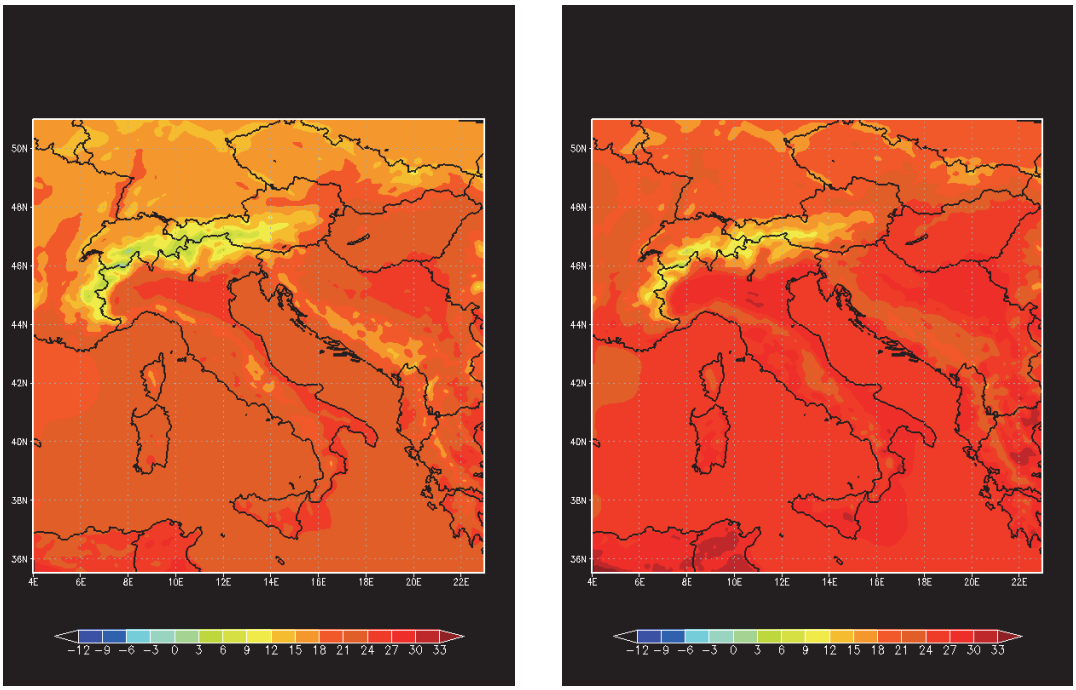


Figura 2.10: Distribuzione di temperatura a 2 metri in estate, mediata sul periodo 1971-2000 (sinistra) e 2071-2100 (destra).

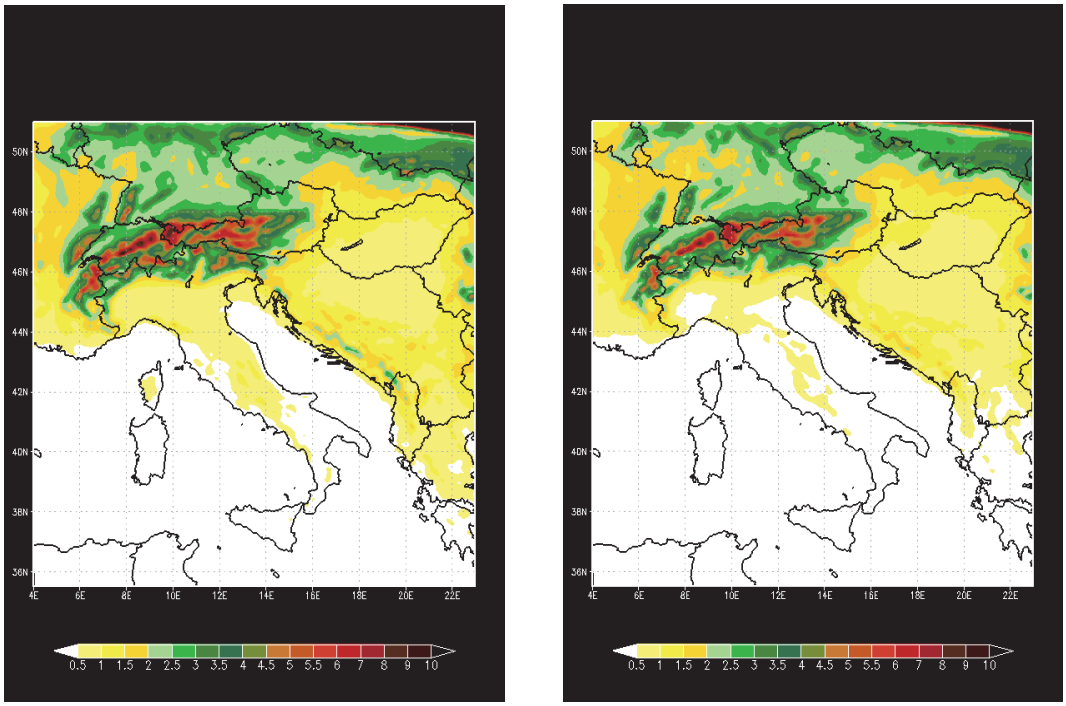


Figura 2.11: Distribuzione di precipitazione giornaliera in estate, mediata sul periodo 1971-2000 (sinistra) e 2071-2100 (destra).

2.2.4 Fenologia e cambiamenti climatici

Il rapporto fra fitofenologia e clima si fonda sul fatto che le piante sono organismi pecilotermi molto sensibili alle grandezze meteo-climatiche e ne rilevano le variazioni. Se da un lato la distribuzione territoriale dei tipi vegetazionali evidenzia la presenza di zone o fasce bioclimatiche, e pertanto le specie vegetali possono essere considerate come

indicatori climatici, dall'altro il ritmo di comparsa delle fasi fenologiche è guidato dall'andamento meteorologico, secondo meccanismi che presentano sensibili differenze specifiche e varietali.

Poiché la fenologia mostra in maniera evidente i cambiamenti che gli esseri viventi subiscono in risposta alle variazioni climatiche, questo settore di studio dell'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali ha ottenuto negli ultimi tempi una grande attenzione sia nel mondo scientifico sia da parte dell'opinione pubblica.

Anche l'IPCC nei suoi rapporti dà spazio agli studi dei cambiamenti indotti dal clima sulla fenologia. Nel Quarto rapporto (*Special Report on Emission Scenarios* - SRES scenarios, IPCC, 2007a) si afferma che, negli ecosistemi terrestri, l'anticipazione della primavera e lo spostamento degli areali di flora e fauna verso zone più fredde sono strettamente vincolati, con ragionevole certezza, al recente riscaldamento. I dati mostrano un chiaro allungamento della stagione di crescita dovuto alla temperatura (fino a 2 settimane nella seconda metà del XX secolo alle medie e alte latitudini) dovuto principalmente ad un più precoce inizio della primavera, ma anche ad un autunno più tardivo.

Studi che mettono a confronto i dati di diverse reti di rilevamento, di diversi siti, per diverse specie, mostrano che lo sviluppo delle foglie e la fioritura in primavera e in estate, hanno subito, in media, un avanzamento di 1-3 giorni/decennio in Europa, Nord America e Giappone negli ultimi 30-50 anni. Una fioritura più precoce implica un più precoce inizio della stagione dei pollini. Inoltre ci sono indicazioni che anche l'inizio della maturazione dei frutti ad inizio autunno è anticipata in molti casi (Peñuelas et al., 2002). Le fasi fenologiche primaverili ed estive, in particolare, sono sensibili al clima e al tempo locale (Sparks et al., 2000) e la loro dipendenza dalle grandezze meteorologiche è stata interpretata in maniera soddisfacente: tutti i cambiamenti primaverili ed estivi nelle piante, comprese le specie di interesse agricolo (Estrella et al., 2007), sono in relazione con le temperature medie dei mesi precedenti. L'anticipo è stimato in 1-12 giorni per 1°C di incremento nella temperatura primaverile, con valori medi compresi tra 2,5 e 6 giorni (Menzel et al., 2006). Anche i cambiamenti nella fenologia delle piante coltivate forniscono importanti prove di risposta ai cambiamenti climatici a scala locale. Tali cambiamenti sono evidenti nelle piante perenni, come fruttiferi e vite, in quanto meno dipendenti, rispetto alle colture annuali, dalle scelte colturali messe in atto di anno in anno. Uno studio in Germania (Menzel et al., 2006) ha evidenziato che tra il 1951 e il 2004, l'anticipo per le specie erbacee coltivate (2,1 giorni/decennio) è stato molto meno significativo rispetto a quello delle piante spontanee e dei fruttiferi (da 4,4 a 7,1 giorni/decennio). Alcune specie spontanee di ampia diffusione possono fungere da indicatori biologici del cambiamento climatico. D'altro canto, la fenologia delle piante coltivate permette di individuare specie e varietà con caratteristiche che possano ridurre l'impatto del cambiamento climatico sulle produzioni agricole, sfuggendo ad eventi estremi in aumento, come gelate tardive e siccità prolungate.

Come si vede, sul tema delle relazioni tra clima e fenologia delle piante il panorama internazionale è ricco di analisi e studi. Purtroppo, il contributo italiano alle ricerche e ai progetti internazionali, pur esistendo in Italia una ricca tradizione di rilievi fenologici che risale al XIX secolo, non è consistente quanto potrebbe, in quanto studi di tal genere presuppongono l'esistenza di reti di rilievo fenologico che proseguano la loro attività a lungo, mentre in Italia da anni è sempre più difficile reperire finanziamenti che permettano la gestione continuativa nel tempo delle reti fenologiche, il loro coordinamento e il recupero e riorganizzazione dei dati pregressi secondo gli standard che si vanno affermando a livello internazionale. Gli studi italiani, non potendo contare su lunghe serie storiche a copertura nazionale, si devono limitare o ad analizzare i dati su singoli siti (Orlandi et al., 2007; Puppi e Zanotti, 2009; Spano et al., 2007) o ad utilizzare modelli di simulazione fenologica (Moriondo e Bindi, 2007; Caffarra e Eccel, 2011).

Il monitoraggio fenologico in Italia (Dal Monte et al., 2010) viene effettuato da alcune istituzioni, sia di ricerca che di servizio. Ad oggi, esistono una stazione agro fenologica, 15 Giardini Fenologici di cui 5 sono da poco entrati a far parte della Rete dell'IPG (*International Phenological Gardens*), alcune reti di rilevamento agrofenologico a livello regionale e una rete nazionale su base volontaria (progetto IPHEN - *Italian Phenological Network).*[22].

Nell'ambito del progetto di ricerca "Agroscenari" una linea di ricerca è dedicata alla fenologia e al suo l'utilizzo come indicatore per approfondire lo studio di variazioni climatiche. Uno dei prodotti previsti è costituito da una banca dati per raccogliere, controllare, uniformare agli standard e mettere a disposizione della ricerca e dell'assistenza tecnica i dati fenologici.

In un contesto di individuazione di strategie volte alla mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, ruolo fondamentale è svolto da tutti quei sistemi di monitoraggio che permettono un controllo continuo dei sistemi vegetali.

La conoscenza della fenologia delle piante (coltivate e spontanee) è strumento indispensabile per la realizzazione di previsioni sulle ripercussioni dei cambiamenti climatici sulle colture e per la definizione di strategie per ridurne gli

[22] http://www.cra-cma.it/iphen/

impatti. Il contributo della fenologia su questo tema è efficace se lo sviluppo stagionale delle colture viene registrato continuativamente per periodi sufficientemente lunghi, non inferiori a un decennio.

La migliore prassi, cioè il processo che è più efficace nel raggiungere l'obiettivo, in questo contesto, è quindi la realizzazione di una rete fenologica a livello nazionale, strutturata e stabile, costituita da almeno un giardino fenologico e una stazione agrofenologica per Regione, nonché la prosecuzione delle attività fenologiche attualmente in corso in Italia.

2.3 SISTEMI COLTURALI E IRRIGAZIONE

2.3.1 Strumenti per l'analisi quantitativa dell'impatto dei cambiamenti climatici

I fattori climatici da cui ci si attende un impatto, diretto o indiretto, sui sistemi colturali e sulle dinamiche del ciclo dei nutrienti sono principalmente l'innalzamento della concentrazione di CO_2, l'aumento delle temperature e la modifica del regime pluviometrico e l'aumento degli eventi estremi. Gli effetti dei singoli fattori sulle colture non sono indipendenti da altri fattori e in genere non sono lineari. Per esempio, l'aumento della concentrazione di CO_2 ha effetti diretti positivi sulla fotosintesi delle colture agrarie. Tuttavia, le colture con metabolismo C_3 (frumento, riso, erba medica, soia, ecc.)[23] rispondono meglio all'aumento delle concentrazioni di CO_2 rispetto alle C_4 (mais, sorgo ecc.) che sono capaci di mantenere alti i livelli di fotosintesi anche con basse concentrazioni di CO_2.

La risposta delle colture all'aumento della temperatura dipende dalla specie, dallo stadio fenologico, dal sistema colturale e dalle specifiche condizioni ambientali (es. precipitazioni) delle aree considerate. La temperatura ha effetti diretti su fotosintesi, respirazione, traspirazione delle colture e la loro suscettibilità ad attacchi di fitofagi e parassiti. Questi processi, a loro volta, sono condizionati da altri fattori che interagiscono con la temperatura, in alcuni casi amplificandone l'effetto (es. alte temperature e umidità), in altri attenuandolo (es. alte temperature e deficit idrico).

Le interazioni tra fattori climatici sono quindi più rilevanti degli effetti semplici e la loro valutazione dipende dalle specificità ambientali locali. Per esempio, un aumento della temperatura, oltre che sulle piante, ha effetti sulla mineralizzazione della sostanza organica nel suolo e quindi sulla sua fertilità chimica, fisica e biologica.

Per poter prevedere l'impatto dei cambiamenti climatici sui processi bio-fisici che controllano le dinamiche dei sistemi colturali, è necessario quindi disporre di strumenti adeguati, capaci di simulare almeno le principali interazioni tra fattori climatici, suolo, colture e pratiche agricole.

In questa prospettiva, l'analisi quantitativa dell'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali si basa sulla integrazione di sperimentazioni di campo e modelli matematici meccanicistici[24].

Ci sono tre principali gruppi di modelli deterministici che simulano lo sviluppo di una coltura:

1) modelli basati sull'assimilazione netta di CO_2, ottenuta come bilancio dall'assimilazione fotosintetica lorda e le perdite di respirazione e mantenimento (es. SUCROS e WOFOST). Il *time step* di questi modelli è tipicamente inferiore a 1 giorno;

[23] Le piante C_3 (es. frumento, riso, erba medica ecc.) sono generalmente (ma non esclusivamente) originarie di aree a clima temperato. Si chiamano C_3 poiché il primo composto organico della fotosintesi ha 3 atomi di carbonio (Sono in genere più tolleranti alle basse temperature e hanno una più ridotta efficienza d'uso dell'acqua rispetto alle piante con metabolismo C_4). Le piante C_4 (es. mais, sorgo) sono generalmente originarie di aree a clima tropicale. Si chiamano C_4 perché hanno sviluppato un sistema enzimatico (PEPcarbossilasi) in grado di assorbire la CO_2 con maggiore efficienza ad alte temperature e basse concentrazioni di CO_2, che si traduce in una maggiore efficienza d'uso dell'acqua.

[24] I modelli si possono classificare in empirici e meccanicistici. I primi predicono risultati (es. resa produttiva) con metodi tipicamente statistici (in genere attraverso regressioni dove le variabili indipendenti sono i dati meteorologici), non considerando quindi le dinamiche dei processi biofisici che li determinano. I modelli meccanicistici stimano i risultati sulla base di una quantificazione matematica dei diversi processi. Un modello empirico ha validità limitata all'intervallo dei valori di *input* e alle specifiche condizioni esplorate; un modello meccanicistico può avere applicabilità più ampia. I modelli empirici appaiono di conseguenza non appropriati per fare previsioni sull'impatto del cambiamento climatico sui sistemi colturali.

2) modelli basati sulla efficienza d'uso della radiazione (*Radiation Use Efficiency* - RUE) che basano l'assimilazione sulla conversione della radiazione in biomassa (es. modelli della "*CERES family*");
3) modelli basati sulla efficienza d'uso della traspirazione (*Transpiration Use Efficiency* - TUE), dove l'accumulo giornaliero di biomassa è calcolato giornalmente moltiplicando un coefficiente dato dal rapporto tra biomassa accumulabile e traspirazione (che può essere riferito a specie e varietà) per il deficit di saturazione atmosferico.

Vi sono poi modelli che utilizzano contemporaneamente più approcci. Ad esempio, il modello *Cropsyst* calcola l'accumulo di biomassa utilizzando, secondo il principio del fattore limitante, il valore più basso in assoluto dei dati ottenuti con l'approccio 2 e l'approccio 3.

I modelli di sistema colturale sono in grado di simulare gli effetti di acqua, nutrienti e gestione agronomica sullo sviluppo e crescita delle colture e sulle dinamiche di percolazione e lisciviazione.

I *framework* di modellazione più recenti hanno carattere modulare e offrono la possibilità di analizzare più processi in alternativa tra loro, in modo da affrontare i diversi problemi con le tecniche di modellazione più appropriate ai dati disponibili. Un esempio di tale modularità è proposto dalla tecnologia a componenti *software* proposta dal progetto FP6 SEAMLESS[25] e dal sistema DSSAT[26].

L'evoluzione più recente dei modelli di simulazione ha seguito tre direzioni:

1) sviluppo di sistemi modulari capaci di integrare rapidamente nuova conoscenza scientifica nei modelli già esistenti;
2) modellistica orientata all'analisi dell'intero agroecosistema, inclusi aspetti di gestione dei mezzi tecnici e simulazione a scala aziendale e territoriale, anche attraverso Sistemi Informativi Geografici (*Geographic Information System* - GIS);
3) integrazione di modelli con dati provenienti da telerilevamento, con procedure di *Forcing* o di *Assimilation*, e di *data base* di tipo territoriale (es. carte dei suoli, meteorologia ecc).

Un modello dovrebbe idealmente funzionare con pochi *input* relativi alla pianta (es durata in somme termiche delle fenofasi) e con parametri di *default*. Per simulare bene le relazioni acqua-pianta-atmosfera, è fondamentale disporre di dati meteorologici giornalieri di precipitazione, radiazione, temperatura massima e minima, velocità del vento e umidità relativa max e min, sulla base dei quali si calcola l'evapotraspirazione di riferimento (ETo). Per quanto riguarda le relazioni acqua-suolo-pianta, assumendo assenza di interferenze con la falda acquifera, può essere sufficiente un approccio "*cascading*", basato sulla stima della capacità di ritenzione idrica dei suoli (capacità di campo e punto di appassimento) attraverso funzioni "*pedo-transfer*", per le quali sono sufficienti pochi parametri analitici (tessitura, contenuto di sostanza organica). Approcci più complessi, come quelli basati sulla soluzione dell'equazione di Richards, o la quantificazione della macroporosità, forniscono risultati migliori, ma implicano la disponibilità di misure sito specifiche.

I modelli di sistema colturale rappresentano lo stato dell'arte della conoscenza di un dato sistema. Tuttavia spesso includono semplificazioni nella definizione dei processi, come ad esempio su fattori biotici (malerbe fitofagi e parassiti) e sulla dinamica di ruscellamento superficiale e erosione. Anche i modelli più complessi hanno un certo livello di empirismo e quindi non esiste al momento un modello universale. L'uso del modello richiede quindi la cosiddetta parametrizzazione, che implica l'acquisizione di dati da sperimentazioni agronomiche in campo, soprattutto di lunga durata.

Le capacità operative del modello devono essere definite e comprese prima di passare alla fase applicativa. È sempre necessario essere pienamente consapevoli delle limitazioni dei singoli modelli per evitare di utilizzarli in ambiti al di fuori di quelli per cui sono stati creati.

La scarsa diffusione di moduli *software* realmente riutilizzabili limita la possibilità di costruire un sistema che permetta di combinare insieme componenti di modelli sviluppati per scopi differenti.

I modelli hanno notevoli potenzialità di applicazione in ambito scientifico e tecnico. Lo sviluppo del modello permette indirettamente di finalizzare la sperimentazione di campo e di individuare le lacune di conoscenza relative a parti del sistema i cui meccanismi non sono del tutto chiari.

[25] http://www.seamless-ip.org/

[26] http://www.icasa.net/dssat/

La corretta applicazione dei modelli permette una valutazione quantitativa della produzione colturale, del bilancio idrico e della dinamica dei nutrienti. Se opportunamente calibrati e parametrizzati, essi permettono di analizzare anche situazioni mai sperimentate e di ipotizzare effetti a lungo termine, per le quali è comunque necessaria una puntuale verifica sperimentale.

La combinazione di modelli di simulazione, piattaforme GIS e generatori climatici, permette di valutare una gamma di possibili opzioni e scenari utili a supportare la riflessione e le decisioni di decisori politici e agricoltori coerenti con obiettivi di mitigazione ed adattamento ai cambiamenti climatici.

I modelli matematici per la simulazione dei sistemi colturali sono stati prevalentemente impiegati in ambito tecnico-scientifico e raramente come *decision support system* per il supporto a decisioni politiche o a scelte agronomiche. Più recentemente, sono stati sviluppati *framework* concettuali per l'analisi di sistemi complessi nell'ambito dei quali i modelli matematici vengono impiegati come strumenti di riflessione (*tools for thinking*) e di facilitazione del dialogo tra portatori di interesse intorno a questioni complesse. Ad esempio, è possibile utilizzare i modelli per illustrare l'impatto atteso da diverse opzioni di adattamento dei sistemi colturali al cambiamento climatico, in sessioni interattive nelle quali i ricercatori svolgono il ruolo di facilitatori e di esperti e gli agricoltori portano la loro esperienza per valutare la fattibilità delle diverse opzioni. Questo tipo di applicazione implica la condivisione del quadro teorico di riferimento tra ricercatori e decisori, in modo da conformare gli strumenti tipici dei ricercatori ai modelli concettuali più diffusi e utilizzati da parte dei decisori, siano essi politici o attori sociali.

2.3.2 Analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sul bilancio idrico e la produttività

Il territorio italiano presenta punti di forza, ma anche di fragilità in virtù della sua posizione geografica protesa nel bacino mediterraneo, dell'abbondante porzione di territorio montuosa e collinare, dei corsi d'acqua relativamente brevi e spesso a carattere torrentizio, dei fisiologici periodi siccitosi e di concentrazione stagionale delle piogge. Tali aspetti, in un contesto di marcate anomalie climatiche (in particolare di minori apporti piovosi), accresciuta pressione antropica e cambiamenti dell'uso del suolo, minacciano la fruibilità e la disponibilità di alcune risorse naturali come l'acqua ed il suolo. Da un raffronto climatico fra i periodi 1961-1990 e 1971-2000 (Tabella 2.5), si può evincere come in Italia sia peggiorato l'indice di aridità (IA - il rapporto fra l'apporto piovoso medio annuo, P, ed il flusso evapotraspirativo potenziale medio annuo ET_0): nel primo periodo l'indice è caratterizzato nel complesso da una sostanziale parità fra piogge ed evapotraspirazione (IA nazionale=0,99), mentre successivamente le variazioni dell'indice a livello nazionale (IA=0,93) e di singola regione, mostrano un generale disequilibrio dovuto in parte alla diminuzione delle piogge ed in parte all'aumento delle temperature cui si deve, in proporzione, l'aumento delle richieste evapotraspirative. In Italia, sia la disponibilità, sia la capacità di rinnovo delle risorse idriche dipendono dalle precipitazioni atmosferiche. A fronte di una piovosità media annua di mm 765 (cfr. paragrafo "Clima"), nel complesso l'apporto di acqua per l'intera superficie nazionale ammonta a circa 231 bilioni di metri cubi. Di tale quantità d'acqua, la quota parte che alimenta i corpi idrici e le riserve naturali e/o artificiali viene utilizzata anche per scopi irrigui al fine di sopperire alle esigenze colturali nei mesi più secchi. Considerando la durata della stagione irrigua da aprile a settembre, utilizzando le statistiche AGRIT 2008 relative alle superfici coltivate (aggregate per 4 macro-raggruppamenti: cereali estivi, colture industriali-ortive, foraggere avvicendate e legnose agrarie) e i dati meteo climatici (periodo 1971-2000), sono stati stimati i volumi d'acqua necessari a soddisfare i deficit pluviometrici per le singole regioni e quello nazionale (Tabella 2.6), quindi la quantità d'acqua necessaria ad integrare le precipitazioni piovose del periodo primaverile-estivo attraverso la pratica irrigua.

Regioni	Indice di Aridità (valore medio annuale)		
	1961-1990	1971-2000	variaz. %
Abruzzo	0.92	0.86	-7.0
Basilicata	0.70	0.68	-2.6
Calabria	0.81	0.76	-5.4
Campania	0.95	0.88	-8.2
Emilia Romagna	1.07	1.03	-4.1
Friuli Venezia Giulia	1.90	1.61	-15.3
Lazio	1.01	0.95	-6.2
Liguria	1.04	0.98	-5.5
Lombardia	1.40	1.34	-4.9
Marche	0.99	0.95	-4.2
Molise	0.84	0.77	-8.5
Piemonte	1.33	1.27	-4.2
Puglia	0.58	0.56	-2.5
Sardegna	0.54	0.49	-8.9
Sicilia	0.51	0.51	-0.1
Toscana	1.08	0.99	-7.9
Trentino Alto Adige	1.47	1.42	-3.3
Umbria	1.00	0.94	-5.5
Valle d'Aosta	1.59	1.56	-1.8
Veneto	1.34	1.26	-6.3
ITALIA	0.99	0.93	-5.9

Tab. 2.5 – Valori medi regionali dell'Indice di Aridità e variazione fra i due periodi considerati (Elaborazione CRA-CMA su dati SIAN).

Regioni	Deficit pluviometrico climatico potenziale (Apr. - Sett.) (m^3 x 1000)			
	Cereali	Colt. Industr. e ortive	Foraggere awicend.	Legnose agrarie
Abruzzo	5,162	49,811	217,793	143,656
Basilicata	3,852	39,015	47,935	154,782
Calabria	29,963	27,997	89,122	737,217
Campania	31,302	91,015	438,983	412,394
Emilia Romagna	286,876	227,471	651,007	115,894
Friuli Venezia Giulia	28,160	5,552	2,315	0
Lazio	72,511	79,359	368,176	313,255
Liguria	1,122	2,289	9,265	15,003
Lombardia	212,964	23,146	123,669	0
Marche	29,794	126,206	252,404	37,590
Molise	9,662	48,785	160,139	55,394
Piemonte	159,903	12,362	101,398	13,078
Puglia	1,050	403,989	10,760	1,937,864
Sardegna	31,625	77,918	154,214	306,286
Sicilia	7,968	134,961	173,451	1,808,365
Toscana	57,050	99,430	221,870	260,071
Trentino Alto Adige	88	132	13	0
Umbria	47,672	64,496	143,270	54,722
Valle d'Aosta	8	0	349	0
Veneto	283,897	96,354	68,201	0
ITALIA	1,300,630	1,610,287	3,234,338	6,365,568

Tab. 2.6 – Deficit pluviometrico climatico cumulato da Aprile a Settembre (Elaborazione CRA-CMA su dati SIAN e AGRIT).

Un aumento di temperatura potrebbe favorire un allungamento della stagione di crescita delle colture a ciclo indeterminato e con esigenze termiche elevate (es. pomodoro e soia), mentre per altre colture (es. frumento duro) l'aumento delle temperature potrebbe accelerare lo sviluppo riducendo la produttività. Nelle aree in cui le basse temperature sono un fattore limitante, il loro incremento potrà determinare una maggiore durata del periodo favorevole ai processi di crescita e sviluppo, e favorire l'utilizzo di varietà più tardive caratterizzate da maggiore produttività.

La conoscenza scientifica sugli impatti è, al momento, estremamente diversificata, frammentaria e, talvolta, contraddittoria. Nonostante gli scenari climatici più moderati prevedano, specialmente in alcune aree del Nord Europa, piccoli incrementi della produttività delle colture, esiste un generale consenso sul fatto che gli attuali sistemi agrari di tutte le nazioni europee verranno ad essere negativamente influenzati nel lungo periodo dai cambiamenti climatici (AEA, 2007). Nei paesi dell'Europa meridionale, le più alte temperature e la riduzione delle precipitazioni potrebbero portare ad un peggioramento della marginalità di molti sistemi agrari in regioni già vulnerabili alla variabilità climatica. In queste condizioni, la produttività delle colture verrebbe negativamente influenzata (tabella 2.7) dalla ridotta disponibilità di acqua irrigua e da intensi stress termici, (Alcamo *et al.*, 2007; Giannakopoulos *et al.*, 2009).

Impatto	Direzione del cambiamento (livello di confidenza)
Idrogeologia	Incremento di frequenza ed intensità delle inondazioni (alto)
Disponibilità acqua	Riduzione della disponibilità e aumento della domanda (alto)
Produttività colture	Generale decremento fino al 40% con le attuali strategie produttive (alto)
Resa mais	Riduzione delle rese (medio)
Resa vite	Generale incremento delle rese (medio)
Sistemi colturali cerealicoli estensivi	Incremento della salinità dei suoli (basso)

Tabella 2.7 – Possibili impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi agrari nelle regioni del bacino del mediterraneo. Modificato da AEA, 2007

L'impatto del cambiamento climatico sul bilancio idrico sarà strettamente dipendente dalle condizioni sito-specifiche e dalle proiezioni del regime pluviometrico degli scenari futuri.

Da uno studio condotto a Foggia è emerso che le rese di frumento, utilizzando le agrotecniche odierne, potrebbero diminuire fino al 50% per effetto dei cambiamenti climatici (Tubiello *et al.*, 2000). Nei sistemi colturali di collina delle Marche le rese del girasole potrebbero aumentare del 10% nei prossimi 30 anni a fronte di un incremento del 20% delle acque percolate, per effetto dell'aumento delle precipitazioni nel periodo autunno primaverile (De Sanctis *et al.*, 2008).

Sulla base degli output dei modelli come quelli appena illustrati, è possibile definire opzioni di adattamento che possono indirizzare gli investimenti nella ricerca, nelle misure di politica agraria o nelle scelte agronomiche degli agricoltori. Ad esempio, nelle aree irrigue si potranno valutare le implicazioni infrastrutturali legate all'aumento dei fabbisogni idrici delle colture nei periodi di maggiore richiesta; nelle aree asciutte occorrerà ricorrere a nuove pratiche colturali (es. scelta varietale, epoca di semina ecc.) capaci di utilizzare con maggiore efficienza acqua e nutrienti rispetto al nuovo regime climatico.

2.3.3 Analisi dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla dinamica della fertilità del suolo e dei cicli del C e dell'N

Uno degli aspetti di maggiore incertezza relativamente all'agroecosistema riguarda l'impatto dei cambiamenti climatici sulla dinamica di lungo termine della sostanza organica nel suolo, che rappresenta il più importante indicatore di fertilità agronomica. La temperatura e il regime di umidità influenzano contemporaneamente diversi processi che regolano gli apporti e la mineralizzazione della sostanza organica nel terreno. I recenti investimenti nella ricerca scientifica sui cambiamenti climatici, hanno aperto nuovi orizzonti che potrebbero avere nei prossimi anni importanti risvolti applicativi in agricoltura. L'applicazione di sofisticate tecnologie analitiche come l'analisi di campioni di suolo indisturbati con NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*), ha dimostrato la grande importanza della complessa disposizione spaziale delle molecole organiche nel suolo rispetto alla loro natura chimica.

I modelli matematici simulano le dinamiche della sostanza organica attraverso la sua scomposizione in frazioni bio-funzionali in funzione del tempo di *turnover* atteso: stabile (millenni), labile (mesi) e mediamente labile (anni) che non corrispondono ad estratti chimici determinati analiticamente, ma che hanno un buon livello di corrispondenza con le osservazioni sperimentali derivanti dalle sperimentazioni di lunga durata o da cronosequenze[27].

La combinazione di sperimentazioni di lunga durata e modelli matematici permette di valutare con un buon grado di precisione le possibili conseguenze nel lungo periodo dei cambiamenti climatici sulla sostanza organica nel suolo. Queste valutazioni sono particolarmente importanti nelle aree umide e fredde, dove un innalzamento della temperatura potrebbe determinare un pericoloso *feedback* positivo di emissione di CO_2 dal suolo per effetto dell'aumento di mineralizzazione della sostanza organica nei periodi con gelate. Non bisogna però dimenticare che le zone aride, dove il contenuto di sostanza organica è tipicamente basso, occupano vaste zone in ambiente mediterraneo, tropicale e subtropicale e che un ulteriore perdita di C organico dal suolo potrebbe determinare gravi fenomeni di degrado e desertificazione.

[27] Per cronosequenza in questo caso si intende il confronto, in ambienti simili, del contenuto di sostanza organica corrispondente a diversi usi del suolo (es. foresta, pascolo, seminativo) in ambienti caratterizzati dalla medesima potenzialità ecologica (matrice del suolo, clima).

La dinamica della sostanza organica nei seminativi è fortemente condizionata dal sistema colturale e dalla sua interazione con il clima. In particolare, le modalità di lavorazione del suolo e di gestione dei residui colturali, la tipologia di coltura, l'entità della concimazione e il tipo di fertilizzante impiegato e le modalità di avvicendamento sono i fattori maggiormente implicati in queste dinamiche. In uno studio sull'impatto dei cambiamenti climatici e dei sistemi colturali condotto nel nord-est dell'Italia, Lugato e Berti (2008) hanno stimato un maggiore sequestro di carbonio nel medio periodo con la fertilizzazione organica rispetto alla lavorazione ridotta in sistemi cerealicolo-zootecnici intensivi, mentre l'effetto dei cambiamenti climatici risultava meno rilevante rispetto alle pratiche agronomiche. Questo risultato è stato riscontrato anche in agroecosistemi semi-aridi mediterranei da Álvaro-Fuentes e Paustian (2010).

A livello nazionale, in particolare nel centro-nord, sono presenti diversi siti sperimentali di lunga durata che permettono di fare valutazioni quantitative degli effetti combinati di diversi fattori agronomici, ma limitatamente alle varianti sperimentali considerate nei singoli siti. Per questo motivo, lo sviluppo di adeguati strumenti di simulazione è indispensabile per valutare quantitativamente l'impatto del clima e delle pratiche agronomiche sulle dinamiche di lungo termine della fertilità del suolo.

2.3.4 Nuove modalità di trasferimento e co-creazione della conoscenza

I cambiamenti climatici sono considerati già in atto e pertanto, a livello normativo, istituzionale e accademico, sempre maggiore enfasi viene attribuita alla necessità di individuare strategie di adattamento da associare a forme di mitigazione. La politica di sviluppo rurale 2014-2020 e, specificatamente, l'*Health Check* della PAC, prevede rilevanti finanziamenti per supportare prevalentemente strategie di mitigazione dei cambiamenti climatici (http://ec.europa.eu/agriculture/healthcheck/index_en.htm). Il tradizionale modello di attuazione delle politiche, basato sul paradigma "comando e controllo", in cui si assume che i problemi abbiano contorni ben definiti e che le azioni programmate dalle misure siano efficaci e facilmente valutabili, ha dimostrato scarsa efficienza ed efficacia, oltre che lentezza nel rispondere ai cambiamenti necessari per adattarsi. In questo contesto, efficaci strategie di adattamento ai cambiamenti climatici e ad altri cambiamenti ambientali, implicano una revisione del paradigma di attuazione delle politiche, orientate a catalizzare e supportare la capacità adattativa dei sistemi agrari. I sistemi agrari, se intesi come "sistemi di innovazione", cambiano e si adattano continuamente per effetto di processi di apprendimento tra diversi attori in uno specifico contesto ambientale, dai quali emergano non tanto nuove tecnologie o nuovi strumenti tecnici, quanto nuovi assetti istituzionali e organizzativi. Questa connotazione dei sistemi agrari rientra nell'ambito di un quadro teorico di riferimento detto *Agricultural Innovation Systems* (AIS), sviluppatosi nell'ultimo decennio, che pone l'accento su nuove modalità di trasferimento delle conoscenze e di co-creazione di conoscenza tra i portatori di interesse, che ha importanti implicazioni sulle strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici (tabella 2.8).

Elementi *framework AIS*	**Implicazioni**
Capacità di auto-organizzazione dei sistemi	Identificazione di linee guida da parte dei decisori. Istituzionalizzazione di figure professionali (*broker*) che facciano da interfaccia tra decisori, esperti e attori locali (es. agricoltori) e che facilitino l'apprendimento sociale attraverso il quale concertare le strategie di mitigazione e adattamento più efficaci a scala locale.
Sito-specificità	Investimenti per la creazione di reti di monitoraggio degli agroecosistemi a scala adeguata (es. di sotto-bacino imbrifero). Coinvolgimento degli attori locali nella creazione e nella gestione delle reti di monitoraggio al fine di aumentarne la sensibilità e la capacità di comprensione del sistema (*experiential learning*)
Strategie di breve periodo	autonomie a livello locale es. cambiamento tecnica colturale, favorire l'utilizzo di strumenti per il monitoraggio dell'umidità del suolo e modelli per il bilancio idrico a scala aziendale, promozione di strumenti di allerta precoce
Investimenti di lungo periodo	Investimento in *network* permanenti costituti da decisori, esperti, attori locali e *broker*, il cui carattere di continuità possa garantire una maggiore capacità di affrontare le emergenze ma anche di progettare a lungo termine.
Uso creativo delle conoscenze	Riconoscimento della dimensione non solo tecnologica, ma anche istituzionale, economica e sociale dei sistemi agrari e quindi sulla necessità di investire sulla facilitazione dei flussi di conoscenza attraverso modalità innovative di apprendimento attivo, cooperativo, basato sull'esperienza (*experiential learning*) e di interazione partecipativa. Alcuni esempi operativi: - Uso dei modelli matematici anche come strumenti di riflessione (*tools for thinking*) e non solo come strumenti di supporto alle decisioni - Condivisione creativa delle conoscenze scientifiche in un contesto locale, di cui esistono esempi anche a livello nazionale[28]

Tabella 2.8 – Elementi e implicazioni del quadro teorico di riferimento "*Agricultural Innovation System* (AIS)"

2.3.5 SISTEMI COLTURALI E IRRIGAZIONE: considerazioni per azioni operative

Ai fini della programmazione e valutazione delle misure agroambientali, come per la progettazione di efficaci strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, appare fondamentale avvalersi di reti di monitoraggio agro-ambientale integrate con appropriati strumenti di valutazione. Questo approccio permetterebbe di valutare quantitativamente gli impatti attesi e di individuare azioni efficaci per la salvaguardia delle risorse ambientali tenendo conto delle specificità ambientali locali (es. condizionalità e misure agroambientali tenendo presente che nella condizionalità la scelta dovrà cadere obbligatoriamente sulle misure già esistenti, mentre nell'ambito agro ambientale è possibile anche prevederne di nuove).

La progettazione ed attuazione di un efficace sistema di monitoraggio e valutazione ha implicazioni sugli investimenti strutturali e sull'organizzazione e sulla formazione delle figure professionali che dovranno curare l'attuazione.

Dal punto di vista strutturale, occorre in gran parte riconfigurare le attività di organizzazioni già esistenti in molte regioni (es. servizi agrometeo, osservatori, servizi di assistenza tecnica), che spesso svolgono le loro attività in maniera poco coordinata a livello nazionale.

Dal punto di vista organizzativo, occorrerebbe mettere in rete le diverse azioni di monitoraggio e progettarne delle nuove, in modo da rendere possibile l'integrazione di informazioni raccolte da enti diversi già presenti sul territorio per renderle più facilmente fruibili da chi è chiamato ad attuare e valutare le misure agroambientali.

La formazione di figure professionali dedicate alla gestione della rete di monitoraggio e valutazione, prevede lo sviluppo di competenze specifiche nel campo della modellistica, della gestione dei sistemi informativi territoriali e della comunicazione.

[6] http://www.bottecilindro.it/bottecilindro/?page_id=845

In tutti e tre gli ambiti sopra indicati è possibile progettare azioni di lungo (es. formazione continua) e di breve periodo (es. dotazioni strumentali). A titolo esemplificativo si riporta il caso della gestione dell'acqua di irrigazione, che fa spesso capo a organismi di gestione consortili che svolgono la loro attività in contesti politico istituzionali diversificati nelle varie regioni. I casi di buona pratica, frequentemente riscontrabili in diverse regioni italiane, fanno riferimento a situazioni virtuose nelle quali l'efficiente gestione amministrativa si è realizzata in un quadro istituzionale che ha lasciato un elevato livello di autonomia locale. Il coinvolgimento dell'utenza nel definire il punto di incontro tra domanda e offerta d'acqua, accompagnato dall'assunzione trasparente di responsabilità a diversi livelli (es. a livello di programmazione della quantità e qualità della risorsa disponibile, di gestione efficiente della distribuzione, di efficiente impiego a scala di campo), rappresenta un altro ingrediente essenziale.

A scala aziendale, per migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua occorrono competenze tecniche in campo agronomico (formazione), informazioni di base (es. meteo dai servizi agrometeorologici, caratteristiche dei suoli), strumenti che localmente permettano di dimensionare i volumi irrigui con precisione al fine di evitare sprechi e lisciviazione di nutrienti o *stress* alle colture. Un'indicazione operativa in questa direzione implica pertanto l'investimento su servizi di supporto a scala regionale o provinciale accessibili liberamente via *web* (es. carta dei suoli, servizio agrometeo), formazione degli agricoltori e dotazione aziendale di strumentazioni tecniche di monitoraggio (es. stazione meteo a basso costo, strumenti per la quantificazione dei volumi irrigui) e adeguata infrastrutturazione (es. possibilità di pagare l'acqua in base a quanto effettivamente consumato). Queste azioni contribuirebbero a migliorare la capacità di adattamento ai cambiamenti ambientali sotto vari aspetti:

- miglioramento della percezione dei consumi idrici da parte degli agricoltori e delle loro capacità tecniche, anche in un'ottica di contributo diretto degli agricoltori al monitoraggio diffuso del bilancio dell'acqua a scala territoriale;
- miglioramento dell'efficienza di gestione dell'acqua da parte delle strutture di gestione a livello consortile;
- definizione di un più equo prezzo dell'acqua a livello consortile.

Un esempio concreto sviluppato nell'ambito del progetto Agroscenari riguarda l'irrigazione nella bonifica di Arborea (OR), un'area ad elevata intensità di allevamento bovino da latte, classificata come Zona Vulnerabile ai Nitrati (ZVN) dove è diffusa la coltivazione di silomais avvicendato con loiessa in doppio ciclo colturale, in un contesto di suoli molto sabbiosi con falda relativamente superficiale. Attualmente l'acqua irrigua viene tariffata dal consorzio di bonifica a "ettaro-coltura" e i fabbisogni idrici delle colture non vengono monitorati. I primi risultati sul bilancio idrico del sistema colturale realizzati nell'ambito del progetto indicano l'impiego di volumi di adacquamento spesso sovradimensionati, tanto che il *surplus* idrico estivo arriva talvolta a superare il naturale *surplus* idrico invernale, con conseguente lisciviazione di nitrati e altri nutrienti. È stato stimato che una migliore gestione dell'acqua potrebbe contribuire alla riduzione della lisciviazione da nitrati più di quanto non lo si ottenga per effetto della attuazione delle restrizioni imposte dalla (ZVN). Data l'elevata capacità professionale degli allevatori di questo comprensorio, non sarebbe difficile in questo contesto dotare le aziende di strumenti atti a monitorare il bilancio idrico (es. *software* a supporto della gestione irrigua, informazioni via *web* sui fabbisogni idrici delle colture e strumenti per il monitoraggio dell'umidità del suolo, elettrovalvole comandate a distanza dal consorzio di bonifica e contatori elettronici per misurare il quantitativo di acqua consumato a livello aziendale) attraverso i quali poter migliorare l'efficienza d'uso dell'acqua irrigua e ridurre i costi di approvvigionamento per le aziende. Simili provvedimenti contribuirebbero a fronteggiare con maggiore sicurezza situazioni di scarsa disponibilità irrigua, aumentare la disponibilità di acqua e ridurre l'inquinamento delle falde acquifere.

Questo tipo di intervento presupporrebbe una progettazione che coinvolga direttamente, per esempio attraverso la locale cooperativa produttori, gli agricoltori, il consorzio di bonifica e gli enti strumentali competenti dell'amministrazione regionale, nella definizione dei Piani di azione delle ZVN. L'attuazione delle misure agroambientali del Programma di Sviluppo Rurale (PSR) potrebbe contribuire a migliorare le dotazioni aziendali. La gestione professionale ed imparziale dell'interfaccia tra i diversi attori del sistema appare particolarmente strategica, come pure un adeguato investimento in ricerca scientifica, al fine di calibrare gli strumenti di monitoraggio e simulazione nello specifico contesto locale. In questo senso, forme anche creative di comunicazione tra i diversi attori del sistema di gestione dell'acqua possono contribuire a ridurre conflitti e sprechi.

2.4 SUOLO

2.4.1 Risorse naturali rinnovabili e qualità dei suoli

Per il nostro Paese, le conseguenze più temute del cambiamento climatico sono principalmente individuate nella riduzione delle precipitazioni piovose e dal fitto susseguirsi di eventi estremi (ad es. piogge intense, periodi siccitosi, ondate di calore, etc.). Eventi, cioè, che sempre più di frequente mettono a repentaglio la salute (o la vita) umana, l'assetto idrogeologico del territorio, la sicurezza dei trasporti e le attività produttive. Per l'agricoltura, più in particolare, la minore disponibilità d'acqua, le temperature più elevate, i maggiori tassi di evapotraspirazione, i fenomeni erosivi, etc., parrebbero prospettare una generale riduzione della fertilità dei suoli con grave pregiudizio della convenienza economica della attività agricola stessa, soprattutto per quanto riguarda le produzioni intensive con sfruttamento di suolo, acqua e impiego di presìdi colturali ben al di sopra delle soglie di sostenibilità ambientale. In tal senso, il cambiamento climatico, associato ad altri fattori geo-bio-fisici nonché a vari fattori socio-economici, può determinare una maggiore predisposizione del territorio verso i processi di degradazione delle terre (il cui stadio finale è la desertificazione). In Italia, tuttavia, a parte poche e circoscritte aree presenti nel Mezzogiorno e nelle isole, non si riscontrano casi conclamati di desertificazione quanto, piuttosto, una vulnerabilità più o meno accentuata a tali processi di degrado. Sulla base di un sistema di valutazione convenzionale basato sull'*Environment Sensitive Areas Index* (ESAI), il territorio italiano è stato classificato in funzione della sua vulnerabilità ai processi di desertificazione come esposto in Tabella 2.9.

Superfici vulnerabili ai processi di desertificazione (Km^2)						
Environment Sensitive Areas Index - periodo di riferimento 1971-2000						
Regione	Non soggetta	Potenziale	Fragile	Critica	Molto critica	Non valutabile
Abruzzo	549	3322	3002	2651	685	620
Basilicata	212	1886	2130	3138	2440	265
Calabria	1619	4994	4091	2845	943	727
Campania	1032	3566	3992	3000	1052	1024
Emilia Romagna	413	4158	7313	7348	1058	1831
Friuli Venezia Giulia	845	1076	1655	1716	52	2515
Lazio	1550	4153	6078	3092	726	1626
Liguria	799	1897	934	255	71	1453
Lombardia	1791	3543	6528	4289	60	7653
Marche	315	1825	2955	3055	1101	476
Molise	108	790	904	1440	1131	86
Piemonte	2975	5551	7680	3005	460	5726
Puglia	110	3592	3497	8048	3018	1271
Sardegna	2	1665	7131	7272	4604	3400
Sicilia	122	946	4491	6965	11082	2218
Toscana	901	7933	7512	4022	1293	1328
Trentino Alto Adige	3440	4384	1653	284	8	3838
Umbria	332	2408	2245	2265	741	474
Valle d'Aosta	601	800	407	92	0	1358
Veneto	938	1187	6628	2757	32	6880
ITALIA	18654	59676	80826	67539	30557	44770
ITALIA %	6.2	19.8	26.8	22.4	10.1	14.8

Tabella 2.9 – Superfici di territorio (Km^2) classificate con metodologia ESAI afferenti a varie gradi di vulnerabilità ai processi di degrado dei suoli e desertificazione.

Fonte: Elaborazione CRA-CMA

La necessità di proteggere il suolo è oggi riconosciuta sia a livello internazionale che di Unione europea. A partire dal *summit* di Rio de Janeiro (1992) e con la successiva Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la desertificazione (*United Nation Convention to Combact Desertification* - UNCCD, 1994), si è affermata la necessità di prevenire il degrado del territorio e di recuperare i terreni degradati e interessati da processi di desertificazione definiti come "degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause, fra le quali le variazioni climatiche e le attività umane".

Nel 2002 la Commissione europea ha adottato la Comunicazione COM(2002)179 "Verso una Strategia Tematica per la Protezione del Suolo" e nel 2006 ha elaborato la Proposta di Direttiva Quadro per la Protezione del Suolo (*Soil Framework Directive*) COM(2006)232def.

In tali documenti il suolo viene definito come "risorsa essenzialmente non rinnovabile", ne vengono individuate le funzioni (produzione di biomassa, stoccaggio e trasformazione di elementi minerali, organici ed energia, funzione di filtro, di riserva di patrimonio genetico, fonte di materie prime, custode di memoria storica, supporto alla vita e agli ecosistemi, elemento del paesaggio), e le principali minacce a tali funzioni (erosione, diminuzione di sostanza organica, contaminazione locale e diffusa, impermeabilizzazione, compattamento, diminuzione della biodiversità, salinizzazione, frane e inondazioni).

In Italia, la necessità di prevenire e contrastare il degrado delle terre è tanto più pressante non solo a causa dell'alta variabilità dell'ambiente, ma anche per la presenza di molti tipi di suolo caratterizzati da vulnerabilità senza dubbio più elevata rispetto agli altri Paesi Europei (Pagliai, 2009). Lo stato qualitativo dei suoli italiani è in genere poco conosciuto, sebbene vi sia la percezione che un deterioramento si sia verificato negli scorsi decenni.

L'erosione rappresenta il principale aspetto della degradazione del suolo. Più del 75% del territorio nazionale è soggetto a rischio di erosione accelerata (Van der Knijff et al., 1999) a causa della elevata energia di rilievo, a cui talvolta si associano pratiche gestionali non conservative. La conservazione del suolo e della risorsa idrica sono intimamente correlate. L'erosione causa infatti un progressivo assottigliamento del suolo, ne compromette la capacità produttiva e, provocando la diminuzione della capacità di ritenzione idrica, ne pregiudica la possibilità di adattarsi a mutati regimi pluviometrici.

Anche la diminuzione della sostanza organica, responsabile del peggioramento delle caratteristiche strutturali del terreno, è il risultato dell'intensificazione dei processi produttivi degli ultimi decenni; tale diminuzione non interessa soltanto i suoli delle regioni meridionali e insulari, ma anche molte aree del centro Italia e della Pianura Padana. Se è infatti vero che negli ambienti naturali la quantità di carbonio organico nel suolo è prevalentemente funzione del clima, nelle aree agricole è fortemente controllata dalle pratiche gestionali. In Italia i suoli a seminativo (principalmente cereali) sono quelli che presentano i più bassi contenuti di sostanza organica, seguiti dai suoli a vigneto e oliveto. Negli ultimi trenta anni la quantità di sostanza organica nel suolo è in generale diminuita nei suoli agrari, e i livelli di criticità (< 1,7% di s.o.) raggiunti in alcune aree del Paese, appaiono ancora più preoccupanti alla luce della prevista maggiore aggressività climatica (Costantini e L'Abate, 2007). Già oggi, infatti, in Italia il 21,3% dei suoli del territorio nazionale è a rischio di desertificazione (41,1% nel Centro e Sud Italia). In Italia la presenza di suoli con basso contenuto di sostanza organica è comunque in linea con quanto riportato da Zdruli et al. (1999) per i Paesi dell'area Mediterranea, nei quali il 74% dei suoli presenta contenuti di C organico inferiore al 2%.

La degradazione del suolo avvenuta negli ultimi 40 anni, ha inoltre provocato una diminuzione di circa il 30% della capacità di ritenzione idrica dei suoli agricoli, con conseguente riduzione dei tempi di ritorno degli eventi meteorici in grado di provocare eventi calamitosi (Pagliai, 2009).

Riguardo alla contaminazione diffusa del suolo, l'analisi della situazione nazionale effettuata tramite i dati raccolti dalle reti di monitoraggio delle acque sotterranee, ha evidenziato come i maggiori problemi di accumulo nel suolo e di percolazione nelle acque di falda di nutrienti e principi attivi da prodotti fitosanitari, si siano verificati con maggior frequenza nelle aree ad agricoltura intensiva.

Gli impatti sul suolo conseguenti all'incremento delle superfici urbanizzate o occupate da infrastrutture e reti di comunicazione sono evidentissimi, traducendosi in una perdita netta della risorsa, nella frammentazione delle superfici agrarie e nell'incremento della contaminazione diffusa di origine extra-agricola. Secondo i dati ISTAT (Istituto centrale di Statistica), nel quindicennio 1990-2005 il consumo di suolo in Italia è proseguito al ritmo medio di 244.000 ha/anno, per un totale di 3.663.000 ha edificati, di cui circa 2 milioni di ha su terreno a precedente uso agricolo. L'impermeabilizzazione di vaste superfici, soprattutto nelle pianure, riduce sensibilmente la capacità di accettazione

delle piogge da parte del suolo, con possibili effetti negativi in termini di creazione della riserva idrica, diminuzione dei tempi di corrivazione[29] e conseguente aumento del rischio idraulico.

Anche altri processi, meno devastanti ed immediatamente percepibili, ma molto diffusi a livello territoriale, stanno minacciando i suoli italiani. Fra questi il compattamento assume un ruolo importante in conseguenza sia del crescente impiego di macchinari agricoli pesanti che del limitato contenuto di sostanza organica dei suoli.

Il rischio di salinizzazione dei suoli è limitato essenzialmente alle regioni meridionali, dove maggiori sono i problemi correlati all'uso di acque irrigue di scarsa qualità; i dati disponibili suggeriscono però che nell'Italia meridionale l'irrigazione non sembra avere effetti sulla salinità dei suoli, fatta eccezione per quelli destinati alla produzione intensiva di colture ortive. L'irrigazione risulta comunque contribuire significativamente alla diminuzione del tenore di carbonio organico nei suoli in cui le pratiche colturali prevedono l'eliminazione della copertura erbacea (es., sarchiatura ed erpicatura sui filari) (Costantini e L'Abate, 2007).

Un ulteriore, poco percepito ma ugualmente importante, processo di degradazione dei suoli italiani è la perdita del loro valore culturale, accompagnato da diminuzione della pedo-diversità e dalla scomparsa dei paesaggi tradizionali. Tale processo è provocato principalmente dall'intensificazione colturale, praticata su suoli non adatti o con agrotecniche non appropriate, e procede parallelamente all'incremento del rischio idraulico e geomorfologico.

Le strategie di adattamento dovranno essere finalizzate sia a massimizzare l'accumulo di sostanza organica nel suolo che a evitare variazioni negli usi del suolo in grado di provocare un incremento dei processi di mineralizzazione. È inoltre utile sottolineare come la rimozione della CO_2 dall'atmosfera è soltanto uno dei benefici collegati all'incremento dello *stock* di C organico nei suoli agricoli e forestali. Ad esso si associano infatti sensibili miglioramenti nella qualità dei suoli stessi e delle acque, attraverso la diminuzione delle perdite di suolo e di nutrienti e l'aumento dei volumi di acqua infiltrata e immagazzinata.

Le decisioni in merito all'efficacia delle diverse possibili strategie di adattamento non possono comunque prescindere dalla valutazione dei benefici e, soprattutto, dei potenziali costi, diretti e indiretti che gli agricoltori saranno chiamati a sostenere nell'applicazione di differenti gestioni.

Nei sistemi agricoli la quantità di C accumulato nel suolo, e il periodo di tempo per cui vi rimane, dipendono in misura preponderante dalla gestione agronomica.

Fra le possibili concrete azioni operative, un ruolo di primo piano spetta ai decisori politici cui è demandata l'adozione di strumenti tecnici e finanziari a sostegno delle buone pratiche agricole che minimizzano o eliminano le lavorazioni (*conservation tillage*), prevedono avvicendamenti colturali e uso di colture intercalari (*cover cropping*), contemplano l'interramento dei residui colturali o il ricorso alla pacciamatura con materiale vegetale (*organic mulching*), ricorrono alla fertilizzazione organica e, più in generale, riducono l'intensificazione colturale e rispettano la vocazionalità dei suoli.

Allo stesso tempo però, va evidenziato come alcune fra le pratiche più comunemente proposte, e adottate, per favorire il sequestro del C (es: *no tillage*) comportino costi ambientali non immediatamente percepibili (*hidden costs*), la cui quantificazione è comunque necessaria al fine di individuare le strategie complessivamente più efficaci nel contrasto dei cambiamenti climatici.

Le tecniche di lavorazione ridotta del terreno, ad esempio, implicano in genere un maggior uso di diserbanti, la cui produzione e trasporto necessita di energia ottenuta da combustibili fossili, riducendo pertanto la quota netta di C sequestrato. Possono inoltre risultare più elevate le emissioni di altri gas serra, quali metano e ossido nitroso. Va sottolineata, infine, la necessità di prevedere, in un prossimo futuro, l'avvio di studi finalizzati a valutare con un approccio "olistico" le diverse opzioni gestionali del suolo, anche attraverso metodologie di analisi riconosciute a livello internazionale, quali la *Life Cycle Assessment* (LCA), capaci di determinare e quantificare l'insieme delle interazioni che un processo produttivo ha, in tutte le sue fasi, con l'ambiente.

[29] Tempo che occorre ad una generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura del bacino idrico in esame.

processi di degrado	**possibili rimedi/azioni**	**problematiche connesse**	**politiche**
Erosione	Tecniche tradizionali e moderne di coltivazione e conservazione dei suoli (controllo scorrimento e deflusssi)	costi elevati	ricerca, diffusione e incentivazione interventi (nuove tecniche e scelta *cover-crop*, meccanizzazione delle operazioni interessate)
Diminuzione sostanza organica	interramento residui colturali vegetali	usi competitivi (bioenergie)	ricerca, diffusione, e incentivazione interventi (meccanizzazione delle operazioni interessate, colture da sovescio e *cover-crop*); politiche coerenti su bioenergie
	apporto organico da reflui zootecnici	limiti spandimento liquami (direttiva nitrati)	monitoraggio e valutazione possibili deroghe in particolari ambiti (pedologici)
Contaminazione diffusa dei suoli	agricoltura a basso impatto ambientale: riduzione presidi fitosanitari	aumento costi variabili	incentivazione, assistenza tecnica
	riduzione nitrati da reflui zootecnici	elevati costi adeguamento impianti depurazione, realizzazione impianti biogas	incentivazione impianti depurazione/generazione biogas ricerca e diffusione su cover-crop per assorbimento nitrati
Artificializzazione	bonifica/riqualificazione/riuso aree interessate (anche agricole: vedi tunnel, serre dismesse, allevamenti senza terra)		pianificazione e regolamentazione urbanistica
Compattamento suoli	diminuzione carichi trattrici e mezzi agricoli in genere.	costi elevati	ricerca e diffusione (meccanizzazione, tecniche colturali), incentivazione rinnovo parco macchine ricerca e diffusione cover-crops
	tecniche di *minimum-no tillage*, semina su sodo		
	ricostituzione sostanza organica e aumento trafficabilità tramite *cover-crop*		
Salinizzazione	tecniche sub-irrigazione	costi elevati	incentivazione rinnovo sistemi irrigazione
Perdita pedo-diversità			
Abbandono aree coltivate	colture/usi agricoli alternativi		ricerca, diffusione, incentivazione alle alternative (in senso lato: scelte colture/usi alternativi, servizi/infrastrutture zone soggette, etc.)
Semplificazione e degrado del paesaggio agrario (in termini ecologici …)	conservazione, riqualificazione, ricostituzione elementi del paesaggio		incentivazione misure agro-ambientali, valorizzazione dello stesso paesaggio
(… e in termini culturali)	come sopra, per gli elementi culturali del paesaggio		

Tabella 2.9 bis. Relazioni tra processi di degrado (minacce alla funzionalità dei suoli), possibili azioni e politiche

2.4.2 Trafficabilità e lavorabilità dei suoli in condizioni di cambiamenti climatici

Il cambiamento climatico, associato a suoli con elevato contenuto di argilla e limo, suoli degradati, basso contenuto di sostanza organica e distribuzione critica delle piogge, comporta una riduzione del numero di giorni disponibili per l'esecuzione delle operazioni meccanizzate costringendo ad operare in condizioni di campo non ottimali a scapito della qualità del lavoro. Si avrà compattamento e adesività del terreno agli organi lavoranti in periodi piovosi ed elevata spesa energetica dovuta alla tenacità dei terreni in periodi estivi e siccitosi.

L'influenza del compattamento, dovuto al traffico del macchinario agricolo ed alle lavorazioni, sulla crescita e produzione della coltura dipende da complesse interazioni fra cui il tipo di suolo e le condizioni meteorologiche. Il contenuto idrico del suolo condiziona fortemente la scelta dell'epoca di esecuzione di ogni intervento colturale. Adeguati livelli di meccanizzazione agricola possono ridurre i tempi di lavoro così da permettere l'esecuzione delle operazioni agricole in un intervallo di tempo più breve, quando le condizioni di campo sono tali da permettere sia la trafficabilità che la lavorabilità del terreno agrario con il minor danno possibile, la maggiore precisione di esecuzione ed il minor costo energetico. La tempestività e la precisione delle operazioni migliora la qualità in quanto le operazioni possono essere effettuate nel momento ottimale.

Dai risultati ottenuti negli ultimi venti anni dalle svariate indagini e prove condotte in campo nel centro Italia sulle caratteristiche fisico-meccaniche del suolo è infatti emersa una condizione di elevata suscettibilità al compattamento dei suoli esaminati, e che potenzialmente il danno maggiore al suolo può avvenire durante le lavorazioni del terreno e durante la raccolta dei prodotti industriali (barbabietole da zucchero, patate, pomodori, fagiolini, piselli, nonché foraggio) a causa della elevata pressione al suolo indotta dagli elevati carichi sugli assali delle macchine raccoglitrici. Tale situazione si potrebbe migliorare con specifiche lavorazioni del terreno di tipo conservativo, con la diminuzione delle pressioni al suolo e con misure di tipo gestionale come la rotazione delle colture e la programmazione delle lavorazioni e del traffico del macchinario agricolo in funzione del contenuto idrico del suolo (Marsili e Servadio, 1996; Marsili et al., 1998; Servadio e Marsili, 1998; Servadio et al., 2001; Marsili e Servadio, 2002). L'uso di sistemi di lavorazione che riducono i tempi di esecuzione del lavoro fanno incrementare il numero di giorni disponibili per le operazioni meccanizzate e questo è particolarmente utile in regime di cambiamento climatico.

Fra i metodi per la gestione conservativa del suolo durante le lavorazioni ed il traffico del macchinario, va posta l'attenzione alle seguenti tecniche che possono fornire all'agricoltore sicurezza ed informazioni precise su come operare in campo per una gestione dell'azienda agraria più efficiente:

1. I sistemi informatici di monitoraggio e controllo equipaggianti il macchinario agricolo.

Per le macchine agricole sono sempre più richiesti maggiori livelli d'efficienza, sicurezza e affidabilità, buone prestazioni, elevate velocità di avanzamento e più in generale maggiore attenzione verso i problemi relativi all'interazione uomo-macchina-suolo. Sono oggi disponibili nuovi modelli di macchine motrici di medio-elevata potenza con applicazione di svariati dispositivi per migliorarne le prestazioni: sistemi informatici per la gestione delle funzioni di controllo delle macchine operatrici, trasmissione della potenza idro-meccanica (applicabile anche sulle operatrici) che assicura variazione continua di velocità d'avanzamento durante le operazioni di lavoro, applicazione di *hardware* e *software* disponibili (*Global Positioning System* - GPS, navigazione in campo, GIS) utili, oltre che per la mappatura delle rese e delle caratteristiche fisico-meccaniche del suolo, anche per le lavorazioni di precisione e dispositivi per ridurre le vibrazioni che i veicoli agricoli trasmettono al conducente. Limitare le vibrazioni migliora gli aspetti ergonomici e nel contempo riduce l'azione di costipamento del suolo. (Servadio et al., 2007). Tali macchine motrici richiedono macchine operatrici adeguate, con elevata larghezza di lavoro, che permettono differenti tecniche di lavorazione: aratura tradizionale, lavorazioni combinate, lavorazione a due strati, ripuntatura, estirpatura, erpicatura con erpici a denti elastici o con erpici a dischi ecc., macchine operatrici ad organi rotanti azionati dalla presa di potenza. Le motrici e semoventi agricole possono essere munite di dispositivi, assali autolivellanti e articolati, che ne facilitano la stabilità e la mobilità sui terreni declivi collinari e montani.

2. I diversi sistemi di propulsione.

Pneumatici larghi a bassa pressione di gonfiaggio, ruote gemellate, cingoli in gomma dove il vantaggio sta nella più bassa pressione teorica dovuta all'elevata superficie di contatto al suolo. La trattrice equipaggiata con pneumatici extra larghi o gemellati per il suo ingombro può essere utilizzata: su suolo lavorato per la preparazione del letto di semina, per la semina e per trattamenti in pre-emergenza nonché nelle lavorazioni del terreno fuori solco (Servadio et al., 2005). Per i cingoli in gomma inoltre vi è la possibilità, oltre che di usare cingoli larghi, dell'uso degli assali telescopici per aumentare la carreggiata al massimo e quindi ridurre l'area interessata al traffico ed il compattamento anche stabilendo delle corsie preferenziali (Marsili et al., 1998; Servadio et al., 2001). Le condizioni di uso come

slittamento, velocità d'avanzamento e forza di trazione interagiscono con il suolo. Ad esempio, lo slittamento aggiunge uno sforzo di taglio all'azione di compressione dovuta al carico verticale e produce un effetto di lisciatura e di compattamento addizionale.

3. La gestione del suolo finalizzata al ripristino della biomassa e della biodiversità.

Tra le diverse tipologie di gestione, si menzionano:

- ✓ **la diminuzione dell'intensità della lavorazione,** riduce la profondità di lavoro ed il grado di rovesciamento del terreno. La riduzione del grado di rovesciamento si può ottenere anche con l'uso di aratri rotativi che, con apposite ancore, provocano lo sgretolamento ed effettuano un rimescolamento in tutto lo strato lavorato (Servadio e Marsili, 1998);
- ✓ **le lavorazioni combinate,** dove due o più operazioni vengono effettuate in modo simultaneo comportano una riduzione dell'area interessata al traffico del macchinario per ettaro, nonostante l'incremento del carico sugli assali;
- ✓ **le lavorazioni a più strat**i, scarificazione profonda più frantumazione e rimescolamento superficiale del terreno con l'uso dell'aratro, della zappatrice o della vangatrice (Baraldi, 1985; Servadio e Marsili, 1998);
- ✓ **la minima lavorazione del terreno '*minimum tillage*',** i sistemi conservativi di lavorazione del terreno, definiti come un insieme di pratiche, nelle quali una parte sostanziale (almeno il 30%) del suolo rimane coperta dai residui della precedente coltura, (*Conservation Technology Information Center*, 1998), sono stati introdotti fin dagli anni settanta in Italia, principalmente per contrastare l'erosione del suolo. In questo sistema il suolo, tra la fase di raccolta di una coltura e la semina della successiva, non viene disturbato. Le soluzioni che si propongono sono: semplice lavorazione superficiale con erpice a dischi o fresature profonde 8-20 cm; fresatura o lavorazione con erpice a dischi solo sulla fila (strisce da 5-10 a 20-30 cm) lasciando intatta l'interfila dove la profondità raggiunta varia da 30 a 5 cm. Tali metodi sono utili soprattutto per coltivazioni in pendio dove il pericolo di erosione e di smottamenti sconsiglia di estendere le lavorazioni su tutta la superficie;
- ✓ **la non lavorazione o semina diretta '*zero tillage*' (*no-tillage*, o *direct seeding*),** la gestione del suolo con il *no-tillage* promuove la mitigazione dell'emissione del carbonio nell'atmosfera per mezzo sia della riduzione degli *input* energetici dovuti alle lavorazioni stesse che dell'incremento del carbonio organico nel suolo (soprattutto negli strati più superficiali) in confronto alla lavorazione convenzionale;
- ✓ **la lavorazione ad intensità variabile,** grazie alle avanzate tecniche ed ai sistemi informatici di monitoraggio e controllo con i quali si possono automaticamente ottenere informazioni sulle condizioni delle colture e del suolo e sulle loro variazioni nello spazio e nel tempo, i principi e le tecniche dell'agricoltura di precisione possono essere applicati a molte operazioni agronomiche fra cui le lavorazioni del terreno. Al fine della conservazione del suolo e del risparmio energetico, dette informazioni possono essere utilizzate per definire zone omogenee nel campo che possono essere lavorate in maniera differente, in base alle caratteristiche del suolo ed alla produttività della coltura;
- ✓ **le lavorazioni per il decompattamento** sono eseguite con attrezzature simili a ripuntatori combinate con erpici rotativi o con rulli a seconda che la finalità sia quella di effettuare una minima lavorazione preparativa per la semina o un intervento di miglioramento del suolo a fini ambientali. Tali interventi si eseguono prevalentemente con attrezzature combinate che operano con larghezza di lavoro di 3 o 4 metri, profondità di 0,35 m circa, corpi assolcatori in numero di 6 o 8 che richiedono potenze disponibili della trattrice che vanno da 95 a 120 kW;
- ✓ **tecnologie meccaniche differenziate per ogni tipo di agricoltura**. Nel processo di adeguamento dell'agricoltura ai principi e alle strategie della Politica Agricola Comune, finalizzati al miglioramento qualitativo delle produzioni, al corretto impiego delle risorse naturali e alla eco-compatibilità, particolare importanza assume dunque la meccanizzazione agricola. Oltre ad essere strumento fondamentale per la crescita della produttività, la meccanizzazione costituisce il supporto necessario per uno sviluppo realmente scientifico e sostenibile dell'attività primaria. Nel concetto di sostenibilità è oggi possibile trovare la sintesi delle due funzioni basilari dell'agricoltura, quelle appunto produttiva e di conservazione delle risorse naturali, funzioni che la meccanizzazione può conciliare grazie ad una grande flessibilità e differenziazione delle tecnologie. Lo sviluppo della ricerca e dell'innovazione tecnologica nel campo meccanico porta, infatti, a considerare l'agricoltura nelle sue molteplici forme e nelle infinite possibili varianti legate agli aspetti "macro" e "micro" climatici, alle caratteristiche pedologiche, alle scelte colturali e varietali, ai modelli di gestione agronomica ed economica delle imprese agricole. E' proprio da un'attenta valutazione di questi elementi che

scaturiscono le pratiche agricole sostenibili, pratiche che l'industria meccanica può supportare attraverso lo sviluppo di una gamma di macchine ed attrezzature straordinariamente ampia e diversificata. Nel settore della lavorazione del terreno, in particolare, alle tradizionali tecniche che si sono andate consolidando ed affinando nel tempo si debbono affiancare sistemi di lavorazione conservativa, come quelli del *minimum tillage* o addirittura del *no-tillage*, particolarmente indicati nei contesti produttivi in cui la qualità dei terreni e la sostanza organica degli stessi sono messi a rischio da fattori critici di natura ambientale, climatica e agronomica. L'ampia scelta di tecnologie risulta necessaria anche a fronte di problematiche quali l'irrigazione, dove le esigenze produttive ed insieme climatiche e ambientali dei diversi territori richiedono sistemi differenziati; o di problematiche legate ai trattamenti antiparassitari, per i quali l'industria offre soluzioni molto diversificate proprio in ragione delle esigenze particolari delle varie colture e del contesto geografico nel quale si collocano.

In conclusione, da quanto esposto si evince che le possibili ipotesi operative - necessarie a facilitare le risposte di adattamento al cambiamento climatico in agricoltura - sono sinergie utili di adattamento e mitigazione. Tali ipotesi si ritiene possano essere le seguenti:

1. valorizzazione dell'uso del suolo per scopi prettamente alimentari alla luce delle emergenze sanitarie ed ambientali in corso, legate all'alimentazione umana ed animale ed ai relativi costi sociali che comportano, nonché agli aumenti vertiginosi dei prezzi degli alimenti,
2. impiego dei sistemi informatici di monitoraggio e controllo equipaggianti il macchinario agricolo per gestioni aziendali più efficienti,
3. monitoraggio e comunicazione agli agricoltori d'informazioni essenziali delle proiezioni dei cambiamenti climatici e delle azioni di risposta richieste,
4. gestione del suolo finalizzata al ripristino della biomassa e della biodiversità,
5. diminuzione del compattamento sia attraverso cambi di rotazione colturale che attraverso l'impiego dei sistemi di propulsione equipaggianti il macchinario agricolo più opportuni in relazione alle operazioni da effettuare ed alle condizioni di campo,
6. azioni di decompattamento, di drenaggio e di sistemazioni idrauliche del suolo ponendo particolare attenzione alle aree agricole situate nei comprensori di bonifica.

Si precisa che le ipotesi operative elencate hanno un rapporto costi/benefici per gli agricoltori e per la società molto basso, spesso si tratta di gestire al meglio risorse e materiali già disponibili, ed in alcuni casi come il punto 1 e 4 vantaggioso.

2.4.3 Scenari di cambiamento di uso del suolo e di attitudine delle terre all'agricoltura

Nello studio degli impatti dei cambiamenti climatici sull'ambiente, a giocare un ruolo chiave non è solo il clima ma anche l'uso del suolo. Questo permette di fare una distinzione tra i territori semplicemente più sensibili ai cambiamenti climatici, ad es. per la loro posizione geografica, quelli che sono vulnerabili sia per la loro sensibilità che capacità di adattamento (Metzger e Schröter, 2006), e quelli che sono decisamente più a rischio data la combinazione di un'elevata vulnerabilità con il rilevante valore dei servizi forniti e i beni prodotti.

In Italia l'analisi dei passati e più recenti cambiamenti di uso del suolo (CUS) è stata svolta principalmente alla scala di bacino (Rosso and Rulli, 2002) e di unità amministrative, da Province (Giupponi et al., 2006; Pelorosso et al., 2009; Geri et al., 2010) a Comuni (Piccarreta et al., 2006). Lo scopo di tali ricerche è stato spesso quello di valutare gli impatti della componente antropica, in combinazione con i cambiamenti climatici, sulla risorsa idrica (es. piene), sul suolo (es. erosione), e sulla diversità degli ecosistemi e del paesaggio. Studi a tali scale sono stati favoriti dalla notevole quantità di dati a risoluzione spaziale fine e con scansione multi-temporale.

A livello nazionale solo un lavoro di Falcucci et al. (2007) contiene un'attenta analisi dei CUS in Italia a partire dalla metà del XX sec., grazie all'ampia disponibilità di foto aeree dai primi voli effettuati con copertura dell'intero territorio italiano, e sfruttando il dettaglio, l'estensione e l'omogeneità dei due *dataset* di copertura del suolo dal progetto CORINE (*Coordination of Information on the Environment* http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover), elaborati dalle immagini satellitari per gli anni intorno al 1990 e 2000, rispettivamente. I risultati dell'analisi mostrano un'evidente accelerazione dei CUS, che hanno interessato circa la metà del territorio italiano nei quarant'anni dal 1950 circa al 1990, e ben un quarto di esso solo nell'ultima decade del secolo scorso. In generale, se da una parte la crescita demografica è stata accompagnata da un aumento delle aree destinate all'urbanizzazione e all'agricoltura

intensiva nei settori più idonei, dall'altra i programmi di riforestazione a livello europeo e nazionale hanno favorito la ricolonizzazione di boschi in quelle terre abbandonate perché non più in grado di sostenere il carico dell'agricoltura stessa, e con una conseguente diminuzione delle aree destinate al prato-pascolo. Ovviamente l'evoluzione di questi cambiamenti ha avuto differenti cause, direzioni e intensità nei diversi settori della penisola.

Tali studi diagnostici sono inoltre molto utili come supporto alla produzione di possibili scenari futuri di CUS, soprattutto per individuare quei fattori che influenzano tali trasformazioni. Uno strumento all'avanguardia per la produzione di scenari è costituito dai modelli che, sulla base di condizioni iniziali e proiezioni di diversi fattori (economici, climatici, geografici etc.), simulano plausibili CUS per un certo territorio e un determinato periodo futuro.

Un recentissimo studio (Santini e Valentini, 2011) svolto nell'ambito degli studi di impatto dei cambiamenti climatici presso il CMCC, fa un passo avanti in questo senso utilizzando un approccio consolidato che sfrutta un *ensemble* di simulazioni, tecnica già ampliamente usata nel settore delle previsioni meteorologiche. Data l'incertezza nel prevedere le trasformazioni future di uso del suolo, dovuta sia al tipo di modello usato, alla qualità e quantità dei dati di *input*, ma anche alle assunzioni e semplificazioni necessarie visto che si parla di proiezioni future, piuttosto che fare affidamento su singole simulazioni, considerare un *range* di possibili sviluppi dei fattori influenzanti permette di analizzare un *range* di risultati. Ciò consente di individuare quelle aree (*Hot-Spot* - HS) in cui con maggiore probabilità si potrebbero avere dei cambiamenti in base al consenso tra le diverse simulazioni, e nelle quali le strategie di mitigazione e adattamento potrebbero essere più urgenti.

I risultati preliminari di questo studio (Fig. 2.12) mostrano che la regione mediterranea del territorio italiano, e in particolar modo le isole, appaiono le aree più predisposte ai CUS.

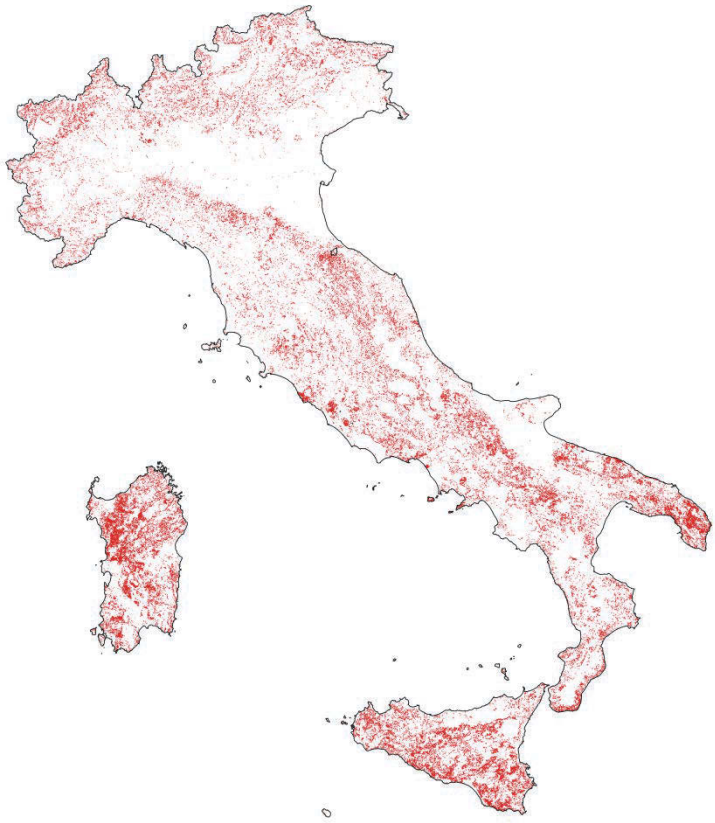


Figura 2.12. In rosso le aree per le quali le simulazioni dell'*ensemble* concordano nel predire che ci saranno delle trasformazioni di uso del suolo. La proiezione di CUS è stata svolta secondo gli scenari di emissione A2 e B2 dell'IPCC ed è relativa all'anno 2100.

Andando nel dettaglio poi di quello che potrebbe succedere all'interno delle unità amministrative, considerando una differenziazione più "locale" delle regolamentazioni per le attività socio-economiche a partire dalle direttive europee, alcune regioni nel nord-ovest e quelle lungo le coste adriatiche sembrano quelle maggiormente interessate dalle future trasformazioni. Da un punto di vista più strettamente geografico, la valutazione dell'accessibilità o meno delle aree conferma come, così come nel passato, i settori costieri e con una morfologia poco accentuata (pianure e colline) sono quelli più idonei allo sviluppo e all'insediamento delle attività antropiche (fig. 2.13).

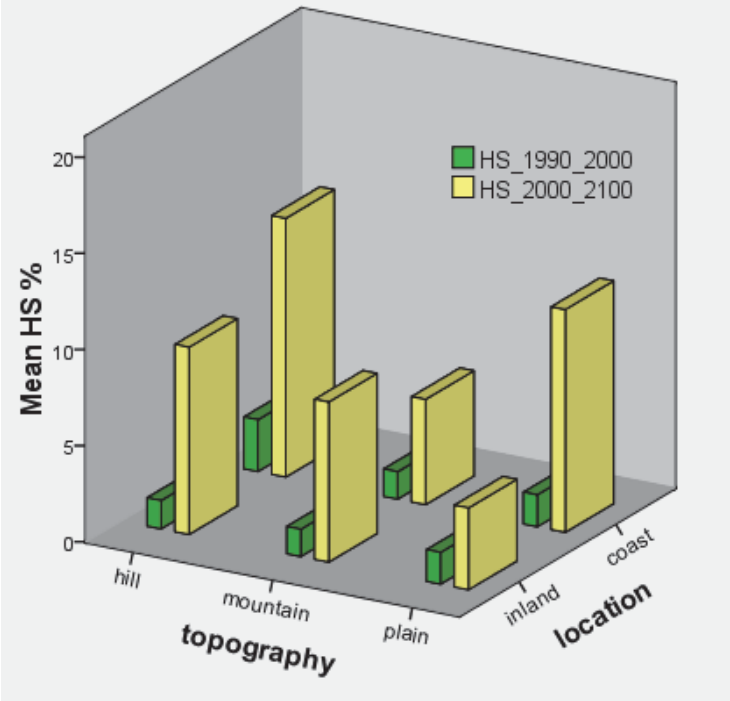


Figura 2.13. Percentuali previste di distribuzione degli *Hot-Spot* (HS) dei cambiamenti di uso del suolo per diversi settori distinti dalla combinazione di caratteristiche topografiche (montagna, collina, pianura) e di distanza dalla linea di costa. In verde sono i cambiamenti osservati dal 1990 al 2000, in giallo la media di quelli previsti dalle simulazioni dal 2000 al 2100 (Santini e Valentini, 2011).

Focalizzando infine l'attenzione su una delle risorse più vulnerabili alla variabilità climatica, l'acqua, l'analisi a scala di bacino mostra come, rispetto al passato, saranno soprattutto le unità più piccole, piuttosto preservate fino ad oggi, a presentare la maggiore probabilità di subire CUS.

La proiezione di come le tipologie di uso del suolo possano modificarsi e/o migrare all'interno di un territorio assume particolare importanza quando si fa riferimento alla produzione di beni per la popolazione, strettamente legata in Italia al settore agricolo. Se, infatti, gli scenari sui CUS danno delle indicazioni sulla più verosimile distribuzione delle aree agricole sulla base dell'interazione di fattori biofisici e socio-economici, la maggiore o minore attitudine del territorio alle pratiche agricole richiede degli studi più specifici specialmente in un territorio così eterogeneo come l'Italia.

Soprattutto nelle regioni aride e semi-aride la variabilità dei fattori ambientali e meteorologici ha un forte impatto sull'attività agricola, imponendo di conseguenza una maggiore attenzione nella gestione delle pratiche agronomiche e in generale nelle strategie di pianificazione territoriale sia a medio sia a lungo termine. In considerazione dei cambiamenti climatici in atto è quindi necessario disporre di strumenti in grado di valutare l'impatto che tali trasformazioni potranno avere sulle aree agricole e sulle colture attraverso lo sviluppo di metodologie per la determinazione del rischio climatico in agricoltura, al fine di individuare le più opportune strategie di adattamento da adottare.

L'effetto indiretto del cambiamento del regime termico e pluviometrico riguarda prevalentemente l'estensione e la localizzazione degli areali di coltivazione di molte specie. Proiezioni recenti, effettuate attraverso l'integrazione di diversi Modelli di Circolazione Generale (GCM), scenari di emissione e modelli di simulazione colturale, mostrano uno spostamento degli areali di diffusione della vegetazione sempre più verso elevate latitudini e altitudini (Fischer et al., 2005).

Particolare attenzione è stata quindi rivolta alle tecniche di analisi per la valutazione dell'impatto sull'attitudine territoriale per un generale utilizzo agricolo o per specifici indirizzi colturali (cerealicoltura, frutticoltura, etc.). Tali analisi si basano sui principi della *Land Evaluation* che consentono la classificazione di un territorio in classi di vocazionalità create in base all'analisi di componenti geomorfologiche, pedologiche, climatiche, vegetazionali, economiche, etc.

Analisi di *Land Capability for Agriculture*, condotte, nell'ambito delle attività del CMCC, al fine di valutare l'impatto del cambiamento climatico sull'attitudine dei suoli italiani per un generale utilizzo agricolo, si sono basate sulla classificazione del territorio in funzione delle sue caratteristiche pedologiche e climatiche.

I risultati ottenuti mostrano una sensibile riduzione delle aree a maggiore vocazionalità per l'agricoltura in tutto il territorio nazionale, con variazioni di scarso rilievo per le proiezioni al 2020 e riduzioni maggiori per il 2050 e il 2080, ottenute con diversi GCM e con gli scenari di emissione A2 e B2 dell'IPCC, specialmente per le aree del sud Italia e in particolare nelle regioni di Sardegna, Sicilia, Puglia, Calabria, a causa delle condizioni di maggiore aridità e dell'incremento delle temperature previste per queste aree (Mereu *et al.,* 2010).

Ulteriori analisi, sempre per il territorio italiano, sono state condotte applicando la metodologia di *Agro-Ecological Zoning* (AEZ) (FAO/IIASA, 2000 http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZ/index.htm) al fine di valutare le variazioni dell'attitudine territoriale in condizioni di cambiamento climatico per la coltivazione di specifiche colture di strategica importanza (economica e sociale) per l'Italia e in generale per l'area mediterranea (Mereu *et al.,* 2008).

La metodologia di AEZ unisce la modellistica colturale e le procedure *standard* di valutazione del territorio al fine di individuare le limitazioni specifiche di ciascuna coltura determinate dal clima, dal suolo e dalle risorse territoriali in genere, assumendo specifici scenari di *input* energetico e di gestione. Tale analisi consente di quantificare gli impatti sulla vocazionalità e la produttività territoriale utilizzando serie climatiche storiche e scenari futuri di cambiamento climatico. Essendo inoltre possibile inserire nel calcolo della produttività potenziale anche i valori di concentrazione di CO_2 atmosferica previsti per i periodi futuri, tale metodologia consente di ottenere un'analisi di impatto che tenga in considerazione non solo gli effetti negativi dovuti alle mutate condizioni climatiche ma anche gli eventuali effetti positivi derivanti dall'azione "fertilizzante" sulle colture dell'aumentata concentrazione atmosferica di CO_2 e alla migliore efficienza d'uso della risorsa idrica.

Attraverso tale metodologia sono stati calcolati inizialmente una serie di indici agroclimatici (lunghezza del periodo di crescita, indici di aridità, etc.) che forniscono informazioni generali sulle condizioni di sviluppo e crescita delle colture. Sulla base di questi indici sono successivamente stati calcolati la vocazionalità (*Suitability Index*) e la produttività potenziale per le colture di frumento e olivo, in regime non irriguo e considerando un'elevata dotazione di *input* di gestione.

Tutti gli indici sono stati calcolati per il periodo storico di riferimento (1961-1990) e per scenari climatici ottenuti per i periodi futuri 2020, 2050 e 2080 con diversi GCM per gli scenari di emissione A2 e B2. I risultati sono stati validati tramite confronto tra le superfici indicate dall'AEZ per il periodo di riferimento (1961-1990) come le maggiormente vocate e le aree effettivamente interessate da tali coltivazioni (*CORINE Land Cover*) e mediante confronto con dati reali di produzione per lo stesso periodo (fonte ISTAT).

Gli indici calcolati per gli scenari climatici futuri indicano una generale espansione delle aree maggiormente vocate per entrambe le colture (classi 1, 2 e 3) rispetto al periodo attuale (Fig. 2.14) e una riduzione delle aree con severe limitazioni (classi 7 e 8), in particolare per il periodo futuro 2080 e nelle regioni del Nord Italia.

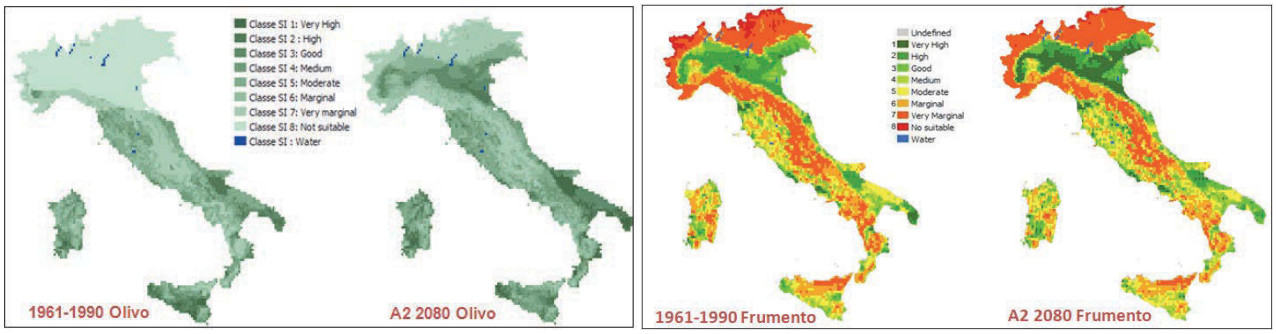


Figura 2.14. Indice di vocazionalità per le colture di olivo (sinistra) e frumento (destra) calcolato per il periodo di riferimento (1961-1990) e per il 2080 sotto lo scenario di emissione A2.

È stato evidenziato inoltre un conseguente incremento della resa potenziale per entrambe le colture, in tutto il territorio nazionale e soprattutto nelle regioni del Nord Italia. Tali incrementi di resa sono particolarmente evidenti nel lungo periodo (anche oltre il 50% per il 2080 rispetto alle produzioni attuali in alcuni areali), anche se già nel breve periodo raggiungono, persino negli areali del sud Italia, incrementi del 7% e 14% per frumento e del 12% e 30% per l'olivo, rispettivamente per il 2020 e 2050.

Le metodologie di *Land Capability for Agriculture* e di AEZ si sono mostrate validi strumenti negli studi di vocazionalità territoriale e per la stima della produttività territoriale in condizioni di cambiamento climatico e la loro applicazione risulta quindi di estrema utilità ai fini della predisposizione delle più opportune strategie di adattamento e degli interventi di pianificazione territoriale da adottare sia nel breve sia nel lungo periodo.

Alla luce di quanto discusso, appare evidente come lo sviluppo e/o il miglioramento di procedure per la simulazione integrata dei cambiamenti climatici, CUS e *Land Suitability* possa fornire un valore aggiunto alle valutazioni necessarie per l'elaborazione, l'attuazione e la verifica di strategie di mitigazione ed adattamento.

2.5 SISTEMI ZOOTECNICI

2.5.1 Modifiche dei sistemi foraggeri per la zootecnia e dei sistemi di alimentazione

Il sistema agro-zootecnico intensivo, come si è strutturato e sviluppato in vasti areali dei Paesi dell'Europa meridionale, fra i quali Spagna, Francia meridionale, Italia settentrionale, Paesi dell'Est Europeo, si caratterizza per alti *input* energetici da carburanti e fertilizzanti, elevati fabbisogni e impieghi idrici, rilevante utilizzo di agro farmaci e *surplus* di reflui zootecnici. Ne è derivato un forte impatto ambientale dell'agricoltura convenzionale, che necessita di una profonda revisione in vista di conferire maggiore sostenibilità a quel sistema di produzione agricola.

In molte di queste zone, l'allevamento zootecnico si basa sulla monocoltura pura di mais o su una sorta di monocoltura doppia, costituita dal semplice avvicendamento intra-annuale tra lo stesso mais e una coltura autunno-vernina (loiessa o cereali quale orzo o triticale). Il mais è utilizzato sia come foraggio (silomais per l'allevamento bovino) che come fonte primaria di energia (granella) per la preparazione di mangimi per monogastrici (avicoli e suini) e ruminanti (vacche da latte e vitelloni).

Nell'ultimo decennio, l'areale padano è stato caratterizzato da anomalie nelle precipitazioni, con riduzioni, nella stagione estiva, comprese fra il 30 ed il 50% rispetto al valore medio del periodo 1961-1990, associate ad un progressivo allungamento del periodo caldo.

Gli effetti negativi delle variazioni della temperatura e dell'umidità misurabili attraverso il controllo del *Temperature Humidity Index* (THI)[30] si riscontrano soprattutto sulle performance produttive degli animali (produzione di latte o carne, fertilità degli animali), sulla qualità dei prodotti animali e sui costi sanitari (mortalità e infezioni mammarie e podali), mettendo in crisi la redditività dei sistemi zootecnici. (http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html)

In particolare per quanto riguarda i dati relativi al THI nel periodo 2000 - 2007 e basate sui dati raccolti presso circa 30 stazioni distribuite sul territorio nazionale, è stata osservata una tendenza ad una diminuzione dei giorni con rischio nullo per il benessere degli animali, ed un aumento dei giorni appartenenti alla classe di rischio medio e massimo durante il trimestre giugno-agosto, con uno spostamento del periodo a maggior rischio dal mese di agosto a quello di luglio.

Anche l'analisi dell'andamento del THI orario nel corso della giornata, in quanto funzionale alla valutazione di un recupero fisiologico degli animali (in particolare vacche da latte) durante le ore notturne, mostra che le ore caratterizzate da valori di THI associabili a rischio massimo sono concentrate principalmente nei mesi di luglio e agosto, con valori che risultano comunque significativamente elevati anche per il mese di giugno. In linea con queste osservazioni, in uno studio recente riferito all'area del Mediterraneo è stato riportato che nel periodo 1951-2000 si è verificato un aumento significativo del THI in tutto il bacino e che tale incremento è risultato particolarmente marcato nei mesi estivi (Segnalini et al.,2010).

Infine, i risultati di un'analisi recente relativa agli scenari del bacino del Mediterraneo in termini di THI, dimostrano come in Italia, nel decennio 2041-2050, ci si debba attendere valori medi del THI estivo che rispetto al trentennio 1971-2001 potranno risultare maggiori di 2-4 unità (Figura 2.15).

[30] Nello specifico il THI permette di valutare la temperatura ambientale percepita dagli animali in relazione ai valori dell'umidità relativa dell'aria (Kibler, 1964; Ingraham et al., 1979)

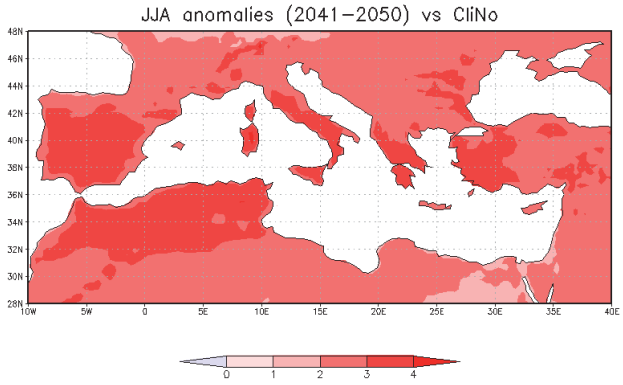


Figura 2.15 Valori delle anomalie del THI per la stagione estiva relativa alla decade 2041-2050 rispetto al trentennio 1971-2000 (Climate Normal, CliNo).

Gli effetti del mutamento climatico sugli animali può essere diretto, come fattore di *stress* (alte temperature e THI) e interferire sull'appetito e sull'ingestione di alimento, sulle *performance* riproduttive e sulla qualità del latte e delle carni, ma si possono manifestare anche come effetti indiretti sulla qualità dei foraggi, sulla loro conservazione e quindi sull'impiego di alimenti concentrati e sulle loro caratteristiche nutrizionali.

Sulla base di quanto riportato si ritiene di poter indicare che la dinamica del THI dovrebbe essere presa in attenta considerazione da parte degli allevatori e dei *decision makers* nella pianificazione degli investimenti in agricoltura.

Nell'ottica di una programmazione aziendale integrata per gli ambiti zootecnici e colturali poiché i modelli previsionali del cambiamento climatico indicano che la domanda evaporativa dell'atmosfera è destinata a crescere nei prossimi decenni, la necessità di adattare anche i piani colturali riguarda non solo gli ambienti del Sud Italia, dove la carenza idrica rappresenta già il maggiore fattore limitante la produzione, ma anche e sempre più gli ambienti della Pianura Padana, oggi soggetti ancora a livelli moderati di *stress* idrico.

Ne deriva la necessità di studiare sistemi agro-zootecnici caratterizzati da minori necessità idriche per le colture e adatti, per caratteristiche strutturali, alle nuove probabili condizioni di lunghi periodi di temperature oltre la soglia del benessere degli animali allevati.

In questo contesto, in primo luogo, diviene fondamentale ripensare i piani foraggeri per ottimizzare l'utilizzazione dell'acqua in funzione della disponibilità complessiva e stagionale, e da secondo gli ambienti e le tecniche di allevamento, prevedendo nuovi sistemi di ventilazione, raffrescamento degli ambienti, di conservazione degli alimenti (insilati e grani) e di alimentazione.

Nell'impostare queste variazioni di sistema, sarà necessario porre una particolare attenzione al mantenimento della qualità dei prodotti, e al rispetto della tipicità dei prodotti come il Grana Padano ed il Parmigiano-Reggiano nel caso dei prodotti caseari, o il Prosciutto di Parma e di S. Daniele, la Coppa Piacentina, il Culatello di Zibello ed altri salumi DOP (Denominazione di Origine Protetta) dell'area Padana per quanto riguarda la salumeria tipica.

2.5.1.1 **Strategie colturali**

In termini di produzione agricola i cambiamenti previsti al 2020 e al 2080 determinerebbero una riduzione delle rese nelle aree del Sud Europa variabili dal 2% al 22% circa, a causa soprattutto della riduzione del periodo di crescita, eventi estremi più frequenti durante le fasi del ciclo produttivo, in particolare precipitazioni intense durante la semina, *stress* da calore durante la fioritura e periodi asciutti più lunghi. Pertanto, le aree già attualmente affette da scarsità di acqua saranno sottoposte a condizioni sempre più critiche con processi accentuati di salinizzazione delle falde acquifere e conseguentemente dei suoli laddove l'acqua viene utilizzata per l'irrigazione.

Relativamente alla scelta delle colture agrarie, gli elementi di maggiore criticità ed interesse sono quindi rappresentati da: maturazione precoce, resistenza alla carenza idrica e alla salinità dei suoli.

Le colture erbacee più indicate per questi cambiamenti sono quelle a ciclo autunno-primaverile, periodo in cui la disponibilità di acqua da precipitazioni è massima e l'evapotraspirazione è minima. Orientativamente, si può indicare che la resistenza alla scarsità idrica ha il seguente andamento:

- frumenti: i duri più resistenti dei teneri; i precoci più dei tardivi;
- orzi: più resistenti dei frumenti;
- avene: le varietà precoci più resistenti delle tardive;
- legumi, in ordine decrescente: fava, lupino bianco, lenticchia, cece, pisello;
- erbai: veccia, favetta, fieno greco più resistenti del trifoglio incarnato;
- prati, in ordine decrescente di resistenza: sulla, lupinella, medica, trifoglio pratense.

In Pianura Padana, la riduzione delle rese interesserà soprattutto il mais, una coltura estiva alla base del rifornimento di unità foraggere per gli allevamenti bovini e suini, nelle tre alternative di trinciato integrale, pastone di granella umida e granella. Il mantenimento degli attuali livelli produttivi potrà essere raggiunto solo attraverso sostanziali modificazioni degli ordinamenti colturali. Si possono prospettare tre scenari diversi: il primo, potrà consistere nel reperimento delle U.F. (Unità Foraggere) mancanti attraverso la coltivazione di cereali autunno-vernini, come l'orzo o il triticale per l'insilamento o per il consumo come granella; il secondo, nella coltivazione di prati monofiti, come quelli di erba medica, o di erbai estivi; il terzo, nell'impiego di ibridi mais a ciclo corto e meno esigenti nei confronti dell'acqua.

In particolare, le strategie colturali per affrontare queste variazioni climatiche possono contare su diverse linee di lavoro da esplorare:

- nuovi ibridi di mais, caratterizzati da una maggiore tolleranza alla siccità, identificando genotipi "meno sensibili allo *stress* idrico", sia con una migliorata efficienza di recupero/assorbimento dell'acqua dal terreno, sia con l'accorciamento del ciclo colturale (Pasini et al., 2005). In quest'ultimo caso, i cicli corti funzionano perché lo stadio critico per l'acqua, rappresentato dalla fase a cavallo della fioritura, si colloca anticipatamente nel calendario, sfuggendo almeno in parte alla crisi idrica che tende a verificarsi un po' più in là nel tempo;

- parziale sostituzione del mais con altre colture con minori esigenze idriche, tra le quali il sorgo, da foraggio e da granella. Questa coltura, infatti, è caratterizzata da un minore consumo idrico (circa il 25% in meno rispetto al mais), da un ciclo più breve (risparmio nel numero di irrigazioni) e dalla maggior capacità di sfruttare l'acqua dal terreno grazie ad un apparato radicale più espanso ed efficiente. In aggiunta, una variante genetica rappresentata dal sorgo "*brown midrib*" (BMR), costituisce un'alternativa promettente grazie alla minore quantità di lignina nella parte vegetativa (-30-40%), che gli conferisce una digeribilità della fibra superiore rispetto al sorgo tradizionale;

- inserimento pro-quota delle colture vernine (loiessa, orzo, triticale) ad interrompere la monocoltura di mais e sfruttare la piovosità autunno-vernina, riducendo così le necessità irrigue dell'avvicendamento. Tra i cereali autunno-vernini, l'orzo ed il triticale rappresentano le migliori alternative, in ragione dell'elevata produttività di granella e di biomassa, dell'adattabilità ai diversi ambienti e della semplice tecnica di coltivazione e di insilamento. In quest'ottica, e dal punto di vista della selezione varietale è possibile quantificare il livello di *stress* idrico attraverso opportuni indici di *stress* stagionale, basati su modelli di interazione atmosfera-pianta-suolo e di rapportare questi indici ai dati produttivi registrati in campo. Il comportamento di singoli genotipi può essere così caratterizzato in assenza e in presenza di diversi livelli di *stress* idrico al fine di definirne potenzialità e stabilità produttiva;

- riduzione delle richieste idriche con l'inserimento di colture a bassa esigenza idrica, per esempio l'erba medica. L'eventuale perplessità nella parziale sostituzione della superficie aziendale a mais con un prato di erba medica può essere solamente di tipo economico-gestionale. Se ne conoscono da tempo, infatti tutti gli altri pregi agronomici, foraggeri ed ambientali: la produttività anche in condizioni di ridotti apporti irrigui, la qualità del foraggio, il contributo alla fertilità del terreno e al contenimento delle malerbe e degli insetti, grazie al riposo prativo che interrompe la monocoltura maidicola.

2.5.1.2 ***Strategie alimentari***

L'allevamento zootecnico in Pianura Padana si basa sulla coltivazione del mais utilizzato sia come foraggio (allevamento bovino) che come fonte primaria di energia (granella) per la preparazione di mangimi per monogastrici (suini ed avicoli).

L'uso dell'orzo nelle diete per monogastrici è relativamente limitato per il valore energetico ritenuto più basso rispetto al mais ed a causa dell'alto contenuto in β-D-glucani che aumentano la viscosità del contenuto intestinale, diminuendo il valore nutritivo della dieta.

Questo cereale presenta tuttavia una grande variabilità genetica che permette una selezione mirata ad obiettivi specifici come adattabilità ambientale, contenuto in β-D-glucani, contenuto proteico qualità dell'amido (*waxy* o normale) e livelli di fibra (cariossidi vestite o nude) (Grove et al., 2003).

L'interesse per il triticale è legato all'ottimo bilancio aminoacidico per un elevato contenuto di lisina, e al suo impiego sottoforma di pianta intera, di trinciato e di granella (Delogu et al., 2001).

2.5.1.3 *Filiera delle produzioni casearie DOP*

Attualmente l'alimentazione delle bovine nel comprensorio del Grana Padano si basa sulla produzione aziendale di insilati di mais (silomais, pastone integrale o farina umida) che forniscono una quota rilevante dell'energia necessaria alla copertura dei fabbisogni energetici degli animali.

La problematica riguarda non meno di 150 caseifici per un totale di circa 8000 aziende agricole ed una produzione che rappresenta circa il 50% del latte prodotto per la produzione di formaggi duri DOP. Sebbene il silomais sia un foraggio eccellente, anche nella Pianura Padana non sempre le disponibilità idriche sono favorevoli al raggiungimento di produzioni elevate, risultando a volte più conveniente ricorrere anche ai foraggi autunno-vernini.

Come è noto, il silo-mais fornisce la massima produzione di unità foraggere per ettaro, ma anche l'orzo dà delle buone produzioni come trinciato integrale. Mentre l'impiego del silo-mais nella dieta della vacca da latte è un fatto ormai consolidato anche nelle zone di produzione dei prodotti DOP (Grana Padano), l'uso alternativo anche parziale del silo-orzo richiede ulteriori ricerche, soprattutto per studiare alcuni aspetti legati alla produzione ed alla composizione del latte. L'uso dei cereali minori (orzo, frumento, triticale) nel razionamento delle vacche da latte è piuttosto diffuso nei Paesi nord-europei e nord-americani sia come granella che come insilati di pianta integrale.

A questi Paesi, che per questione di latitudine non possono coltivare efficacemente il mais, si affiancano Paesi a clima caldo-arido che impiegano con successo colture autunno vernine per sfruttare la piovosità naturale.

Le ricerche riguardanti il confronto fra sistemi di alimentazione basato su silo-mais e silo-orzo sono ridotte, ma soprattutto non sono disponibili studi comparativi sugli effetti di questi piani alimentari sulla qualità dei prodotti DOP della la filiera del latte (silo-orzo/silo-triticale vs silo-mais).

In bovini alimentati con diete ad alto contenuto di granella, l'orzo è considerato un alimento che incrementa l'incidenza di disordini digestivi (Ørskov, 1986). La quota di amido digerita a livello ruminale varia fra l'80 e il 90% per l'orzo e il grano, mentre il valore per il sorgo ed il mais varia fra il 55 ed il 70% (Nocek e Tamminga, 1991). I risultati di queste sperimentazioni hanno mostrato una più alta ingestione di sostanza secca, produzione di latte e di proteine per vacche alimentate con diete a base di silo-mais rispetto a quelle con silo-orzo (Mc Carthy et al., 1989), mentre non vi sono prove comparative di caseificazione.

Per fornire delle indicazioni al mondo agro-zootecnico, sono necessarie ulteriori prove di confronto fra un sistema foraggero diffuso come il silo-mais e quello con silo-orzo, al fine di verificare la risposta produttiva e qualitativa degli animali e della trasformazione del latte in formaggi tipici.

2.5.1.4 *Filiera delle produzioni suine DOP*

Il settore suinicolo italiano si caratterizza per l'allevamento quasi esclusivo di un suino che viene macellato ad un peso medio di circa 160 Kg, contrariamente a quanto avviene nel resto d'Europa dove si alleva un suino leggero macellato a circa 100-110 Kg di peso vivo. Per ottenere prodotti di alta salumeria è necessario infatti avere tagli anatomici provenienti da suini maturi. La normativa del Prosciutto di Parma e di San Daniele fissa dei vincoli in termini di peso vivo (160 Kg) e di qualità della carcassa, della carne e del grasso.

Nel bacino padano si allevano oltre 7 milioni di suini di cui circa 4 milioni nella sola Lombardia. La carcassa del suino pesante italiano viene destinata alla produzione di prodotti DOP fra i quali il Prosciutto di Parma, di San Daniele e le carni fresche del Gran Suino Padano. L'alimentazione del suino per la produzione di salumi DOP si basa sull'impiego del mais come principale fonte energetica della razione dai 20 Kg di peso vivo fino alla macellazione a 160 Kg circa. Questo cereale si caratterizza per un ottima digeribilità della frazione amidacea, basso livello di fibra ma spesso, anche

se impiegato in proporzioni ammesse dai disciplinari DOP, in concomitanza di fattori predisponenti come la genetica dell'animale, può dare origine a problemi relativi alle qualità tecnologiche ed organolettiche del grasso e delle carni.

L'orzo è un cereale che può venire vantaggiosamente inserito nelle diete per il suino pesante anche se attualmente la sua inclusione è generalmente attorno al 10-15% a causa del minor valore energetico e della minore digeribilità rispetto al mais. L'orzo comunque per il suo minor quantitativo in grassi e l'assenza di pigmentanti (xantofille) conferisce al grasso ed alle carni caratteristiche di colore (bianchezza), di compattezza ed organolettiche molto apprezzate dal salumificio e dal consumatore. Scarse sono le sperimentazioni scientifiche relative all'impiego di diete monocereale e con orzo in particolare per il suino pesante e dei loro effetti sulle caratteristiche delle carni e dei salumi. Tali diete monocereale dovranno essere formulate con varietà di orzo a basso contenuto in fibra (orzo nudo) per ottenere diete ad alto contenuto energetico, particolarmente nella fase terminale dell'ingrasso (100-160 Kg di peso vivo), nella quale la capacità di ingestione dell'alimento è spesso un fattore limitante il soddisfacimento del fabbisogno energetico del suino. Per lo stesso motivo andranno privilegiate varietà a maggiore digeribilità dell'amido (*waxy*) ed a ridotto contenuto in β-D-glucani, e l'integrazione delle diete con enzimi atti a migliorarne la digeribilità.

2.5.2 Benessere animale e cambiamenti climatici

Gli animali di interesse zootecnico esposti a condizioni di clima caldo attivano una serie di funzioni che tendono ad aumentare la dispersione di calore (aumento della frequenza respiratoria, sudorazione, aumento della ingestione di acqua, etc.) e a ridurre la produzione di calore endogeno (riduzione del consumo di alimento, riduzione dell'attività metabolica, etc.) al fine di limitare l'aumento della temperatura corporea che tende a verificarsi in tali condizioni (Bernabucci et al., 2010).

L'attivazione delle suddette funzioni e/o l'ipertermia corporea sono alla base degli effetti negativi che il caldo esercita sullo stato metabolico e nutrizionale, sull'efficienza riproduttiva, sulla *performance* produttiva, sullo stato di benessere e di salute e sul rischio morte degli animali allevati (Nardone et al., 2006). A tale ultimo proposito, in uno studio di recente pubblicazione riferito a bovine da latte allevate in Pianura Padana (Vitali et al., 2009) è emerso che il rischio morte risulta significativamente più elevato durante i mesi estivi e si modifica in maniera direttamente proporzionale all'aumento dei valori del *Temperature Humidity Index* quando questi supera il valore critico superiore di 79,6.

Il livello di *stress* termico subito dagli animali di allevamento nel corso della stagione estiva può essere valutato mediante l'utilizzo di indici bioclimatici, il più utilizzato dei quali è il THI che, lo ricordiamo, permette di valutare la temperatura ambientale percepita dagli animali in relazione ai valori dell'umidità relativa dell'aria (Kibler, 1964; Ingraham et al., 1979). Il livello dello *stress* dipende sia dall'entità del superamento del valore critico superiore del THI (variabile in relazione alla specie, all'età, alla razza, etc.) sia dalla durata temporale di tale superamento. Altri elementi di criticità sono rappresentati dalle modalità di passaggio dalla condizione di termo-neutralità alla condizione di caldo e dalla possibilità di recupero che viene offerta agli animali dai valori del THI registrati nelle ore più fresche della giornata (ore notturne).

Alcuni studi hanno dimostrato che negli ultimi 140 anni la temperatura in Italia ha fatto registrare un *trend* in aumento dell'ordine di 1 °C/secolo. Tali incrementi si sono manifestati in tutte le stagioni dell'anno, con un trend positivo a livello nazionale leggermente più accentuato per le temperature minime rispetto a quelle massime, ad eccezione della Pianura Padana, dove si è manifestato un andamento opposto (Esposito et al., 2006). La presenza di trend positivi sia per la temperatura minima che per la massima è stata confermata anche per il periodo 1961-2007. In particolare, per la temperatura massima l'incremento è stato di 1,2 °C con soli due punti di discontinuità, il primo nel 1985 e il secondo nel 1996, mentre per la temperatura minima l'incremento è risultato di circa 0,8 °C e con un cambiamento di tendenza intorno al 1986. Anche l'analisi a livello stagionale della temperatura minima e massima mostra prevalentemente un *trend* in aumento. Gli incrementi maggiori si sono avuti in estate rispettivamente con 2 °C per la temperatura massima e 1,5 °C per la temperatura minima (Giavante et al., 2009).

Un'attenzione particolare meritano infine i fenomeni estremi quali le ondate di calore. Queste sono caratterizzate dal verificarsi di temperature massime al di sopra di determinati valori soglia che si registrano per un certo numero di giorni consecutivi. Di recente, risultati ottenuti da analisi dei dati termometrici relativamente alle ondate di calore definite come sequenze di almeno 6 giorni consecutivi con temperature massime giornaliere superiori al 90° percentile della distribuzione storica giornaliera, hanno consentito di avere una panoramica del quadro climatico italiano degli ultimi anni. In particolare, nel trentennio 1977-2006 gli episodi di ondate di calore sono aumentati maggiormente nelle zone centro-settentrionali rispetto al trentennio 1971-2000, ma soprattutto il dato che è emerso in maniera più rilevante è l'allungamento di circa 10-15 giorni della durata media dei fenomeni. Inoltre, le ondate di caldo verificatesi in Italia dal 1961 al 2006 mostrano che la maggior parte dei fenomeni durante i mesi da maggio a settembre risultano più frequenti a partire dal 2000 (Esposito et al. 2009).

Per quanto riguarda il THI, analisi riferite ad un periodo di 8 anni (2000-2007) e basate sui dati raccolti presso circa 30 stazioni distribuite sul territorio nazionale, indicano la tendenza ad una diminuzione dei giorni con rischio nullo ed un aumento dei giorni appartenenti alla classe di rischio medio e massimo durante il trimestre giugno-agosto, con uno spostamento del periodo a maggior rischio dal mese di agosto a quello di luglio. Anche l'analisi dell'andamento del THI orario nel corso della giornata, in quanto funzionale alla valutazione di un recupero fisiologico degli animali durante le ore notturne, mostra che le ore caratterizzate da valori di THI associabili a rischio massimo sono concentrate principalmente nei mesi di luglio e agosto, con valori che risultano comunque significativamente elevati anche per il mese di giugno (Esposito et al. 2009). In linea con queste osservazioni, in uno studio recente riferito all'area del Mediterraneo è stato riportato che nel periodo 1951-2000 si è verificato un aumento significativo in tutto il bacino e che tale incremento è risultato particolarmente marcato nei mesi estivi (Segnalini et al. 2010).

Sulla base di quanto riportato finora e rimandando comunque al capitolo dedicato al comparto zootecnico per un'analisi approfondita delle possibili azioni di adattamento, si ritiene di poter indicare che la dinamica del THI dovrebbe essere presa in attenta considerazione da parte degli allevatori e dei *decision maker* nella pianificazione degli investimenti e che almeno parte di questi dovrebbe essere destinata all'implementazione di interventi di adattamento che si renderanno necessari per limitare l'impatto del caldo ambientale sul benessere, le *performance* e la salute degli animali allevati.

Al fine di ridurre gli impatti diretti e indiretti del cambiamento climatico sulla diminuzione di produttività e per la salvaguardia della salute e del benessere degli animali da allevamento, specie nei mesi estivi, è importante per gli allevatori sviluppare una maggiore capacità di adattamento al verificarsi di condizioni meteo-climatiche critiche.

L'elaborazione e la diffusione di indicazioni di allerta dell'indice THI[31] in funzione delle diverse classi di *stress* (nullo, moderato, elevato ed emergenza) consentiranno agli operatori del settore di pianificare l'attività di allevamento e di adottare le contromisure più adeguate per fronteggiare condizioni meteorologiche di rischio per gli animali salvaguardando la quantità e la qualità del prodotto.

La disponibilità di utili informazioni su particolari condizioni termo-igrometriche permetterebbe agli allevatori di mettere in atto alcune importanti soluzioni e interventi di gestione dell'allevamento per ridurre le situazioni di *stress* dovute al caldo, quali ad esempio:

- garantire una buona disponibilità di acqua in termini di quantità e con temperatura adeguata;

- pianificare l'approvvigionamento alimentare (es. fienagione) e adeguamento della razione e delle modalità di somministrazione (es. ore serali);

- controllare l'efficacia e l'efficienza circa l'impiego dei sistemi di ventilazione e raffrescamento nelle differenti condizioni (ventilatori, spruzzatori, ombreggiamento, ecc.);

- programmare le inseminazioni.

2.6 PATOGENI E INSETTI

2.6.1 Impatti sui patogeni delle colture

Gli studi d'impatto dei cambiamenti climatici sui sistemi colturali hanno, sino a questo punto, considerato effetti sulla produttività delle colture attraverso l'uso di modelli biofisici di simulazione. Un ulteriore contributo è stato dato da studi sull'adattamento nei quali sono state valutate modifiche dell'agrotecnica allo scopo di mantenere i livelli produttivi attuali, quantificando l'uso di risorse nei nuovi scenari. Sono stati però ignorati i parassiti entomatici e i patogeni in rapporto al loro impatto sulla produttività, sull'ambiente, sull'agrotecnica necessaria per contenere il danno e sulle risorse richieste.

Scenari climatici che stimino una modifica delle medie di variabili come temperatura o pioggia (Bellocchi et al., 2010) possono portare ad un impatto diversificato sulle produzioni agricole dovuto a patogeni, principalmente attraverso tre

[31] Un sistema di allerta precoce per i bovini da latte è già disponibile sul sito web www.cra-cma.it/sac.

meccanismi: 1) condizioni ambientali più favorevoli allo sviluppo di patogeni; 2) maggiore frequenza/gravità di stati di *stress* abiotico delle colture (termico, idrico) che aumentano la sensibilità rispetto a patogeni che hanno un impatto solo in queste condizioni dell'ospite; 3) importazione di patogeni nuovi da aree sub-tropicali.

Per quanto riguarda i patogeni fungini che colpiscono l'apparato aereo delle piante, l'incidenza dei sintomi di malattia è stata rilevata dagli osservatori regionali e in molti casi si dispone di dati di rilievi epidemiologici poliennali (*Phytophthora infestans* su pomodoro e patata, *Plasmopara viticola* su vite, gli oidi, *Ventura inaequalis* agente della ticchiolatura del melo e altri). Per le stesse ragioni sono disponibili i dati epidemiologici di diversi insetti dannosi alle colture.

Di questi patogeni esistono già modelli previsionali (spesso calibrati su scala) a cui fanno riferimento i protocolli di produzione integrata in frutticoltura e orticoltura per la difesa delle colture.

Diversamente dai patogeni epigei, per i patogeni fungini dell'apparato radicale o patogeni tellurici (o *soil-borne pathogens*) spesso i sintomi causati non vengono correttamente associati ai patogeni radicali che li generano, perché la corretta identificazione dell'agente richiede isolamento e riconoscimento in laboratorio. Quindi non esistono dati epidemiologici poliennali ma spesso solo segnalazioni di eventi. Inoltre i patogeni del suolo sono fortemente influenzati dall'andamento climatico per due motivi: 1. la crescita e lo stato di quiescenza nel suolo dipende da umidità e dalla temperatura; 2. la loro pericolosità per la pianta aumenta con lo stato di *stress* (freddo, *stress* idrico, asfissia, presenza di altre patologie biotiche, ecc). Mentre i patogeni tellurici pianta-specifici e di alto impatto economico come *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* o *Verticillium dalhiae*, agenti di tracheomicosi, sono di fatto ad oggi controllati con il miglioramento genetico o la disinfezione del suolo, gli agenti del complesso di necrosi radicale (*Cylindrocarpon destructans* e *Cylindrocarpon* sp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., e altri, detti anche patogeni secondari) responsabile del declino produttivo delle colture erbacee (mal del piede del frumento, declino produttivo di fagiolino, patata e altre colture orticole di pieno campo), delle morie precoci delle orticole in sistema intensivo (insalate, fragola) e della morìa delle giovani piante in frutteti di reimpianto, vengono in buona parte controllati con le pratiche agricole (riduzione dello stato di *stress* abiotico delle colture, rotazioni, mantenimento di un livello ottimale della sostanza organica, ecc).

Già nel 2003 la Comunità europea classificava come soggetti a desertificazione (ovvero con un contenuto di sostanza organica dei suoli inferiore al 2%) il 74% dei suolo della fascia mediterranea dell'Europa in cui si concentrano la maggior parte delle produzione frutticole (drupacee e agrumi in particolare) e orticole dell'Europa (Berger, 1986; Jones e Montanarella, 2003). Alla luce di questo andamento del principale fattore di fertilità dei suoli, confermato anche dalla crescente problematica del declino produttivo dei fruttiferi e delle orticole di pieno campo, le proiezioni di scenari di cambiamenti climatici (IPCC, 2007a), con l'aumento di eventi estremi e condizioni di *stress*, indicano la necessità di una strategia di valutazione preventiva di scenari produttivi.

A conferma del graduale cambiamento dei patogeni del suolo in risposta all'aumento delle temperature medie osservate negli ultimi 15 anni, vi sono alcuni esempi di patogeni del suolo che da emergenti in Italia ed in Europa e nelle regioni temperate degli Stati Uniti agli inizi degli anni 90, sono divenuti economicamente importanti dopo il 2000, fra questi:

- *Colletotrichum coccodes*, agente di antracnosi della patata, che in Italia, come in molti paesi Europei, sta sostituendo per importanza *Rhizoctonia solani*, con sintomi simili, ma con un impatto economico sulla coltura anche più alto di quanto ne abbia *Rhizoctonia solani* AG-3, la Rhizoctonia specifica della patata (Lees e Hilton, 2003; Manici e Caputo 2009);
- *Sclerotium rolfsii* (o *Athelia rolfsii*), fungo tipico delle zone su tropicali, che in Italia, da solo patogeno della bietola al sud negli anni 70-80, è arrivato a causare negli ultimi anni gravi danni a patata, fagiolino e altre orticole nel nord Italia, Veneto ed Emilia Romagna in particolare. Questa dinamica dell'adattabilità e aggressività del patogeno riflette quanto si sta osservando anche negli Stati Uniti dove *S.rolfsii* si è spostato anche a zone tipicamente più fredde rispetto a 20-30 anni fa, quanto rappresentava un patogeno di importanza economica solo negli stati del sud, in zone sub-tropicali o caldo-aride (Xu et al., 2008);
- *Macrophomina phaseolina*, agente di marciume carbonioso, fungo termofilo di origine tropicale, che sta divenendo un patogeno economicamente importante di melone, fragola e altre orticole in Spagna e nelle zone temperate degli Stati Uniti (Aegerter et al., 2000; Avilés et al., 2008; Koike, 2008), mentre in Italia, da solo patogeno del girasole negli anni 80, è oggi individuato come componente del complesso di necrosi radicale di fragole, diverse orticole e fruttiferi.

Al tempo stesso, studi preliminari sull'infezione potenziale di patogeni della parte aerea delle colture mostrano scenari differenziati di risposta in rapporto sia ai diversi patogeni, sia alle mutate condizioni ambientali. In rapporto ai

patogeni, la risposta alla temperatura ne fa stimare per alcuni l'estensione ad areali che ne sono attualmente liberi, per altri una maggiore infeziosità nelle aree in cui già sono endemici. Per altri, sempre in aree specifiche, in rapporto alla diversa umidità dell'aria conseguente a regimi pluviometrici e diversa evapotraspirazione potenziale, si stima una diminuizione del loro impatto sulle colture (Confalonieri et al., 2009 e 2010). Le condizioni ambientali stimate dai diversi scenari climatici, infatti, pur con una tendenza generale di aumento delle temperature dell'aria (Semenov et al., 2010), ci mostrano scenari assai diversificati di precipitazioni, richiedendo un'analisi specifica per ogni ambiente (Bregaglio et al., 2010).

Per valutare l'impatto di scenari di cambiamento climatico sulla pressione di patogeni fungini su colture agrarie è stato utilizzato il modello di infezione potenziale sviluppato da Magarey et al. (2005). Il modello possiede un passo temporale orario e simula la risposta di un patogeno fungino sia alla temperatura dell'aria sia alla durata di bagnatura fogliare, utilizzando parametri con un chiaro significato biologico. L'applicazione CLIMA (Donatelli et al., 2009) è stata utilizzata per generare variabili meteorologiche orarie a partire da dati giornalieri. In generale, la valutazione delle dinamiche riguardanti l'interazione pianta-patogeno in scenari di cambiamento climatico risulta cruciale per comprendere le sfide che gli agricoltori dovranno affrontare nei prossimi anni. I risultati della simulazione (Figure 2.16a, 2.16b e 2.16c) mostrano come la risposta di diversi patogeni fungini possa essere estremamente diversificata, richiedendo per questo motivo una valutazione caso per caso (Bregaglio et al., 2010).

Il contesto presentato per i patogeni fungini si può ritenere valido anche per i patogeni entomatici. L'analisi degli impatti e lo sviluppo di strategie di adattamento possono esser effettuati attraverso modelli basati sulla simulazione di processi bio-fisici, in cui si stimi la risposta dei complessi di patogeni per le colture d'interesse, in contesti ambientali specifici (Donatelli et al., 2010). Lo studio del potenziale impatto dei patogeni su colture attraverso modelli può essere effettuato principalmente con due modalità, vale a dire simulando sostanzialmente una risposta potenziale del patogeno, o simulando l'interazione tra patogeno e coltura. Tutte le metodologie di analisi che rientrano in queste due tipologie di analisi richiedono lo sviluppo di una base dati e di strumenti di simulazione che consentano un'analisi specifica degli obiettivi e delle condizioni ambientali valutate.

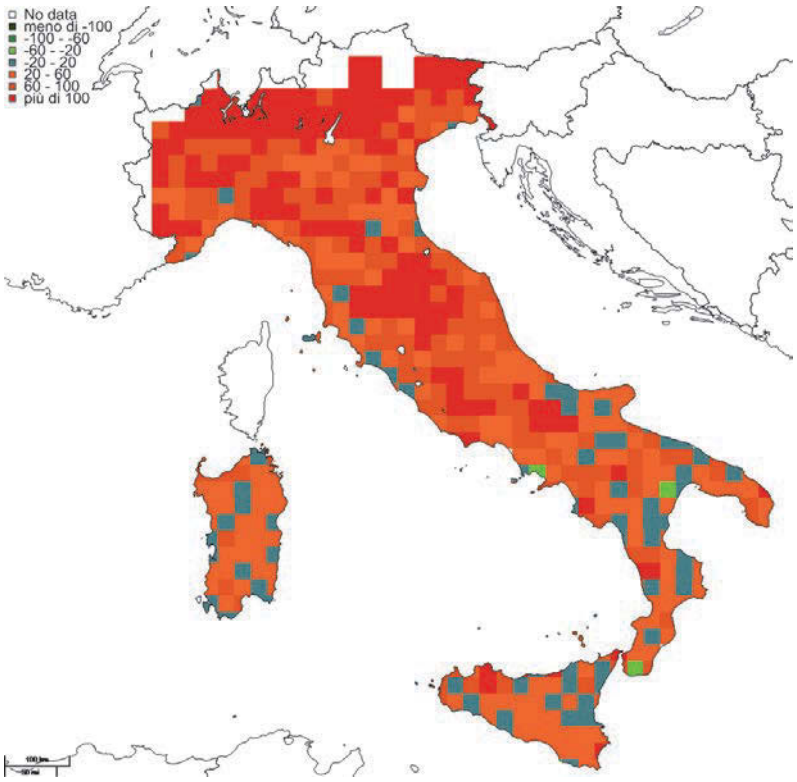


Figura 2.16a. Media delle differenze tra il numero di eventi di infezione potenziale ottenuti utilizzando lo scenario climatico A1B-2050 rispetto a quelli del periodo di riferimento (1987-2006). Il patogeno simulato è *Puccinia recondita* (agente eziologico della ruggine bruna del frumento).

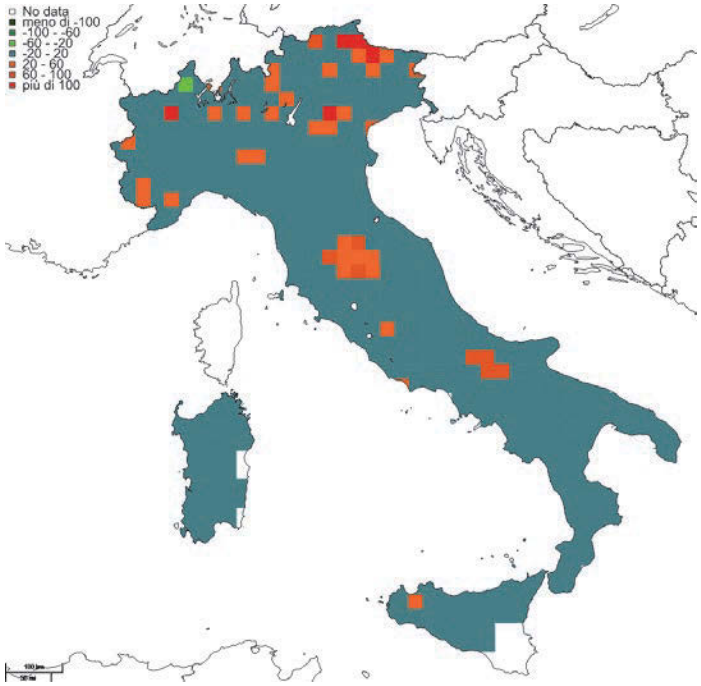


Figura 2.16b. Media delle differenze tra il numero di eventi di infezione potenziale ottenuti utilizzando lo scenario climatico A1B-2050 rispetto a quelli del periodo di riferimento (1987-2006). L'agente patogeno simulato è *Sclerotinia sclerotiorum* (agente eziologico del marciume al colletto o "muffa bianca" del girasole).

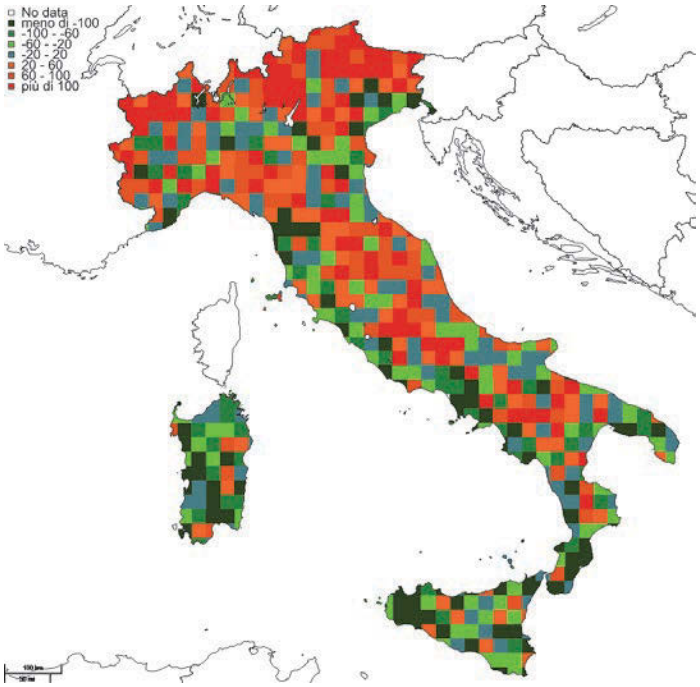


Figura 2.16c. Media delle differenze tra il numero di eventi di infezione potenziale ottenuti utilizzando lo scenario climatico A1B-2050 rispetto a quelli del periodo di riferimento (1987-2006). Il patogeno simulato è *Phytophthora infestans* (agente eziologico della peronospora della patata).

2.7 BIODIVERSITÀ E MODELLISTICA

2.7.1 Modellistica del regime idro-climatico del territorio rurale e biodiversità delle specie di interesse agrario per l'individuazione di opzioni di adattamento a breve e lungo termine

Studi recenti hanno dimostrato che le piante rispondono in modo univoco ad una combinazione di *stress* abiotici e che non è possibile predire la risposta a *stress* multipli dalla conoscenza delle risposte ai singoli *stress*. D'altra parte ci sono indicazioni di determinanti comuni della risposta a *stress* diversi, come per esempio il caso della risposta della germinazione alle basse temperature, alla salinità e alla siccità, risposta che sarebbe determinata dagli stessi geni (Foolad et al., 2003).

La siccità e la salinità sono due importanti fattori limitanti delle produzioni agrarie in una regione (Amiri et al 1998, Gregory 2006). Le piante rispondono e si adattano allo stress al livello della pianta intera, delle radici e di altri organi, fino al livello cellulare e molecolare. L'azione dell'ABA (acido abscissico), per esempio, contribuisce a determinare la risposta a condizioni di *stress* abiotici, come disseccamento e salinizzazione del suolo o basse temperature (Cutler, 2005). Durante l'adattamento alla siccità si attivano processi metabolici e fisiologici che possono accrescere la resistenza alla deidratazione, come incrementi negli zuccheri solubili ed alcune proteine (Aspinall et al, 1981; Ibarra-Caballero et al., 1988; Arakawa et al., 1990; Lane, 1991; Andersen et al. 2002). Evidentemente, il legame tra processi biochimici e tratti genetici determina importanti differenze tra le varietà nella risposta in termini di qualità e quantità della produzione.

Le strategie di adattamento delle colture ad un ambiente che cambia richiedono significative variazioni nello sviluppo fenologico, principalmente nell'epoca di fioritura (Passioura, 2007). Le modalità di adattamento più comuni per le colture invernali in zone mediterranee con scarse precipitazioni sono l'anticipazione della fioritura e della formazione del seme rispetto all'inizio del periodo di siccità prolungata, come osservato da Fereres et al. (1998) per il girasole in Spagna e da Cooper et al (1987) per il cece in Siria. Tuttavia, l'anticipazione della fioritura espone maggiormente le colture alle basse temperature, come osservato da Clarke et al. (2004a) per il cece e da Huang et al. (2005) per il grano e l'orzo. In letteratura si trovano indicazioni che nuove tecniche di miglioramento genetico permetterebbero di ridurre il rischio di danni da basse temperature (Clarke et al., 2004b).

Per il grano, lo *stress* termico è stato identificato come uno dei fattori più significativi che influiscono sulla quantità e sulla qualità della produzione. Nella regione mediterranea si possono raggiungere temperature elevate anche nel periodo di riempimento del seme, con danni alle proprietà molitorie e panificatorie delle farine. Gli effetti negativi dello stress termico possono essere provocati sia da persistenti temperature al di sopra della media, sia da brevi periodi con temperature molto elevate (Skylas et al., 2002).

Tutte le risposte a stress abiotici sopra riportate e descritte brevemente, sono molto variabili tra *cultivar* di una stessa specie. D'altra parte i processi che determinano tali differenze non sono facilmente riconducibili a semplici descrizioni del tipo usato in modelli meccanicistici dell'accrescimento delle colture. In questa sede si propone di usare direttamente la ricca conoscenza sulla variabilità dei caratteri genetici che determinano la risposta delle *cultivar* agli *stress* abiotici, usando modelli meccanicistici solo allo scopo di caratterizzare l'ambiente pedoclimatico in cui la coltura si sviluppa. In altre parole proponiamo di progredire verso l'adattamento al cambiamento climatico identificando le *cultivar* ottimali per le condizioni pedo-climatiche previste, in luogo di stimare gli impatti sulle colture attuali in un pedo-ambiente assegnato.

<u>Metodi: dagli scenari climatici a grande scala all'ambiente pedoclimatico per unità di paesaggio.</u>

La risoluzione spaziale degli scenari climatici generati con modelli numerici è bassa ed insufficiente per la valutazione delle alternative colturali per unità di paesaggio. L'uso di modelli climatici a risoluzione spaziale più elevata è una soluzione solo apparente, vista l'impossibilità di determinare con l'accuratezza ed affidabilità necessarie il clima previsto in un orizzonte temporale da 30 a 50 anni ad alta risoluzione spaziale.

Il primo passaggio di scala, dallo scenario climatico al paesaggio ed alle singole unità di paesaggio è realizzato costruendo un'applicazione GIS che rappresenti in modo esplicito (Fig. 2.17) la struttura del paesaggio, compresa la distribuzione dei suoli e della copertura vegetale. L'andamento della temperatura, umidità e salinità nel suolo in risposta all'andamento climatico viene calcolato per ogni singola unità suolo-vegetazione usando un modello numerico di simulazione.

Il modello integra numericamente le equazioni differenziali del secondo ordine che descrivono il trasporto di calore, acqua e soluti in un mezzo poroso insaturo. Le condizioni al contorno superiore del dominio di integrazione vengono definite in base alle condizioni meteorologiche, in particolare alla domanda evaporativa ed al flusso di calore scambiato dal sistema suolo-vegetazione con l'atmosfera (Kroes et al. 2003, Stöckle et al. 2003).
Il modello rappresenta in modo schematico (semplificato) i processi che determinano i flussi di energia ed acqua nel sistema suolo-vegetazione-atmosfera. La pianta ha un ruolo essenziale nel determinare tali flussi, quali la ripartizione dell'energia radiante e del flusso d'acqua in traspirazione ed evaporazione. L'architettura della copertura vegetale, del suo apparato radicale ed i meccanismi di risposta ai fattori abiotici vengono rappresentate in un modello meccanicistico con relazioni semplificate (parametrizzazioni) derivate da esperimenti. Da una parte è sufficiente rappresentare, in questi modelli, le differenze principali tra tipi di vegetazione, dall'altra la base sperimentale non permette di caratterizzare, salvo in particolari casi, le differenze tra varietà di una stessa specie.

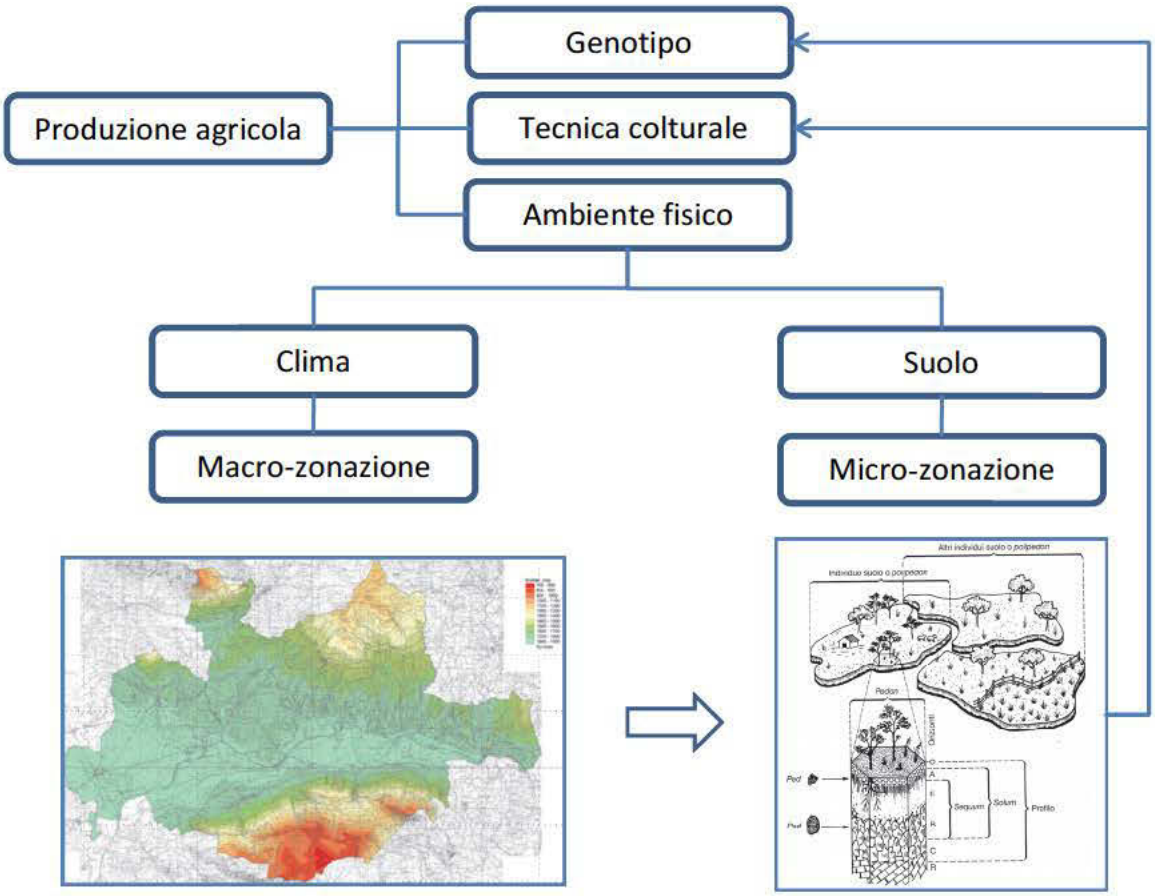


Figura 2.17 Descrizione schematica della metodologia seguita per legare il regime idro-termico delle singole unità di paesaggio all'andamento o scenario climatico a scala regionale.

Da qui nasce l'ipotesi centrale del metodo proposto: per la caratterizzazione dell'ambiente pedoclimatico è sufficiente rappresentare il funzionamento della specie per mezzo di una varietà rappresentativa, utilizzando poi l'andamento della temperatura, contenuto d'acqua e di soluti nel suolo per valutare la risposta di varietà diverse sulla base dei requisiti pedo-climatici, noti per un ampio spettro di specie e varietà. Questa ipotesi porta a linearizzare l'analisi della risposta varietale alle condizioni climatiche, in quanto si assume che tale analisi possa essere effettuata in due passi successivi, nel primo dei quali non si considerano differenze varietali.

Il secondo elemento del metodo proposto per identificare e valutare le opzioni colturali si basa sulla constatazione della relativa abbondanza di informazioni sui requisiti pedoclimatici di un ampio spettro di varietà delle colture più importanti e della scarsezza di informazioni sui parametri necessari per caratterizzare la risposta varietale al clima con modelli meccanicistici. Di qui la proposta di separare questa analisi in due passi successivi: il primo per la caratterizzazione delle condizioni pedoclimatiche ed il secondo, qui descritto, concentrato sulla raccolta ed analisi di informazioni sui requisiti pedoclimatici del più ampio spettro possibile di colture e varietà.

L'approccio proposto permette di sfruttare efficientemente il patrimonio di conoscenze sulla biodiversità delle specie di interesse agrario, il cui potenziale per l'adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti climatici è enorme e poco noto. In pratica la biodiversità si traduce in un ampio spettro di requisiti pedoclimatici per una singola specie, con il potenziale di individuare la varietà per la quale le condizioni pedoclimatiche di una specifica unità di paesaggio sono ottimali piuttosto che limitanti, come si potrebbe concludere sulla base di un'analisi riferita ad una sola varietà od in media alla specie.

Si riportano come esempio le possibilità di risposta ai cambiamenti climatici offerte da alcune colture (e loro varietà, diffuse attualmente), in termini di risposta produttiva (quanti-qualitativa), di possibilità di permanenza della coltura (specie e varietà) nelle aree di diffusione attuale, di possibili cambiamenti della distribuzione geografica delle aree di crescita.

Questo argomento è stato sviluppato considerando due periodi climatici e un sito di riferimento nella Regione Campania, ove esistevano informazioni sulle proprietà fisiche dei suoli sufficienti a caratterizzarne il regime idro-termico in funzione dell'andamento climatico.

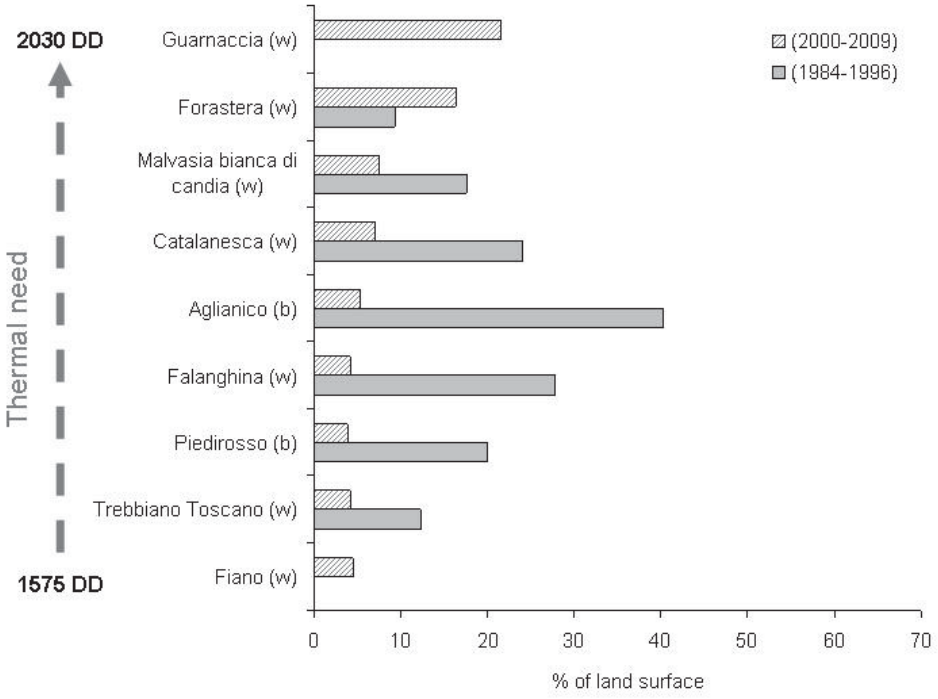


Figura 2.18 Area di coltivazione di varietà di vite stimata per le condizioni climatiche osservate (1984 – 1996) e previste (2000-2009).

Sono state considerate le specie più importanti per l'agricoltura delle zone collinari campane: vite, olivo, frumento e cereali. Per la vite ad esempio sono state considerate nove varietà di generale rilevanza per la zona ed i corrispondenti requisiti termici. I risultati ottenuti (Bonfante et al 2010) (Fig. 2.18) indicano una notevole contrazione dell'area di coltivazione per due varietà dominanti della viticoltura attuale (Aglianico e Falanghina) ed una notevole espansione di due varietà (Forastera e Guarnaccia) non compatibili con le attuali condizioni climatiche.

Analisi simili sono state effettuate per olivo e frumento, sempre per la zona collinare considerata.

2.8 ASPETTI ECONOMICI E OPERATIVI

2.8.1 Instabilità climatica e processi decisionali in agricoltura: effetti economici, adattamento e politiche agricole

Il dibattito sui cambiamenti climatici tende a privilegiare l'aspetto della mitigazione. Tuttavia, poiché ad oggi non appare probabile che la risposta in termini di mitigazione a livello globale sia particolarmente incisiva, è poco plausibile attendersi una inversione di tendenza rispetto ai cambiamenti climatici previsti. Pertanto, è logico ipotizzare che le strategie di adattamento continueranno a svolgere un ruolo importante nel ridurre gli effetti negativi derivanti dalle condizioni climatiche che prevarranno nel futuro. Inoltre, le strategie di adattamento potranno consentire, nelle aree dove le nuove condizioni lo permetteranno, di sfruttare gli eventuali effetti positivi derivanti dai cambiamenti climatici.

Questo paragrafo svolge alcune considerazioni sulle strategie di adattamento ai cambiamenti climatici e le loro ripercussioni economiche, e indica alcune possibili aree di intervento politico per agevolare queste strategie.

Per il settore agricolo è normale adattarsi continuamente alle nuove condizioni ambientali, tecnologiche e di mercato che si presentano modificando, ad esempio, le scelte produttive, le strutture produttive, l'uso delle risorse, le tecniche produttive e le strategie di gestione del rischio. In particolare, il settore agricolo opera in una condizione d'incertezza sugli stati della natura che si possono affermare in futuro e influenzare i risultati delle scelte di conduzione aziendale fatte dall'imprenditore. Ad esempio, gli agricoltori prendono le decisioni sulle colture da seminare in base ad attese sullo stato della natura che prevarrà in futuro, quando, durante i processi di allegagione o maturazione, le colture sono molto sensibili all'andamento delle temperature o delle disponibilità idriche. Queste attese si formano seguendo processi lunghi di maturazione che generano il bagaglio di esperienza dei singoli imprenditori agricoltori. Quel bagaglio, fornendo la capacità di prevedere lo sviluppo delle condizioni operative nel territorio in cui si lavora, rappresenta uno degli elementi basilari della formazione professionale in agricoltura.

In questi termini, i modelli di analisi economica identificano come costo dell'incertezza connaturata alle decisioni in agricoltura, il divario tra il reddito ottenuto con le scelte fatte e quello che si sarebbe avuto conoscendo con sicurezza lo stato della natura che si determina. Il divario si deve al fatto che in condizioni d'incertezza gli agricoltori assumono comportamenti precauzionali e prendono varie contromisure per tutelarsi dalla mancata realizzazione delle loro previsioni. Queste contromisure consistono in modifiche degli ordinamenti o delle tecniche colturali, oppure nell'attivazione di strumenti assicurativi. Questi interventi determinano oneri che sono proporzionali al grado d'incertezza sugli stati della natura che prevarranno e alla perdita di reddito che si può associare alla mancata realizzazione delle previsioni.

Il cambiamento climatico modifica il regime delle attese che guida le scelte degli imprenditori agricoli. In particolare, l'aspetto che appare importante considerare per l'impatto economico non riguarda solo la variazione assoluta nei livelli di alcune variabili climatiche: aumenti di temperatura o riduzioni di piovosità. Un impatto rilevante sembra associabile soprattutto alla maggiore variabilità nei fenomeni atmosferici, che rende molto incerto il quadro decisionale. Questo, infatti, può accrescere sensibilmente l'incertezza e, quindi, gli oneri dovuti alle strategie messe in atto dagli agricoltori per tutelarsi dalla mancata realizzazione delle previsioni sugli stati della natura che influenzeranno i risultati delle loro scelte.

Gli studi che stimano l'impatto di quest'incertezza ne rilevano un'entità del tutto apprezzabile. Inoltre, quando l'impatto è valutato ad esempio sul regime pluviometrico, emerge che l'aumento d'incertezza colpisce soprattutto alcune tipologie aziendali, come quelle interessate alle colture irrigue orticole, ma anche le aziende bovine da latte. Ad esempio, si nota un apprezzabile effetto economico associato all'aumento di variabilità delle piogge che restringe i periodi in cui svolgere le operazioni di semina, trapianto, fino alla raccolta di varie colture. Ciò ha effetti sulla loro maturazione e immissione sul mercato o sull'approvvigionamento di foraggi. Inoltre, si può notare che l'aumento di variabilità nell'accumulo idrico nei piccoli e medi invasi, contribuisce ad accrescere lo sfruttamento delle falde acquifere cui le imprese si rivolgono per supplire all'instabilità nelle risorse degli impianti collettivi o degli apporti meteorici. Questo suggerisce che i processi di adattamento al cambiamento climatico, quando sono spontanei, possono avvenire a carico delle risorse naturali meno tutelate, accelerandone in modo preoccupante i fenomeni di degrado.

Con specifico riferimento alle risorse idriche, ad esempio, i cambiamenti climatici in atto impongono una crescente attenzione alla razionalizzazione dell'uso dell'acqua. Le prolungate siccità, che fino a pochi anni fa riguardavano solo le regioni meridionali dell'Italia, in questi ultimi anni rappresentano un fenomeno ricorrente anche nelle regioni settentrionali, tradizionalmente ricche di acqua. La disponibilità di risorsa idrica diventa poi fondamentale quando si

trattano i problemi delle aree della collina interna del meridione d'Italia con condotte con sistemi colturali in asciutto. Le prime evidenze mostrano che i fenomeni di degrado di queste aree, che si traducono in un processo di desertificazione, sono accelerati non solo dall'instabilità dei regimi pluviometrici e, dunque, delle disponibilità idriche, ma anche dall'aumento delle temperature.

I ripetuti e ravvicinati eventi siccitosi obbligano a migliorare la gestione della risorsa idrica, specie da parte dell'agricoltura, settore fortemente dipendente dalla sua disponibilità. Senza l'apporto di adeguate e certe quantità di acqua si andrebbe infatti incontro a gravi problemi di concorrenza nei confronti degli altri Paesi Europei e non sarebbe possibile garantire l'elasticità alle produzioni e rispondere alle mutevoli esigenze del mercato.

Una corretta pianificazione e gestione delle risorse idriche contribuisce, inoltre, fortemente alla tutela e alla sicurezza dell'intero territorio grazie alla costante azione di manutenzione delle opere, degli impianti, delle reti e dei corsi d'acqua naturali e di smaltimento delle acque attraverso un'idonea regolazione idraulica. Nel nostro Paese la rilevanza dell'azione di bonifica rappresenta una realtà storica e questa infrastrutturazione è in grado di garantire la sicurezza idraulica di vasti territori agricoli, ma anche di centri urbani, aree produttive e vie di comunicazione.

In tale ambito va ribadito il ruolo importante che l'applicazione delle disposizioni previste dalla direttiva quadro per le acque può svolgere. La norma rappresenta uno strumento coerente per la gestione integrata delle risorse idriche, ma non affronta direttamente la problematica dei cambiamenti climatici. Pertanto, bisognerà integrare nei piani di distretto idrografico, ove non presenti, misure per far fronte ai mutamenti del clima nell'ambito della sua attuazione per tutti i settori coinvolti (industriale, civile, trasporti, energia, agricoltura e turismo).

Analogamente, la normativa proposta in materia di valutazione e di gestione delle alluvioni dovrà focalizzare l'attenzione sugli aspetti della prevenzione, della protezione e della preparazione; la fase di attuazione dovrebbe comprendere l'esame dell'entità di eventuali eventi estremi che potrebbero verificarsi in futuro, al fine di ridurne i rischi. Oltre a quelle di natura strutturale, andrebbero privilegiate misure di carattere non strutturale, che utilizzano al massimo processi naturali per ridurre il rischio di alluvioni, ad esempio intervenendo sulle zone umide, aumentando al massimo le capacità di contenimento alla fonte, e incentivando un uso sostenibile del suolo e una pianificazione territoriale in grado di limitare l'esposizione e la vulnerabilità ai cambiamenti climatici.

Con riferimento specifico alle misure infrastrutturali, come ribadito dalla Commissione, andrà verificato che anche i progetti infrastrutturali finanziati tengano conto delle condizioni climatiche che prevedibilmente caratterizzeranno la fine del secolo. Ciò in quanto gli investimenti che alle condizioni attuali si rivelano ottimali potrebbero non essere necessariamente praticabili dal punto di vista economico in altre condizioni climatiche, o se si tiene conto degli impatti che hanno sulla salute degli ecosistemi. In altri termini, gli investimenti a medio e lungo termine dovrebbero essere "a prova di clima" cioè convenienti nelle varie possibili condizioni climatiche future. Nelle aree in cui tutte le misure di prevenzione sono attuate conformemente alla gerarchizzazione delle opzioni idriche (dal risparmio idrico alla politica di tariffazione dell'acqua e soluzioni alternative), tenendo in debito conto la dimensione costi-benefici, in cui la domanda è comunque superiore alla disponibilità di acqua, vanno create ulteriori infrastrutture di approvvigionamento idrico, attraverso lo stoccaggio di acque di superficie o sotterranee, il trasferimento d'acqua o l'uso di sorgenti alternative. A tale proposito va ricordato che opzioni alternative, quali la desalinizzazione e il riutilizzo delle acque reflue, sono sempre più prese in considerazione in tutta Europa come soluzioni potenziali.

A livello regionale e locale, il settore agricolo può contribuire al miglioramento della qualità delle acque e al risparmio idrico attraverso l'adozione di pratiche agricole sostenibili ed anche alla mitigazione e all'adattamento al cambiamento climatico. Come noto, la tutela qualitativa e quantitativa delle risorse idriche e la lotta ai cambiamenti climatici rappresentano alcuni degli obiettivi prioritari del Piano Strategico Nazionale (PSN); inoltre queste tematiche sono state riconosciute come parte delle nuove sfide dell'*Health Check* e del Piano di rilancio economico UE. L'attuazione a livello regionale delle politiche per lo sviluppo rurale può contribuire, quindi, fortemente al perseguimento degli obiettivi previsti.

Tutto il quadro descritto va valutato con attenzione anche perché le conseguenze della maggiore variabilità nei fenomeni atmosferici si sovrappongono agli effetti della maggiore instabilità dei prezzi sui mercati agricoli e dell'abolizione dei sistemi che ne regolavano le evoluzioni, nonché del processo di disaccoppiamento dei pagamenti diretti dalla produzione. L'integrazione tra tutti questi elementi di aumento dell'incertezza, in un quadro di difficile competizione internazionale, può condizionare notevolmente la competitività del settore agricolo non solo nel breve ma anche nel lungo periodo. Infatti l'accresciuta incertezza può far contrarre drasticamente la propensione a investire.

L'analisi di quest'aspetto suggerisce che, se è opportuno disegnare le politiche di adattamento ai cambiamenti climatici in base alle caratteristiche delle agricolture e dei territori locali, è anche utile ripensare il quadro di regolazione dei mercati agricoli. In particolare, dato l'aumento d'incertezza associato alle condizioni climatiche può essere utile limitare la variabilità dei principali prezzi agricoli sotto quei livelli che possono innescare pericolose condizioni d'instabilità generale.

Potenziali interventi politici a sostegno dell'adattamento del settore agricolo

Esistono numerose possibilità di intervento pubblico a sostegno dell'adattamento del settore agricolo ai cambiamenti climatici ed alcune sono già state indicate nelle righe precedenti. Tuttavia, appare utile focalizzare l'attenzione su di un set di interventi che appaiono potenzialmente utili. Qui questi interventi sono identificati senza definirne le caratteristiche di dettaglio ma indicando quando essi possono trovare spazio all'interno di gruppi di politiche (in particolare quelle di sviluppo rurale) già attive.

In primo luogo è utile dire che gli interventi pubblici a sostegno dell'adeguamento possono raggiungere questo scopo in tre diversi modi:

A) fornitura di informazioni, conoscenza e strumenti di supporto alle decisioni che siano utili per rafforzare le capacità gestionali del settore agricolo. Questo tipo di approccio ha la caratteristica di influenzare in modo molto limitato i meccanismi di mercato e l'allocazione dei fattori,

B) fornitura di incentivi economici direttamente legati alle attività produttive e all'uso dei fattori che possono influenzare in modo diretto le condizioni in cui gli agricoltori prendono le decisioni,

C) altri ambiti di intervento all'interno della Politica Agricola Comunitaria e nazionale.

Data la natura dei cambiamenti climatici, si ritiene utile predisporre interventi in tutte queste direzioni.

A) Rispetto alla prima categoria di interventi, particolare attenzione dovrebbe essere data alla ricerca, alla comunicazione dei risultati della ricerca, all'assistenza tecnico-economica agli operatori e alla loro formazione.

La ricerca dovrebbe essere indirizzata sul finanziamento di progetti in grado di acquisire informazioni sul cambiamento climatico che siano utili agli operatori agricoli. Pertanto queste informazioni dovrebbero essere definite su di una scala spaziale adeguata alle loro esigenze operative: pertanto dovrebbero essere preferite le ricerche che forniscono *trend* e previsioni a livello regionale. Un altro filone di ricerca importante appare quello finalizzato all'identificazione di tipologie e varietà di piante ed animali che meglio si adattano alle condizioni climatiche attese. Questo tipo di iniziative potrà essere intrapreso finanziando, così come si sta già facendo, progetti di ricerca in ambito agricolo (es. Mipaaf), ma anche svolgendo una attività di sensibilizzazione finalizzata a modificare le priorità di linee di ricerca finanziate da enti non direttamente interessati alle tematiche agricole. Un terzo tipo di filone di ricerca riguarda i modelli di gestione aziendale. La diversificazione delle attività appare come una strategia da valutare con estrema attenzione per ridurre il livello generale di rischio cui sono esposte le imprese in una condizione di crescente instabilità climatica. La diversificazione può riguardare sia l'impegno nelle attività caratteristiche di coltivazione e allevamento, sia l'impegno in attività extracaratteristiche con l'obiettivo integrare e, soprattutto, di stabilizzare il livello totale del reddito. Anche qui si possono finanziare progetti di ricerca in ambito agricolo (es. Mipaaf), oppure intervenire per modificare le priorità di linee di ricerca finanziate da enti non direttamente interessati alle tematiche agricole

Affinché le informazioni ottenute attraverso le attività di ricerca siano di utilità per gli operatori, esse devono essere adeguatamente comunicate agli operatori sottolineandone soprattutto l'utilità pratica. Questo potrà essere svolto non solo dalle Istituzioni regionali e nazionali di sperimentazione e assistenza tecnica, ma anche attraverso i meccanismi di assistenza aziendale cofinanziabili mediante fondi comunitari. Particolare attenzione potrebbe essere data alle opportunità offerte dall'*Audit* aziendale, nonché ad alcune misure delle Politiche di Sviluppo Rurale finalizzate a questa categoria di obiettivi (Es. le misure come la 114 e la 115 che forniscono incentivi ai sistemi di consulenza).

L'assistenza agli operatori dovrebbe essere focalizzata in primo luogo a proporre strategie e innovazioni tecnologiche adeguate ad affrontare i cambiamenti previsti. Tuttavia, al fine di rendere l'azione più incisiva e coinvolgere più concretamente gli operatori, appare necessario fornire indicazioni anche sui benefici e sui costi economici che queste strategie di adattamento possono comportare. Inoltre, non va trascurato il campo tradizionale dell'assistenza, ossia quello volto al recupero dell'efficienza tecnica ed economica, che può aiutare a sopperire a condizioni di crescente scarsità di alcune risorse naturali.

La formazione assume un ruolo utile poiché può consentire di aumentare le competenze e le capacità di scelta degli imprenditori. In particolare, si ritiene importante focalizzare l'attenzione sulla capacità di gestione dei rischi e l'uso dei vari strumenti disponibili (incluse le assicurazioni), sulla gestione dell'irrigazione, sulle scelte di investimento in condizioni di incertezza.

Rispetto a quest'ultimo tema, appare utile sostenere gli operatori agricoli nel pianificare soprattutto le scelte relative a investimenti di lungo periodo. In particolare, potrebbe essere importante fornire un supporto per identificare con loro i cambiamenti che è più utile effettuare nelle loro scelte strategiche di lungo periodo. Particolare attenzione potrebbe essere dedicata all'analisi di quali aree geografiche potrebbero non essere più adatte per le attuali attività

colturali o, viceversa, quali nuove opportunità offrono le nuove condizioni attese. Questa analisi dovrebbe essere svolta considerando, oltre alle previsioni climatiche, anche le possibilità di adattamento alla luce delle innovazioni tecnologiche e delle politiche a sostegno dell'ammodernamento strutturale. Si noti che questa analisi assume estrema rilevanza non solo in ambito agricolo, ma anche in termini di scelte di localizzazione ed approvvigionamento delle attività agro-industriali "a valle" e "a monte" del settore agricolo in senso stretto.

B) La fornitura di incentivi economici direttamente legati alle attività produttive e all'uso dei fattori.

Il sostegno economico può essere finalizzato agli operatori agricoli singoli o associati, oppure finalizzati alla realizzazione di opere pubbliche.

A livello aziendale, un *set* di possibili interventi potrebbe riguardare i seguenti aspetti:

- ✓ sostegno all'introduzione di procedure e attrezzature atte al monitoraggio delle condizioni climatiche, dello sviluppo di patogeni, delle condizioni di *stress* idrico delle colture o di *stress* ambientale degli animali;
- ✓ opere di sistemazione idraulico-agrarie atte alla tutela delle risorse come, in particolare, quelle rivolte:
  - alla protezione del suolo dai fenomeni di erosione e di riduzione del contenuto in sostanza organica,
  - alla protezione delle colture da eventi climatici avversi quali grandine, gelate, vento e altre avversità;
- ✓ investimenti sulle strutture aziendali finalizzate:
  - alla protezione degli animali allevati da condizioni climatiche di *stress* (es. colpi di calore),
  - all'immagazzinamento di alimenti zootecnici,
  - alla creazione di riserve idriche tra cui piccoli invasi aziendali;
- ✓ investimenti aziendali finalizzati all'adeguamento:
  - del parco macchine con particolare attenzione alle nuove esigenze che, a seguito dei cambiamenti climatici, potrebbero determinarsi soprattutto in termini di lavorazione dei terreni,
  - delle infrastrutture e dei macchinari utilizzati per l'irrigazione con particolare riferimento a quegli interventi finalizzati al risparmio idrico, all'incremento della flessibilità e della tempestività degli interventi irrigui.

Le risorse finanziarie necessarie a sostenere tutti questi interventi possono essere veicolate mediante le misure del Programma di Sviluppo Rurale. Data la natura degli interventi, buona parte di essi potrebbero essere finanziati mediante le misure appartenenti all'Asse I e, in particolare, alla misura 121 (Ammodernamento delle aziende agricole), ma anche alle misure 124 (Cooperazione per sviluppo di nuovi prodotti e processi) e 125 (Miglioramento e sviluppo di infrastrutture). Infine, potrebbero essere potenziati gli interventi all'interno della misura 126 specificamente mirata al ripristino del potenziale produttivo danneggiato da catastrofi naturali e alla loro prevenzione.

Tuttavia, date le finalità ambientali associate ad alcuni degli interventi indicati, appare utile fare attenzione anche alle misure appartenenti all'Asse II. In particolare, potrebbe essere valutata l'opportunità di adeguare il sistema dei pagamenti agro-ambientali (Misura 214) e il sistema dei pagamenti finalizzati al raggiungimento di adeguati *standard* di benessere animale (Misura 215).

Per concludere la discussione sui possibili interventi di tipo aziendale, è opportuno valutare le opportunità offerte anche da alcune misure dell'Asse III del PSR. È, infatti, evidente che un modo per adeguarsi a condizioni reddituali agricole più basse e più incerte possa anche ricercarsi attraverso strategie di diversificazione economica che guardino anche al di là delle sole attività produttive agricole. Pertanto appaiono potenzialmente interessanti quelle misure che, ad esempio, mirano alla diversificazione in attività non agricole (misura 311), al sostegno alla creazione e sviluppo di microimprese (misura 312) e all'incentivazione di attività turistiche (misura 313).

Accanto agli interventi a sostegno delle singole aziende, appare utile sostenere anche alcuni investimenti pubblici soprattutto nel campo dell'irrigazione e della tutela idrogeologica. Questi interventi potrebbero essere finalizzati a:

- miglioramento dei sistemi di distribuzione al fine di ridurre le perdite di rete e l'evaporazione;
- costruzione di nuove infrastrutture di accumulo di acqua sia a livello di grandi che di piccoli comprensori: si noti infatti che in alcune aree soprattutto del meridione d'Italia, potrebbero rendersi sempre più necessari ed utili interventi irrigui anche in zone attualmente gestite in regime di asciutta. Questo tipo di interventi potrebbe infatti consentire di rispondere meglio alle condizioni di incertezza climatica attese;

- costruzione e ripristino di elementi dei corsi d'acqua e delle reti di scolo al fine di assicurare la loro funzionalità anche in presenza di precipitazioni particolarmente intense;
- potenziamento delle infrastrutture e dei macchinari necessari per la gestione delle operazioni di bonifica.

Come già indicato, la convenienza di questi interventi dovrà essere valutata con attenzione tenendo conto:

- delle attese evoluzioni delle condizioni climatiche,

- del positivo ruolo che essi possono svolgere nel ridurre l'incertezza climatica,

- del positivo ruolo che essi possono avere in modo diretto o indiretto nella mitigazione dei cambiamenti climatici. Infatti, è utile rilevare che essi possono svolgere un ruolo importante nella lotta alla desertificazione che risulta un fenomeno particolarmente rilevante già oggi nelle aree meridionali d'Italia, in particolare della sua collina interna coltivata con sistemi in regime asciutto.

- del fatto che l'attività agricola attiva, sia "a monte" che "a valle", una serie di attività agro-industriali di particolare rilevanza sia economica, che occupazionale.

C) Altri ambiti di intervento relativi alla Politica Agricola Comune e alle politiche nazionali.

Sempre relativamente alla PAC, appare utile riflettere sulla opportunità che alcuni aspetti relativi alle potenziali ricadute dei cambiamenti climatici sul comparto agricolo possano essere valutate all'interno del dibattito in corso a livello comunitario sulla ridefinizione delle Zone Svantaggiate, nonché in termini di ridefinizione del sistema delle Indennità Integrative destinate a queste aree come, ad esempio, la Misura 212.

Analogamente, appare di estrema attualità, nell'ambito del dibattito in corso sulla riforma della PAC per il periodo successivo al 2013, ripensare al tema della ridefinizione del ruolo e della articolazione del Pagamento Unico Aziendale. Ciò potrebbe essere fatto anche in funzione di alcuni effetti derivanti dai cambiamenti climatici e del ruolo che tale pagamento può svolgere sia nel sostegno e nella stabilizzazione dei redditi, sia nello stimolare comportamenti aziendali utili al perseguimento di obiettivi sociali ed ambientali condivisi.

2.8.2 Ruolo dei servizi tecnici e del monitoraggio

L'agrometeorologia operativa, svolta da molti anni in Italia da servizi centrali e regionali[32], gioca un ruolo essenziale per favorire l'ottimale conduzione delle attività produttive in azienda attraverso la fornitura di previsioni del tempo a breve e medio termine, previsioni specializzate (es. previsione delle gelate radiative o previsione di malattie fungine) di dati sempre aggiornati e di elaborazioni statistiche e modellistiche (es. bilanci idrici, simulazioni di accrescimento e resa).

Una delle caratteristiche tipiche di questi servizi consiste nell'installazione, gestione e potenziamento di reti di monitoraggio agroclimatico, con misure in aria e nel terreno di temperature umidità precipitazioni radiazione solare e altre grandezze fisiche di stretto interesse agricolo, nonché di rilevazioni agrofenologiche, già trattate nel paragrafo "Fenologia e cambiamenti climatici". Dati e previsioni vengono continuamente diffusi per mezzo di bollettini, siti *web*, trasmissioni radiotelevisive e altri mezzi di comunicazione.

Nel contesto del cambiamento climatico questi servizi tecnici e il monitoraggio che essi svolgono diventa ancora più rilevante per documentare i cambiamenti in atto e previsti, ma anche per fornire veri e propri nuovi "servizi climatici" come definiti nella recente Conferenza mondiale sul clima WCC-3 (World Climate Conference) di Ginevra[33]. In questa accezione i servizi climatici consistono nella fornitura di informazioni e previsioni stagionali e climatiche opportunamente regionalizzate, rilevanti per l'adattamento alle oscillazioni e ai cambiamenti del clima, alla pianificazione di lungo termine, e per favorire sistemi di allerta precoce.

È auspicabile che per favorire l'adattamento dell'agricoltura nazionale al mutamento climatico la collaborazione tra servizi centrali e regionali diventi in questi frangenti ancora più stretta di quanto non sia ora, per esempio attraverso l'instaurazione di metodi robusti di scambio e accesso "da pari a pari" a tutti i dati disponibili sia tra il centro e le regioni che tra le regioni confinanti, nonché tra le reti e il mondo della ricerca, che di questi dati ha bisogno per sviluppare e verificare nuovi metodi e modelli utili per il miglioramento delle attività operative e per l'adattamento al cambiamento del clima.

[32] Per un elenco dei servizi e relativi link v. http://www.agrometeorologia.it/link.shtml

[33] http://www.wmo.int/wcc3/page_en.php

Inoltre si reputa sia sempre più importante assicurare un conveniente flusso finanziario, necessario a sostenere l'onerosa opera di continua manutenzione necessaria al corretto funzionamento e alla manutenzione evolutiva delle reti di monitoraggio e degli archivi di dati.

2.9 Conclusioni del capitolo in riferimento agli scenari di cambiamento climatico

Raccomandazioni generali

- ✓ Scambio e libero accesso ai dati climatici

In Italia non esiste un vero e proprio Sistema nazionale di rilevazione climatica, pur essendo presenti ed operative sul territorio numerose reti nazionali, regionali e locali, con migliaia di stazioni attive. Nel contesto del cambiamento climatico in corso e previsto, e anche per l'attuazione delle specifiche direttive europee, si ritiene indispensabile e si raccomanda, in stretta cooperazione tra Stato, Regioni e Pubbliche Amministrazioni (P.A.), la rapida attivazione di un sistema di interscambio dei dati climatici giornalieri tra gestori delle reti, che consenta la conoscenza della dislocazione delle stazioni e dei sensori nonché il libero e facile accesso ai dati stessi da parte di chiunque, sia in ambito agricolo che in altri ambiti, onde favorire la ricerca, la divulgazione e l'azione politico-amministrativa indispensabili a gestire l'adattamento in maniera ottimale, e ad informare l'opinione pubblica sui cambiamenti climatici in corso e sulle tendenze in atto.

- ✓ Mantenimento delle reti di rilevazione

Onde favorire la creazione del sistema di scambio e libero accesso ai dati climatici di cui sopra si raccomanda l'erogazione di stabili e adeguati finanziamenti volti al mantenimento in attività e in buone condizioni operative delle reti di rilevazione suddette. Per favorire l'ottimale gestione delle risorse si raccomanda altresì di analizzare le reti esistenti al fine di evitare duplicazioni, migliorare la dislocazione dei sensori in ottemperanza alle norme tecniche Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) e incrementare in generale l'efficienza e l'efficacia del sistema nazionale di rilevazione climatica.

- ✓ Realizzazione di un Atlante Italiano dei cambiamenti climatici

Analogamente a quanto recentemente realizzato per l'Emilia-Romagna si raccomanda la produzione di un Atlante sia cartaceo che digitale ed accessibile via *web* che documenti l'intensità dei cambiamenti climatici in corso negli ultimi 50-60 anni per le diverse grandezze climatiche di interesse generale, e più specificatamente agricolo-ambientale. L'Atlante, una volta realizzato, dovrebbe essere regolarmente aggiornato con cadenza corrispondente grosso modo a quella di emissione dei rapporti IPCC.

- ✓ Realizzazione di una base di dati numerici relativi al clima futuro

Si raccomanda la creazione di una base di dati liberamente accessibile di proiezioni climatiche regionalizzate sul territorio nazionale, con risoluzione spaziale pari o inferiore ai 25 km ed estensione temporale fino al 2100. Questo al fine di favorire la realizzazione e lo sviluppo di sempre migliori e rilevanti analisi di rischio e di impatto del cambiamento climatico sul settore agroalimentare e su ogni altro settore di interesse da parte di ricercatori e studiosi di ogni impostazione.

- ✓ Istituzione di una Consulta nazionale sui cambiamenti climatici

Data la rilevanza strategica del problema climatico e il suo impatto potenziale sia sulla vita e benessere dei cittadini italiani che sui suoli e sulle produzioni agricole e alimentari del nostro Paese, si raccomanda l'istituzione di una Consulta permanente nella quale siano rappresentate le istituzioni centrali e periferiche, le associazioni scientifiche, le organizzazioni dei produttori, degli imprenditori, del mondo professionale e della società civile. Compito della Consulta dovrebbe essere quello di ragguagliare la popolazione e le autorità in merito all'evoluzione delle questioni climatiche e raccomandare l'attuazione di misure volte alla mitigazione dei cambiamenti climatici e adattamento agli stessi in Italia.

Raccomandazioni specifiche

E' essenziale che si diffonda l'approccio "agricoltura di precisione" in particolare per quanto riguarda l'uso della risorsa idrica, che va vista come potenzialmente in diminuzione e in conflitto per altri usi non agricoli, e per la concimazione azotata, che è all'origine di emissioni climalteranti di N_2O. Questo approccio prevede la disponibilità diffusa sia a livello consortile che aziendale di sistemi modellistici di supporto alle decisioni.

A questo proposito le facoltà e le scuole di agraria dovrebbero potenziare la formazione su questi nuovi temi, introducendo materie interdisciplinari come agrometeorologia e modellistica applicata all'agricoltura, favorendo l'apprendimento della programmazione da parte degli agronomi, e in generale favorendo una maggiore competenza tecnica da parte dei produttori e incoraggiando l'ingresso in agricoltura esclusivamente di soggetti altamente qualificati.

E' altresì essenziale che proseguano sforzi di ricerca finalizzata che proseguano ed estendano gli studi di rischio ed impatto in merito alle tematiche agronomiche, di conservazione delle risorse e di mantenimento dei redditi aziendali in condizioni di cambiamento climatico.

3 SETTORE ZOOTECNICO

Autori: Alessandro Nardone, Nicola Lacetera, Giacomo Pirlo, Maria Stella Ranieri, Maria Segnalini, Andrea Vitali

3.1 Premessa

L'allevamento italiano rappresenta una delle realtà zootecniche più complesse sia nel contesto della zootecnia europea sia di quella mondiale dei Paesi a economia avanzata, nel medesimo tempo è dotato di particolarità produttive di enorme rilievo tecnico-economico. La complessità è dovuta, per molte delle aree di allevamento, alla disomogeneità del suolo e della orografia, alla variabilità del clima, nonché, in taluni casi, alla diversità dei comportamenti antropici, in parte connessi con i fattori naturali e in parte ascrivibili a tradizioni o consuetudini consolidate da secoli di diversità storiche e sociali. Tuttavia, la zootecnica italiana oggi può essere rappresentata schematicamente da due distinte realtà di allevamento. Una, la più incidente per numero di animali allevati e quantità prodotte di carne (suina, avicola e parte di quella bovina), uova e latte bovino, che adotta sistemi e metodi di allevamento che rispondono agli *standard* delle tecnologie più avanzate; un'altra che adopera una molteplicità di sistemi e metodi di allevamento che si diversificano per le specie, e per le razze allevate entro specie, per gli indirizzi produttivi, i sistemi di ricovero, di alimentazione e di tenuta degli animali, per i cicli di riproduzione e di produzione, nonché per i pesi e le età di abbattimento degli animali destinati al macello. Questa seconda realtà fa si che l'Italia sia un importante serbatoio di diversità genetica in cui sono presenti oltre 170 razze, che rappresentano poco meno del 5% di tutte le razze bovine, ovine, caprine, suine ed equine allevate nel mondo e più del 15% di quelle allevate nei paesi del Mediterraneo. Alle razze di queste 5 specie sono poi da sommare quelle avicole, nonché la specie bufalina e le specie ittiche. Di fatto anche tra gli allevamenti della prima realtà vi sono differenze significative in termini di dimensioni aziendali, di numero di capi allevati e di densità di animali per ettaro di superficie agricola utilizzata (SAU).

È indubbio che di tali diversità si debba tener conto per ottimizzare la stima, la valutazione degli obiettivi di abbattimento, i risultati che si possono conseguire, nonché il costo-beneficio degli interventi adottando strategie che prevedano delle priorità rispetto alle tipologie di allevamento e/o di produzione sulle quali intervenire.

La valutazione delle emissioni con effetto climalterante derivanti dalle attività zootecniche (CH_4 e N_2O) può essere riferita o alla sola fase di allevamento o prendere in esame anche le fasi collegate che si collocano a monte e a valle di questo. Questo capitolo farà riferimento esclusivo alla fase di allevamento in quanto tale, per cui verranno valutate soltanto le emissioni riconducibili direttamente all'animale: CH_4 da fermentazione enterica e CH_4 e N_2O derivanti dalle deiezioni, come peraltro previsto dalla metodologia IPCC per la stesura degli inventari Nazionali delle emissioni. Per quanto riguarda le emissioni a monte e a valle delle fasi di allevamento, la stima di queste, per essere condotta con la necessaria attendibilità, secondo la metodologia del *Life Cycle Assessment* (LCA), richiede la disponibilità di serie di dati, statistiche e risultati di ricerche specifiche, che ad oggi sono da ritenere carenti.

Limitandosi a considerare le emissioni riconducibili alla sola fase di allevamento, la diversità dei sistemi a cui si è fatto cenno sopra rende tuttavia anche quest'analisi parziale particolarmente complessa soprattutto allorquando l'analisi abbia il fine di individuare interventi utili in termini di mitigazione e adattamento e a dettare linee di politica agricola coerenti con il quadro di riferimento internazionale.

3.2 Stima delle emissioni di gas serra (GHG)

3.2.1 Situazione attuale nazionale

L'inventario Nazionale delle emissioni di gas serra (GHG) redatto nell'anno 2011 (dati 2009) dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) indica che in Italia il settore agricolo rappresenta la seconda fonte di emissione tra i diversi comparti esaminati (7,0% dell'intera quota nazionale) e che le emissioni di CH_4 e N_2O derivanti dall'allevamento (da fermentazione enterica e deiezioni) espresse come Gg di CO_2 equivalente rappresentano il 50,5% del totale delle emissioni riconducibili all'agricoltura. Nello stesso documento viene infine riportato che le emissioni di GHG del settore agricolo risultano essersi ridotte dell'15,1% nel periodo 1990-2009 e che tale calo può essere sostanzialmente imputato alla riduzione della superficie coltivata e alla diminuzione del numero di animali allevati.

In termini di CO_2 equivalente, le emissioni di metano ammontano al 78,4% di quelle totali di GHG riconducibili all'allevamento, mentre quelle di protossido di azoto rappresentano il restante 21,6%.[34] Inoltre, sempre in termini di CO_2 equivalente, dall'analisi dei dati emerge come il 61,9% del totale delle emissioni derivi dalla fermentazione enterica mentre il restante 38,1% circa dalle deiezioni.

La rielaborazione dei dati ISPRA consente di evidenziare come la quota preponderante (78,9% circa) delle emissioni di CH_4 ascrivibile all'allevamento derivi dalla fermentazione enterica e come poco meno dei 4/5 di queste (circa il 78,0%) debbano essere ricondotte alla specie bovina. Completando l'esame relativo al contributo delle diverse specie allevate, si ha che il 17,7% circa del CH_4 da fermentazione enterica deriva dalle altre specie ruminanti (circa 12,5% da ovini, 4,3% da bufalini e 0,9% da caprini) e il restante 4,3% circa è dato dai suini (2,7%) e dai cavalli e conigli (1,6% per il totale delle due specie) (Tabella 3.1). Per quanto riguarda le emissioni di CH_4 derivanti dalle deiezioni, queste ammontano pertanto al restante 21,1% circa delle emissioni totali di metano riconducibili all'allevamento, con un contributo delle diverse specie allevate che vede al primo posto la specie suina (44,8% fatto 100 il 21,1), seguita da quella bovina (37,7% circa), dagli avicoli (11,6% circa). L'insieme delle altre specie contribuisce per il restante 5,9%.

Una rielaborazione analoga riferita alle emissioni di N_2O, derivante esclusivamente da processi biologici che si realizzano a carico delle deiezioni, evidenzia infine come sia ancora il settore dell'allevamento bovino quello che fornisce complessivamente il contributo maggiore in termini quantitativi (55,8%), seguito dalle specie avicole (26,2%), dai bufali (5,4%), dai conigli (circa 5,1%). A tutte le specie rimanenti è imputabile il 7,5% circa (Tabella 3.1).

L'analisi attenta dei dati di emissione è necessaria per orientare le valutazioni che vengono svolte nei paragrafi che seguono e soprattutto per individuare i settori del comparto zootecnico (specie ed indirizzo produttivo) e la tipologia di emissione (CH_4 da fermentazione enterica o da deiezioni e N_2O) per i quali stabilire le priorità delle azioni descritte più avanti.

3.2.2 Confronto internazionale

Dopo aver analizzato la composizione e le fonti delle emissioni dell'allevamento Italiano si considera utile effettuare un confronto, sia pure sommario, con le emissioni di altri Paesi con i quali la zootecnia nazionale condivide il rispetto di norme e/o compete nel mercato internazionale dei prodotti. A tale scopo vengono presi in considerazione i quattro Paesi con maggiore estensione e consistenza animale dell'Europa Occidentale (Francia, Spagna, Germania e Gran Bretagna), la Svezia, che per tradizione è tra i Paesi europei maggiormente virtuosi per impegno nella difesa dell'ambiente e gli USA perché il Paese al mondo, tra quelli inclusi nell'elenco "Annex I" dell'UNFCCC (2008), a più elevate emissioni di GHG sia totali che riferite all'agricoltura.

[34] La quota di emissione di N_2O derivante dallo spandimento delle deiezioni sul campo (29,0% circa del totale del protossido di azoto emesso) sarà oggetto di valutazioni nell'ambito del capitolo dedicato al settore agronomico.

Facendo riferimento alle emissioni totali dell'allevamento distintamente per Paese, risulta che l'allevamento italiano emette circa il 9%, per l'anno 2008, di quello USA, poco più di un terzo di quello della Francia e i due terzi di quello della Germania e quasi 5 volte quello della Svezia (Tabella 3.2). Ma questi valori non forniscono alcuna indicazione né sulla capacità dei Paesi a contenere le emissioni zootecniche né sul peso che queste hanno sul totale dell'emissione.

Per cui di un certo interesse può essere la conoscenza dell'incidenza delle emissioni dell'allevamento sul totale di emissioni di tutte le attività produttive e sociali di ciascun Paese o sul totale del solo settore agricolo. In base a questo indicatore Germania e USA, con il 2,8% di incidenza delle emissioni zootecniche sul totale delle emissioni nazionali risultano essere i Paesi con gli allevamenti più "virtuosi", seguiti da UK e Italia con il 3,2% circa. Il Paese con la più elevata incidenza è la Francia con il 9,2% (in pratica 3,3 volte l'incidenza di Germania e USA e poco meno di tre volte quella dell'Italia e UK) (Tabella 3.2).

Queste differenze però, possono essere imputabili non tanto a differenze nei sistemi di allevamento quanto a fattori estranei all'allevamento stesso. Difatti ove maggiore è lo sviluppo di altri settori produttivi (ad esempio quello industriale in Germania e USA), minore risulta l'incidenza delle emissioni dell'allevamento.

Più informativa si ritiene essere la comparazione dell'incidenza delle emissioni zootecniche sul totale delle emissioni agricole di ciascun Paese. L'allevamento Italiano con il 49,2% (sempre con riferimento all'anno 2008) ha un'incidenza superiore a quella di Germania (41,2%), Svezia (43,1%), UK (46,6%) e USA (47,5%) e inferiore a Francia (49,7%) e Spagna (53,8%).

Un parametro ancor più interessante di confronto è l'emissione (espressa in Kg CO_2eq) per ettaro di SAU/anno. In base a questo parametro risulta che il Paese, tra quelli presi in esame, con più basse emissioni, sono gli USA con 493 Kg di CO_2eq per ettaro/anno, pari a meno di un terzo di quelle della Francia (1.677 Kg) e poco più di un terzo di quelle dell'Italia (1.318 Kg) (Tabella 3.2). Anche questo parametro non è indicativo in assoluto in quanto varia in funzione della estensione della superficie del Paese e quindi del carico di UBA/ha di SAU. Infatti gli USA hanno circa 0,33 UBA/ha a fronte di circa 0,8 di Francia e Italia.

Per questa ragione, ai fini del confronto, più adatti sembrano essere i valori delle emissioni dell'allevamento rapportate alla Unità di Bestiame Adulto (UBA). Sulla base della trasformazione delle consistenze (FAOSTAT http://faostat.fao.org/default.aspx) di ciascun paese in UBA (coefficienti ISTAT, 2009 http://www.istat.it/dati/dataset/20090120_01/) ed esprimendo le emissioni zootecniche in Kg di CO_2eq per UBA/anno i valori da noi ottenuti variano da un minimo di 1.186 della Spagna a un massimo di 1.992 della Francia. Per UK, Germania, USA, Italia e Svezia i valori corrispondenti sono 1.238, 1.356, 1.510, 1.608 e 1.909. In pratica con questo parametro la Francia ha una emissione "soltanto" 1,6 volte circa superiore a quella di Spagna e UK e, di 1,2 volte maggiore rispetto all'Italia.

Anche questo parametro, benché più "attendibile" deve essere tuttavia analizzato attentamente in quanto le differenze tra i Paesi possono essere dovute non tanto a differenze nelle emissioni unitarie delle stesse categorie animali quanto a una diversa struttura demografica dell'insieme di animali allevati, per specie, indirizzi produttivi e categorie che concorrono a formare la consistenza complessiva di ciascun Paese. A titolo esemplificativo due consistenze identiche di bovini, ma di diverso indirizzo produttivo (ad es. latte *vs* carne) hanno lo stesso valore in UBA, ma le emissioni delle vacche da latte sono 2,6 volte quelle delle vacche da carne (3,391 *vs* 1,329 Kg CO_2eq/anno - Tabella 3.4).

Se poi le emissioni zootecniche sono rapportate alla popolazione umana la condizione dell'Italia risulta eccellente rispetto a quella degli altri paesi. Difatti l'Italia con 296 Kg CO_2eq/anno pro capite risulta essere il Paese in assoluto più "virtuoso". I valori più elevati si registrano per la Francia (2,7 volte l'Italia) e gli USA (2,2 volte l'Italia) (Tabella 3.2).

Infine, di una qualche utilità possono pure essere altri due parametri di valore più generale: la quantità di emissioni (espressa in CO_2eq) per unità di PIL zootecnico e per Kg di proteine animali prodotte. Per questo ultimo indicatore la difficoltà a reperire i dati di base per tutti i paesi suggerisce, in questa sede, di soprassedere ai relativi calcoli.

In conclusione, sembra pertanto lecito indicare che i suddetti indici potrebbero rappresentare degli strumenti utili per confrontare correttamente realtà diverse di allevamento al fine di individuare priorità o formulare appropriate politiche a livello internazionale. Tuttavia, in tale contesto, va rilevato come in generale si debba diffidare di valutazioni basate su dati ottenuti attraverso un approccio eccessivamente semplificato e come pertanto sia necessario procedere sempre a una attenta analisi delle realtà che si pongono a confronto, per attribuire il corretto "peso" a ciascun indicatore considerato.

3.2.3 Stima delle emissioni di CH_4 da fermentazione enterica

La stima delle emissioni di CH_4 dovute alla fermentazione enterica è stata eseguita dall'ISPRA sulla base delle linee guida fornite dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1997a, 2000, 2006).

In sintesi, i metodi utilizzati per il calcolo delle emissioni di CH_4 da fermentazione enterica, Tier 1 e Tier 2 (IPCC, 2000), sono sostanzialmente basati sull'utilizzazione dei dati stimati relativi alla quantità di alimento ingerito e dell'energia grezza contenuta nella razione. Dopo aver identificato i fattori di emissione (FE) di ogni singola specie o categoria animale entro specie, aspetto quest'ultimo considerato solo per i bovini diversi da quelli da latte, il metodo prevede che si proceda al calcolo delle emissioni di CH_4 riconducibili a fermentazione enterica moltiplicando i FE per i dati di consistenza delle diverse popolazioni.

Tra i due metodi, il Tier 1 consente stime meno accurate rispetto al Tier 2 ed è stato utilizzato per il calcolo delle emissioni relative alle specie (diverse dai bovini e bufalini) per le quali si è preso atto dell'indisponibilità di informazioni sufficientemente attendibili relative ai parametri che si rendono necessari per il calcolo dei FE attraverso il Tier 2 (vedi avanti). I limiti di accuratezza del metodo Tier 1 (± 50%) risiedono pertanto in primo luogo nel fatto che i FE delle singole specie vengono acquisiti direttamente dall'IPCC senza tener conto delle specificità del nostro Paese. Per tale motivo, nell'ambito dei Paesi che aderiscono all'UNFCC/Kyoto il Tier 1 viene utilizzato solo per le categorie non reputate "*key source*", vale a dire, per tutte le specie diverse dai bovini e bufalini. Il grado d'incertezza del metodo Tier 2 (± 20%), utilizzato per il calcolo delle emissioni di bovini e bufalini, dipende invece soprattutto dall'attendibilità e dalla rappresentatività delle informazioni di natura zootecnica utilizzate per il calcolo dei FE (produzione di latte, peso medio, digeribilità degli alimenti, utilizzazione o meno del pascolo, etc.). Inoltre, per entrambi i sistemi, altra fonte di incertezza è costituita dall'attendibilità dei dati di consistenza delle popolazioni o delle categorie entro le popolazioni.

A tale riguardo, come peraltro già chiaramente indicato dall'IPCC (2006), il miglioramento dell'accuratezza delle stime deve pertanto rappresentare un obiettivo delle attività svolte in questo contesto a livello di singolo Paese e potrà basarsi sull'impiego di modelli più avanzati (Tier 3 e altri) che prevedono l'utilizzazione di informazioni più dettagliate circa i parametri che influenzano le emissioni di CH_4 legate alla fermentazione enterica.

Uno sguardo alla copiosa letteratura disponibile sull'argomento permette di individuare modelli alternativi a quelli proposti dall'IPCC che pure potrebbero consentire un affinamento delle stime. In un recente studio americano (Kebreab et al., 2008) è stato indicato che l'utilizzo di modelli meccanicistici che prevedono l'utilizzazione di informazioni sulle categorie di animali e sulla dieta consumata, e che per questo motivo pertanto sono assimilabili al Tier 3, consentirebbe una stima più accurata delle emissioni di CH_4 da fermentazione enterica rispetto ai modelli Tier di prima generazione (1 e 2). Gli stessi autori riportano che la stima annuale delle emissioni di CH_4 da fermentazione enterica dei bovini da latte Americani sarebbe sovrastimata di un 12,5% dal modello Tier 2 rispetto al modello meccanicistico (*Cowpoll*). Di contro, per i bovini da carne, l'applicazione delle procedure Tier 2 sottostimerebbe le emissioni del 9,8%.

Sulla base di quanto previsto dal modello Tier 3 e di informazioni aggiuntive reperite attraverso l'esame della letteratura (IPCC, 2006; Beauchemin et al., 2009, Kebreab et al., 2008; Kebreab et al., 2006; Hegarty et al., 2007; Hindrichsen et al., 2006; DeRamus et al., 2003; Garnsworthy, 2004), nella Tabella 3.3 vengono riassunti i parametri la cui utilizzazione consentirebbe stime delle emissioni di metano derivanti da fermentazione enterica più prossime ai livelli realmente emessi. In merito alla possibilità concreta di poter disporre di informazioni attendibili sui singoli fattori elencati in tabella va detto che quelle relative alla quantità possono, e dovranno, essere ottenute nel caso in cui si decida di implementare il modello operativo di cui al punto 3.6.1 del presente capitolo che prevede l'acquisizione di informazioni a livello di singola azienda. Invece, l'acquisizione di alcune di quelle riferite alla qualità può risultare oggettivamente difficoltosa richiedendo pertanto un ulteriore sforzo di messa a punto e di semplificazione. Nel contesto specifico di questo volume, che si propone anche di indicare modelli operativi utili alla realizzazione di misure di politica agricola, appare pertanto lecito suggerire che i metodi più avanzati, che danno stime più accurate delle emissioni di CH_4 da fermentazione enterica, vengano impiegati almeno per la effettuazione delle stime a livello di singole aziende. In particolare, oltre alla maggiore accuratezza, è utile sottolineare come un ulteriore vantaggio dell'utilizzo dei modelli più avanzati deriverebbe dalla possibilità di verificare più accuratamente, a livello azienda e/o a livello nazione, l'efficacia delle misure di mitigazione mentre, la sola riduzione di emissioni che si può accertare attraverso metodi di stima empirici (Tier 1 e 2) è quella legata alle variazioni stimate della quantità e della concentrazione energetica dell'alimento ingerito e del numero di animali.

Infine, in una logica di gestione della problematica che investa le singole Regioni, molte delle quali presentano specificità in termini di patrimonio zootecnico e/o di sistemi o indirizzi produttivi, si ritiene utile sottolineare la possibilità di acquisire, anche ricorrendo a modelli già esistenti (Tier 1 e 2), informazioni zootecniche attendibili che consentirebbero di calcolare i FE anche per quelle specie per le quali questi sono stati acquisiti direttamente dall'IPCC (modello Tier 1). Un esempio a nostro giudizio calzante in questo senso è la stima delle emissioni di metano da fermentazione enterica riconducibili alla specie ovina per Regioni come la Sardegna.

3.2.4 Stima delle emissioni di CH_4 da deiezioni

La stima delle emissioni di metano da deiezioni eseguita da ISPRA per la redazione dell'Inventario Nazionale è stata effettuata in maniera diversificata in base alla specie e, come nel caso di quelle relative alla fermentazione enterica, ha previsto l'utilizzazione di FE che sono stati successivamente moltiplicati per i volumi stimati di deiezioni prodotte.

I FE relativi alle deiezioni bovine, bufaline e suine sono stati calcolati adottando una procedura dettagliata di derivazione IPCC che considera le seguenti caratteristiche degli allevamenti: localizzazione geografica, specie, categoria animale, tipologia di stabulazione, alimentazione (quantità e qualità), superficie adibita al pascolo, volume di deiezioni prodotte e gestione delle stesse intesa come sistema di raccolta, modalità (vasche o lagune, presenza o assenza di copertura e/o di sistemi per la produzione di biogas) e tempi di stoccaggio.

Per le altre specie di interesse zootecnico, sono stati invece utilizzati FE di *default* riportati nelle linee guida IPCC 2000 che, nell'ambito della specie considerata, variano soltanto in funzione della localizzazione geografica degli allevamenti (zona climatica) e la cui adozione consente pertanto stime meno accurate di quelle riferite alle specie bovina, bufalina e suina.

In linea generale, se applicata a partire dal calcolo dei FE, la procedura IPCC tiene conto dei fattori principali che intervengono nel modificare le quote di metano derivanti dalle deiezioni e pertanto l'applicazione della stessa a livello aziendale può dare stime delle emissioni molto prossime a quelle reali. Più precisamente, operando a livello di singola azienda, si disporrebbe di informazioni caratterizzate da una maggiore attendibilità e in parte verificabili in occasione di sopralluoghi.

Tuttavia, in questa sede si ritiene di poter dare un contributo all'individuazione di procedure di stima che limitino il livello di incertezza, in merito alla caratterizzazione delle aziende dal punto di vista climatico (meteoclimatico). La produzione di metano da deiezioni inizia con temperature >10°C e aumenta in maniera proporzionale, anche se non diretta, all'aumentare della temperatura. Studi in vitro sulle relazioni tra temperatura e livelli di emissione di CH_4, hanno evidenziato che le emissioni sono nulle alla temperatura di 4°C, o meno, e che aumentano in maniera significativa portando la temperatura a 11 (18 Kg di CO_2 eq. m^3 di deiezioni), 20 (31,5 Kg di CO_2 eq. m^3 di deiezioni) o 30 °C (36 Kg di CO_2 eq. m^3 di deiezioni) (Clemens et al., 2006). Nei modelli di stima adottati da ISPRA il valore della temperatura utilizzato è stato quello relativo alla media mensile calcolato su scala regionale. In primo luogo, si ritiene di suggerire che i dati di temperatura da utilizzare, perlomeno per il periodo più critico che va da Maggio a Ottobre, vengano riferiti ad un arco temporale minore (giornaliero) e ad aree geografiche più limitate rispetto alla Regione: ad es. Provincia, fino a considerare la possibilità che l'esecuzione delle stime a livello di singola azienda si avvalga dei dati di temperatura registrati presso la stazione meteorologica più prossima all'allevamento. Nel merito, modelli di questo genere sono già disponibili a livello nazionale (messi a punto nell'ambito del progetto di ricerca CLIMANIMAL). Inoltre, tenendo conto di quanto riportato in letteratura (Kaharabata et al., 1998), si ritiene utile indicare come altre variabili climatiche come la ventosità e la piovosità influenzino i livelli di emissione di CH_4 dalle deiezioni e che pertanto la possibilità di acquisire e utilizzare anche tali dati debba essere presa nella dovuta considerazione.

3.2.5 Stima delle emissioni di N_2O

La stima delle emissioni di protossido di azoto da deiezioni eseguita da ISPRA per la redazione dell'Inventario Nazionale è stata effettuata secondo la metodologia proposta dall'IPCC (2000) e si basa sull'utilizzazione dei dati di consistenza delle popolazioni animali e su quelli stimati relativi alla quantità di deiezioni prodotte e di N escreto per ciascuna specie/categoria animale. Nell'analisi si tiene inoltre conto della variabilità del contenuto di N legata alla modalità di gestione delle deiezioni e i FE sono quelli indicati dall'IPCC per i liquami (*liquid system*), il letame (*solid storage*) e la pollina (*other system*).

Per gli animali al pascolo le quantità di azoto escreto sono contabilizzate nella parte relativa alle emissioni dei suoli e sono calcolate moltiplicando l'azoto escreto al pascolo per capo per la consistenza zootecnica e per un coefficiente pari a 0,02 kg N-N_2O/kg N.

Come nel caso del metano emesso da deiezioni, si può ritenere che la procedura IPCC per la stima delle emissioni di protossido di azoto tiene già conto dei fattori principali che intervengono nel modificare le quote emesse e che pertanto l'applicazione della stessa a livello aziendale potrebbe essere fonte di stime delle emissioni molto prossime a quelle reali tenuto anche conto che, operando a livello di singola azienda, si disporrebbe di informazioni (es. caratteristiche della dieta) caratterizzate da una maggiore attendibilità e almeno in parte verificabili in occasione di sopralluoghi.

3.3 Interventi di mitigazione

L'esame della letteratura riguardante gli interventi che possono consentire di ridurre le emissioni di GHG da parte del comparto zootecnico rivela come questi siano numerosi e caratterizzati da un'estrema variabilità in termini di efficacia, complessità della realizzazione e costi, elementi che devono essere presi in considerazione per definirne la sostenibilità. Inoltre, con riferimento all'efficacia, va rilevato come questa non possa essere stabilita in termini assoluti per ogni tipologia di intervento essendo soggetta a variazioni ampie legate per esempio alla specie e all'indirizzo produttivo degli animali e a tutta una serie di fattori aggiuntivi (alimentazione, condizioni climatiche, etc.) che possono determinarne variazioni tra aziende e anche all'interno della stessa realtà produttiva nel corso del tempo.

3.3.1 Emissioni di metano da fermentazione enterica

Questo paragrafo prende in esame gli interventi che possono consentire di ridurre le emissioni di metano da fermentazione enterica limitandosi a considerare le specie ruminanti, che sulla base di quanto riportato in precedenza (Tabella 3.1), risultano quelle responsabili della quota largamente maggioritaria di emissioni (96% del totale delle emissioni da fermentazione enterica).

3.3.1.1 Gestione della mandria: livello e/o efficienza produttiva e riproduttiva e aspettative di vita

L'Inventario Nazionale delle emissioni di GHG da fermentazioni enteriche e da deiezioni riferita al 2007 ha messo in evidenza una loro riduzione di circa il 20% rispetto al 1990 (ISPRA, 2010a). Di contro, nello stesso arco temporale, si è riscontrato un incremento di oltre il 30% della produzione di latte capo/anno e una diminuzione di circa il 30% del numero di capi allevati.

L'esame della letteratura consente di supportare l'osservazione che il progressivo aumento delle produzioni unitarie per capo allevato abbia fornito, e possa continuare a fornire, un contribuito importante alla riduzione globale di emissioni di GHG (Garnsworthy, 2004). Ciò sia perché a parità di quantità totale di prodotto il numero di animali necessario risulta minore, sia perché la quota di energia richiesta dal singolo animale per la copertura del fabbisogno di mantenimento incide, sul consumo energetico complessivo per unità di prodotto ottenuto, proporzionalmente in misura più elevata negli animali che presentano livelli produttivi più bassi. In tale contesto va comunque rilevato che all'aumento della capacità produttiva degli animali allevati si è associato nel tempo un peggioramento significativo della fertilità che interessa soprattutto gli animali (in particolare bovine da latte) caratterizzati dai livelli produttivi più elevati e che rappresenta al momento attuale la causa quantitativamente più importante di riforma. L'efficienza riproduttiva è la risultante dell'andamento di più parametri: fertilità, fecondità, natalità e mortalità perinatale. Su ciascuno di questi influiscono diversi fattori: stato di salute, igiene dell'allevamento, alimentazione, condizioni climatiche, scelta del momento della fecondazione (o inseminazione nel caso di fecondazione artificiale, e relativo trattamento del seme), e altri fattori ancora. Nel caso dei bovini, un'elevata fertilità consente di ridurre la consistenza di fattrici a parità sia di nati da destinare alla macellazione, sia di produzione complessiva di latte (interparti più brevi mediamente danno una maggiore produzione capo/anno) e una migliore fertilità abbassa il tasso di riforma (soprattutto femminile) e quindi quello di rimonta con riduzione del numero totale di animali in allevamento. Inoltre, lascia più ampi margini alla scelta dei soggetti per il progresso genetico anche per via femminile. La maggiore capacità produttiva ha parallelamente comportato pure un aumento dell'incidenza di problemi sanitari che contribuisce in maniera significativa all'accorciamento delle aspettative di vita degli animali. Tutto ciò gioca un ruolo negativo sulle emissioni di GHG in quanto la ridotta efficienza riproduttiva e/o un accorciamento della vita produttiva agiscono rispettivamente sulla quota di rimonta necessaria a mantenere inalterate le consistenze dell'allevamento e/o sui livelli produttivi (le primipare producono mediamente meno delle pluripare) (Garnsworthy, 2004). A tale riguardo, lo stesso Garnsworthy (2004) ha suggerito che il ripristino dei livelli di fertilità presenti in Gran Bretagna nel 1995 ridurrebbe le emissioni di CH_4 per vacca di un 10% e che ulteriori miglioramenti nelle performance riproduttive potrebbero tradursi in riduzioni superiori al 24%. L'efficienza del ciclo di vita (quantità di prodotto e di GHG emessi durante l'intero ciclo vitale) di una fattrice delle specie ruminanti, nel caso di razze allevate per la produzione sia di latte sia di carne, dipende dall'età al primo parto, dal numero di nati/lattazioni nella carriera, dall'intervallo interparto e, per gli animali

da latte, dalla quantità di latte prodotto per lattazione. Problemi di ipofertilità e/o un *turnover* rapido degli animali presenti in allevamento (vita breve) giocano pertanto un ruolo negativo sulle emissioni di GHG. Per aggiungere qualche elemento chiarificatore sull'importanza della longevità dei riproduttori, va rilevato che le prime fasi dell'allevamento (circa primi due anni di vita nei bovini) sono necessarie per consentire agli animali di svilupparsi in maniera ottimale per poter affrontare la prima gravidanza/lattazione e sono da considerarsi pertanto un periodo poco produttivo ed economicamente e ambientalmente costoso a causa del fatto che gli animali giovani, pur non producendo latte e/o prole, consumano alimento, emettono metano ed eliminano deiezioni. Una volta raggiunta la maturità sessuale sarebbe perciò estremamente importante consentire a questi animali di riprodursi in maniera efficiente e di vivere il più a lungo possibile in maniera tale da ammortizzare efficacemente i costi economici e ambientali relativi al periodo che precede il primo parto. Pertanto, il miglioramento dell'efficienza riproduttiva e l'incremento del numero di parti/lattazioni rappresenta un obiettivo senz'altro utile per la riduzione delle emissioni di GHG (Weiske et al., 2006). Tale affermazione risulta peraltro confermata da uno studio di recentissima pubblicazione riferito alla bovina da latte che ha indicato come in sistemi di allevamento basati sul pascolo il più basso livello di emissione e la massima redditività per unità di prodotto venga registrato nel caso di presenza di animali che combinino un elevato potenziale genetico per la capacità produttiva e riproduttiva e per parametri di natura sanitaria piuttosto che in soggetti selezionati esclusivamente per il livello produttivo (O'Brien et al., 2010). Come conciliare quindi l'obiettivo di accelerare il progresso genetico, di aumentare i livelli produttivi con l'efficienza riproduttiva e l'allungamento della carriera? In sostanza, l'aumento della produttività media di allevamento dovrebbe essere perseguito anche attraverso un forte impegno nella riduzione del numero di animali poco produttivi presenti nelle popolazioni che attraverso le sole azioni che puntino ad aumentare i valori massimi unitari delle produzioni. Le azioni di diffusione del miglioramento genetico e il miglioramento del *management* e delle condizioni di vita e dello stato di benessere degli animali allevati rappresentano gli strumenti su cui puntare per il raggiungimento di tali obiettivi.

Altro aspetto a cui anche il miglioramento genetico sta cominciando a prestare attenzione è rappresentato dall'efficienza con cui l'animale converte l'alimento ingerito in prodotto (latte e carne). Allo stato attuale diversi studi indicano una variabilità elevata tra animali per l'efficienza di conversione alimentare e la metanogenesi. In una prova condotta su vacche da latte al pascolo, Clark et al. (2005) hanno osservato un'emissione di CH_4 per Kg di sostanza ingerita pari a 19,3±2,9 g/Kg con una variabilità all'interno della popolazione pari al 15%. Differenze analoghe sono state riscontrate in uno studio che ha riguardato la specie ovina (Pinares-Patiño et al., 2003). In uno studio condotto su vitelloni Angus da ingrasso selezionati in base al "*residual feed intake*", che rappresenta la differenza tra la quantità di ingestione registrata e di quella predetta per il mantenimento e la produzione, è stato osservato che gli animali classificati come "*low*" (differenza minima) presentavano, rispetto agli animali classificati come "*high*" (differenza massima), un'ingestione di alimento più bassa del 41%, e un'emissione giornaliera di metano tal quale o rapportata ad unità di accrescimento più basse del 25% e del 24% rispettivamente (Hegarty et al., 2007). Risultati analoghi sono stati evidenziati anche da Nkrumah et al. (2006). L'insieme di questi autori si trova concorde nell'affermare che la variabilità dell'efficienza nella conversione alimentare riscontrata tra animali può essere di origine genetica e che pertanto sembrano sussistere dei margini per includere tale parametro tra gli obiettivi di selezione.

In termini generali, elemento fondamentale per le azioni di miglioramento genetico è che per i caratteri che interessano siano stimati i valori di ereditabilità e che per le specie interessate esistano già strutture e attività di selezione adeguate. La attività selettiva è ben strutturata e tecnicamente avanzata per bovini da latte, polli e suini mentre per le altre specie esistono i presupposti per l'adeguamento ai nuovi obiettivi. Come già accennato sopra, i caratteri da considerare negli obiettivi di selezione perché utili ai fini della riduzione delle emissioni dell'allevamento sono la conversione alimentare, la longevità e la fertilità. Di fatto la conversione alimentare per polli e suini è un carattere sotto selezione già da alcuni decenni stante l'interesse a ridurre i costi di produzione sui quali l'alimentazione incide intorno al 60%. Pertanto, a fini esclusivamente produttivi, la selezione di questo carattere per le due specie ha già raggiunto livelli che possono essere considerati al limite. Quindi l'attenzione in futuro dovrebbe essere rivolta prevalentemente ad altri caratteri tra i quali la metanogenesi. Margini di miglioramento genetico sussistono invece per i bovini da latte e da carne rispetto sia alla efficienza di trasformazione (Dechow et al. 2010; Crews et al., 2010; Pendley et al., 2010; Sexten et al., 2010) sia alla metanogenesi. La longevità e la fertilità, pur non essendo caratteri a elevata ereditabilità, presentano tuttavia prospettive di miglioramento. Infatti gli schemi di selezione delle principali razze di bovini da latte già comprendono da alcuni anni i due caratteri tra gli obiettivi di selezione. In prospettiva dovrebbe aumentare il loro peso negli indici di selezione.

A conclusione di questo paragrafo si ritiene utile sviluppare un esempio teorico, basato comunque su dati che possono trovare riscontro nella realtà, che consente di comprendere come i parametri demografici in esame giochino un ruolo importante nel determinare i livelli di emissione e siano pertanto meritevoli di attenzione nella gestione della mandria.

L'esempio si basa su un confronto tra due allevamenti di bovine da latte, A e B, ciascuno dei quali consta di 100 vacche in mungitura, di stessa capacità produttiva unitaria per anno (8.000 Kg), che differiscono rispetto a: quota di rimonta (20% *vs* 30%), età al primo parto (24 mesi *vs* 30 mesi) e peso vivo all'età adulta (630 Kg *vs* 650 Kg). Dal calcolo analitico dei dati si ha che il peso vivo complessivo mediamente presente nell'allevamento B è pari a 89.000 Kg, superiore di 14.800 Kg a quello dell'allevamento A.

L'allevamento B pur producendo la stessa quantità di latte dell'allevamento A (800 t/anno) ha in allevamento il 20% di peso vivo in più dell'allevamento A (mediamente alleva 111 Kg di peso vivo per tonnellata di latte prodotto *vs* i 93 Kg dell'allevamento A). In definitiva, per l'allevamento A le emissioni saranno minori dell'allevamento B per effetto del ridotto consumo di alimenti dovuto al minor peso medio delle vacche e al minor numero di animali da rimonta. Complessivamente l'allevamento A economizza, rispetto all'allevamento B, circa 59 mila unità foraggere latte (UFL) per anno, corrispondenti a circa 77 mila Kg di sostanza secca che, considerando la sola quota relativa alla fermentazione enterica, produrrebbero circa 1.700 Kg di CH_4, pari a quasi 35 mila Kg di CO_2eq. Aggiungendo le emissioni di CH_4 e N_2O, dovute alle deiezioni, si ottiene un contenimento totale di circa 50 mila Kg di CO_2eq.

È da aggiungere che l'esempio non contempla altri parametri, quale la lunghezza dell'intervallo interparto, che nella realtà possono ulteriormente esasperare le differenze.

3.3.1.2 **Alimentazione**

Molte ricerche hanno focalizzato l'attenzione sulla manipolazione della dieta al fine di deprimere la metanogenesi a livello ruminale.

Qualità dei foraggi e rapporto foraggi/concentrati (carboidrati strutturali/amido)

Esempi di manipolazioni della dieta sono rappresentati dall'utilizzo di foraggi con un ridotto tenore di fibra (qualità elevata), o dall'impiego di diete povere di fibra e ricche di amido. La produzione di acetato e butirrato, molto elevata nel caso di utilizzo di diete ad elevato tenore di fibra, libera atomi di H, mentre l'acido propionico, prodotto in quantità elevate nel caso di diete ricche di amido, cattura gli atomi di H liberi. Ne consegue che la maggiore produzione di acido propionico a discapito dell'acido acetico comporta una riduzione della produzione di CH_4 a causa di una minore disponibilità di H per la metanogenesi.

Foraggi sfalciati ad uno stadio di maturazione avanzato presentano un contenuto ridotto di carboidrati solubili e una minore digeribilità legata essenzialmente a una maggiore lignificazione della parete cellulare, promuovendo pertanto la produzione ruminale di una maggiore quantità di acetato e quindi causando emissioni maggiori di CH_4 per unità di foraggio ingerito (Hindrichsen, et al., 2006; Beauchemin et al., 2009). In vacche di razza da carne allevate al pascolo è stato riportato che foraggi di elevata qualità riducono le emissioni di CH_4 del 22% (DeRamus et al., 2003). Uno studio canadese (Boadi et al., 2000) ha evidenziato che in vitelli da carne mantenuti al pascolo con accesso a foraggi di elevata qualità presentavano emissioni di metano inferiori del 50% rispetto ad animali che pascolavano foraggi ad uno stadio avanzato di maturazione.

McCaughey et al. (1999) in uno studio sulla gestione del pascolo riportano pure che l'introduzione di specie leguminose (*Medicago sativa*) in situazioni caratterizzate dalla presenza di sole graminacee è in grado di ridurre le emissioni di CH_4 di circa il 20% (7,1% dell'energia grezza ingerita nel caso di essenze miste rispetto al 9,5% della energia grezza ingerita riconducibile alla presenza di sole graminacee).

Al di là dei limiti imposti dalla necessità di evitare l'insorgenza di patologie legate all'impiego di diete troppo povere di fibra e ricche di amido, il ricorso ad elevate quantità di concentrati (alimenti ricchi di amido) nelle diete per il bovino evidenzia tuttavia aspetti conflittuali: se da una lato queste riducono le emissioni di metano da fermentazione enterica, dall'altro le aumentano relativamente alla quota emessa attraverso le deiezione per l'effetto che tali diete hanno sull'escrezione fecale di fibra neutro detersa (NDF, Hindrichsen, et al., 2006).

Dall'esame della letteratura emerge come ad amidi di diversa origine corrispondano livelli di emissione di CH_4 dissimili: Mills et al. (2001) hanno riportato che a parità di energia ingerita, l'amido di mais comporta un'emissione ridotta di metano rispetto all'amido di orzo o di grano.

Infine, un effetto deprimente sulla metanogenesi viene anche riconosciuto ad interventi di processazione degli alimenti quali la macinazione e/o la pellettatura dei foraggi (-20% di metano emesso) e la fioccatura dei cereali (-40% di metano emesso), operazioni che per essere effettuate richiedono tuttavia un costo anche in termini energetici.

Grassatura della razione

Diversi studi hanno dimostrato che la disponibilità di H per la produzione di CH_4 può essere ridotta attraverso interventi di grassatura della dieta. L'aggiunta nella dieta di grassi insaturi non protetti dalla digestione ruminale è tra le azioni di mitigazione più investigate per ridurre le emissioni di CH_4 dalle fermentazioni enteriche. L'uso di olio di girasole e acido miristico ha evidenziato riduzioni nell'emissione di CH_4 rispettivamente del 36% e del 22% (Kebrab et al., 2006; Odongo et al., 2007, McGinn et al., 2004). La conferma che l'aggiunta di oli nella dieta è un'opzione possibile per diminuire la fermentazione enterica e aumentare l'efficienza di conversione alimentare limitando la perdita di energia viene da un recente studio condotto da Grainger et al. (2008). Gli autori riportano che ad incrementi del 1% di oli nella dieta corrispondono decrementi nelle emissioni di metano del 6%. Inoltre, l'introduzione di semi di cotone nella razione di vacche da latte comporta una riduzione del 12% di emissioni di CH_4 e un incremento nella produzione di latte del 15%. Altri studi hanno evidenziato risultati pure incoraggianti utilizzando l'olio di cocco e di palma. E' importante tuttavia sottolineare che l'utilizzo dei grassi (principalmente di origine vegetale in quanto quelli di origine animale sono vietati) non deve eccedere il 3% dei componenti della razione per non compromettere la quantità di alimento ingerito, la funzionalità ruminale e le caratteristiche qualitative ed organolettiche del latte (Beauchemin et al., 2009). Benché la somministrazione di grassi sembri essere una pratica di mitigazione interessante, va sottolineata tuttavia la necessità di ulteriori studi per comprendere se i livelli di riduzione osservati possono essere mantenuti per lunghi periodi di alimentazione con diete ad elevato tenore di grassi. La sostenibilità di azioni mitiganti basate sull'introduzione nella dieta di grassi dovrà inoltre tenere conto del costo delle materie prime.

Altri interventi

I lieviti (*Saccharomyces cerevisae*) sono spesso utilizzati nelle razioni dei ruminanti per promuovere le performance produttive. L'utilizzo in vivo di 2 ceppi di lieviti ha mostrato in un caso la diminuzione non significativa di CH_4 del 3% (McGinn et al., 2004). Non è chiaro in che modo e quanto agiscono sulla metanogenesi, pertanto ulteriori ricerche in tale settore sono necessarie.

Numerosi oli essenziali (estratti da piante e non purificati) sono stati testati in vitro per verificarne le potenzialità nella riduzione di emissioni di CH_4. Bodas et al., (2008) riportano una riduzione maggiore del 25% in CH_4 per l'estratto del rabarbaro, del cardo e del pioppo. Inoltre, anche gli estratti di cannella e dell'aglio in particolare inibiscono la metanogenesi. Tuttavia, l'unico studio in vivo che ha testato un mix di oli essenziali non ha evidenziato riduzioni nelle emissioni di CH_4.

Acidi organici come l'acido malico e il fumarato hanno la potenzialità di diminuire la produzione di CH_4 sequestrando atomi di H. Prove in vivo su ovini hanno dimostrato che a dosi elevate l'acido fumarico ha un forte effetto sulle emissioni di CH_4 (-42%). Per contro, elevati livelli di acidi organici comportavano una diminuzione del pH ruminale con conseguenze negative sulla digestione della fibra.

E' riportato che i tannini, composti fenolici secondari delle piante, hanno un effetto depressivo sulla emissione di metano. In una prova in vivo in capre di razza Angora (Puchala et al., 2005) l'alimentazione con foraggio ricco in tannini (17%) ha evidenziato una riduzione di CH_4 del 30% rispetto ad animali alimentati con foraggi a basso contenuto di tannini (0,5%).

Le saponine sono dei glicosidi terpeni presenti in abbondanza in numerose piante e hanno un effetto inibente sulla popolazione protozoaria responsabile della metanogenesi. Questa azione inibente è stata verificata in numerosi studi in vitro. Per contro studi in vivo hanno evidenziato riduzioni di CH_4 non significative. La ragione più plausibile di tale differenza potrebbe essere la capacità dei protozoi di adattarsi alle saponine.

Il costo delle azioni di mitigazione basate sulla manipolazioni della dieta è difficile da quantificare in quanto soggetto alla disponibilità delle matrici alimentari che varia tra le diverse regioni, stagioni e annate e che di conseguenza influenza il prezzo di mercato delle stesse. Infine, va tenuto in conto la generale propensione degli allevatori ad utilizzare matrici alimentari a basso costo. Pertanto, nelle azioni di mitigazioni che riguardano la manipolazione della dieta è importante che i ricavi dovuti alle maggiori produzioni e/o derivanti dagli incentivi di politiche a supporto della mitigazione, siano maggiori dei costi sostenuti.

3.3.2 Emissioni di metano e di protossido di azoto da deiezioni

Sulla base di quanto riportato circa il contributo delle diverse specie animali alle emissioni di GHG attraverso le deiezioni, nei paragrafi successivi verranno presi in esame i principali interventi di mitigazione che devono intendersi riferiti soprattutto al trattamento di deiezioni bovine, suine e avicole.

La gestione delle deiezioni (modalità, tempi di stoccaggio ed eventuali trattamenti) influenza notevolmente le emissioni di GHG. In particolare, le modalità di gestione dei liquami influenzano in maniera significativa le emissioni di CH_4, mentre quelle relative al letame e alla pollina essiccata influenzano soprattutto le emissioni di N_2O.

Tra i principali interventi ritenuti efficaci nel ridurre le emissioni di GHG dalle deiezioni vanno annoverati: a) la riduzione dei tempi di stoccaggio, b) il compostaggio, c) la copertura delle deiezioni durante lo stoccaggio (digestione anerobica), d) l'areazione, e) la separazione solidi/liquidi e, indirettamente, f) la manipolazione della dieta. Oltre a ciò, va rilevato che relativamente alle emissioni di metano, un ruolo importante viene pure svolto dalle condizioni climatiche, nei confronti delle quali le possibilità di controllo appaiono a dir poco limitate. A tale riguardo, Sommer et al. (2009) hanno stimato le emissioni di CH_4 da deiezioni bovine in Italia e Svezia, riscontrando un livello di emissioni in Svezia più basso del 75% rispetto a quelle Italiane. I diversi tempi di stoccaggio delle deiezioni (decisamente più lunghi per il territorio Italiano) e le diverse condizioni climatiche rappresentano i motivi che secondo gli Autori contribuiscono a giustificare la differenza così ampia tra i due Paesi.

In uno studio di Amon et al. (2006), è stato riportato che le emissioni di metano aumentano al crescere dei tempi di stoccaggio e che la presenza di paglia nelle deiezioni può aumentare le emissioni di metano fino ad oltre il 20%.

La copertura dei siti di stoccaggio delle deiezioni è una pratica molto diffusa in Europa. La funzione principale e quella di catturare i gas emessi. Inoltre, protegge le deiezioni dal vento che agisce rimuovendo lo strato di gas superficiale aumentando così la diffusione di gas dalla parte profonda alla superficie della struttura di stoccaggio.

Il compostaggio può essere attivo se si realizza con l'ausilio di ventilazione forzata o passivo se effettuato tramite areazione naturale. In uno studio francese (Loyon et al., 2007), sono stati comparati i livelli di emissione gassosa derivanti da una gestione tradizionale delle deiezioni suine (6 mesi di stoccaggio prima dello spandimento) e quelli registrati sottoponendo le deiezioni a trattamenti di areazione. La totalità dei GHG (CH_4+N_2O) è stata ridotta di circa il 55% (come CO_2 equivalente) nei diversi processi testati. In un altro studio, il compostaggio attivo di liquami suini ha determinato una riduzione del 30% di emissioni di GHG rispetto ai liquami non trattati, mentre il compostaggio senza ventilazione forzata ha mostrato livelli superiori di emissione di GHG rispetto al liquame non trattato (Thompson et al., 2004).

La separazione dei reflui in frazione solida e liquida è utilizzata primariamente per migliorare la manipolazione e la trasportabilità dei reflui e inoltre per ridurre l'emissione di odori. Successivamente alla separazione, le frazioni ottenute possono essere oggetto delle diverse tecniche di gestione viste in precedenza. La separazione, riduce del 41,6% l'emissione di CH_4 e tale riduzione può essere ancora più marcata se si riduce la frazione solida residua presente nella parte liquida (Amon et al., 2006). Gli stessi autori indicano come i metodi di digestione anaerobica e aerazione delle deiezioni riducano le emissioni di CH_4 rispettivamente del 66,8% e del 57% rispetto alle deiezioni non trattate. Nello stesso studio sono stati analizzati anche i livelli di emissione di N_2O. I valori minimi di emissione N_2O sono stati riscontrati nel caso di deiezioni non trattate. Per contro, rispetto al non trattato, è stato riscontrato un + 10% per la gestione separata (frazione liquida e solida), un +41% per digestione anaerobica, un +109% per le deiezioni con paglia e un +144% per le deiezioni che avevano subito un processo di areazione. Complessivamente il totale di emissione di GHG (CH_4 + N_2O) è risultato inferiore nel caso della digestione anaerobica. Rispetto a questa modalità di gestione un incremento del GHG pari al 29% è stato riscontrato per le deiezione dopo processo di areazione, un +35% per le deiezioni separate, un +59% per quelle non trattate e un +68% per quelle con paglia.

Va tenuto presente che nel computo totale di CO_2eq prodotta dai diversi processi, a ciò che è indicato per il trattamento di aereazione va aggiunta una quota di circa il 14% da ricondurre al consumo di corrente elettrica.

In un recente studio di Sommer et al., (2009), sono state stimate le emissioni di GHG delle deiezioni bovine (allevamenti con almeno 50 vacche da latte) e suine (allevamenti con almeno 2000 suini all'ingrasso). Gli autori riportano una riduzione nelle emissioni di GHG fino ad un 42% in corrispondenza di periodi di stoccaggio più brevi. La separazione delle deiezioni (liquida e solida) determinerebbe riduzioni nelle emissioni di GHG fino ad un 64%. Infine, la combinazione della separazione delle deiezioni con l'incenerimento della frazione solida comporterebbe la riduzione di emissioni di GHG da deiezioni bovine e suine da un 49% fino ad un 82%.

Un recente studio americano mirato ad accertare i livelli di emissione di GHG da deiezioni suine (Vanotti et al., 2008), riporta una riduzione di emissioni di GHG del 96,9% ottenuta con sistema avanzato di gestione (*Supersoil Project*) rispetto allo scenario di riferimento caratterizzato da stoccaggio anaerobico in lagoni. La gestione avanzata consiste nella separazione (frazione solida e liquida) dei reflui, nel successivo trattamento della parte liquida con areazione forzata e nella contemporanea rimozione di N presente nel liquido con colonie batteriche azoto fissatrici. Nell'azienda oggetto dello studio composta da 4360 suini all'ingrasso, rispetto alla tecnologia tradizionale di stoccaggio anaerobico in lagoni, il beneficio economico a seguito della riduzione delle emissioni con la tecnologia con areazione forzata ammontava a US$19.106/anno (considerando il valore della quota di CO_2 a US$4/t scambiata alla borsa del clima di Chicago il 02/06/2006) che si traducono in US$1.75/suino (considerando un turnover di 2,5 suini/anno).

Infine, come già accennato in precedenza, va rilevato che l'esame della letteratura evidenzia come la dieta possa influenzare le emissioni di gas climalteranti da parte delle deiezioni. Tuttavia, secondo alcuni autori il passaggio da una dieta con elevata concentrazione di fibra ad una con concentrazione elevata di carboidrati (Boadi et al., 2004) o l'impiego di tipi diversi di foraggio (Külling et al., 2003) non modificherebbero le emissioni di CH_4 e di N_2O da deiezioni bovine.

Boadi et al. (2004) riportano che le emissioni di GHG da deiezioni possono essere correlate maggiormente con la quantità di N presente nella razione e con le condizioni di stoccaggio. A tale ultimo proposito va rilevato come nelle specie monogastriche risultino numerose le evidenze sperimentali circa la possibilità di ridurre l'apporto complessivo di azoto con la dieta facendo ricorso ad aminoacidi essenziali di sintesi. Tale possibilità, che se correttamente gestita non comporta alcun peggioramento delle performance degli animali allevati, risulta peraltro già largamente sfruttata per la gestione dei piani alimentari di queste specie.

La gestione delle deiezione associata alla produzione di biogas sarà oggetto di valutazioni nell'ambito del capitolo dedicato al settore energia.

3.4 Interventi di adattamento

Nel contesto dei cambiamenti climatici l'adattamento è stato descritto come il grado di aggiustamento di un sistema in termini strutturali e/o manageriali in risposta al cambiamento climatico (Watson et al., 1996). Più recentemente, l'IPCC (2001) e Cohen e collaboratori (2002) hanno indicato che l'adattamento al cambiamento climatico può essere definito in maniera compiuta attraverso il riscorso alle sub-definizioni seguenti: adattamento preventivo, di reazione, pianificato, autonomo, privato e pubblico.

I modelli climatologici prevedono per i prossimi decenni un innalzamento delle temperature a livello globale. In un recente studio (Segnalini et al., 2011) è stata analizzata la dinamica del *Temperature Humidity Index* (THI) per il periodo 1951-2007 nel bacino del Mediterraneo. Per il territorio Italiano, nel periodo preso in esame, la ricerca ha evidenziato un generale aumento dei valori dell'indice THI che si è mostrato particolarmente marcato durante le stagioni estive. Infine, nel decennio 1998-2007, si sono registrate le maggiori anomalie positive del THI (intese come incrementi del THI rispetto ad un trentennio precedente), che sono risultate particolarmente accentuate per l'estate dell'anno 2003. Se tali andamenti saranno confermati anche in termini di scenari, come peraltro sembra evincersi dall'analisi dei risultati preliminari che stanno scaturendo da analisi ancora in corso di realizzazione, gli animali di interesse zootecnico saranno esposti ad un maggior rischio di *stress* da caldo durante il periodo estivo e ciò rinforza il convincimento che si renderà necessario implementare strategie di adattamento che serviranno a contrastare gli effetti negativi che il caldo ha sul benessere, lo stato di salute e la produttività degli animali allevati. Peraltro, va annotato come le condizioni di caldo ambientale possano pure incrementare le emissioni di gas climalteranti sia per gli effetti che determinano sugli animali (riduzione dell'efficienza alimentare, riduzione delle aspettative di vita con aumento della quota di rimonta, etc.) sia per quelli a carico del biochimismo delle deiezioni.

Lo studio bibliografico consente di individuare diverse possibili misure di adattamento che vanno dalla realizzazione di interventi strutturali, all'implementazione di pratiche del *management* aziendale fino all'adozione di atteggiamenti pro-attivi.

3.4.1 Interventi strutturali sui ricoveri

Orientamento dei ricoveri

Il primo criterio da considerare nella costruzione di un edificio adibito al ricovero degli animali è il suo orientamento. Edifici con un orientamento nord-sud hanno una maggiore esposizione alla radiazione solare rispetto a quelli con orientamento est-ovest. In stalle con orientamento nord-sud la luce del sole entra direttamente sia durante la mattina che nel pomeriggio sottolineando come particolarmente nocivo per il benessere animale sia il soleggiamento pomeridiano. L'effetto della radiazione solare nelle stalle con orientamento nord-sud può essere ridotta con l'utilizzo di reti ombreggianti collocate a protezione dei lati lunghi e in particolar modo del lato ovest (Smith et al., 2001). Di tali aspetti si dovrà tener conto nel caso di costruzione *ex novo* di edifici adibiti al ricovero degli animali allevati.

Coibentazione e riflettanza di copertura e pareti dei ricoveri

Le coperture hanno un ruolo importante nell'influenzare il microclima delle stalle. Nelle ore più calde della giornata il tetto viene riscaldato dalle radiazioni solari e il calore accumulato viene poi ceduto all'interno delle stalle (effetto termosifone) contribuendo ad un peggioramento del microclima soprattutto nelle ore serali e notturne.

Da una recente ricerca realizzata nell'ambito del progetto Mipaaf denominato CLIMANIMAL è emerso come le coperture di stalle di bovine da latte realizzate con materiali coibentanti hanno un effetto positivo sul suddetto effetto termosifone rispetto a coperture realizzate in termocemento o in alluminio zincato (Menesatti et al., 2008). Inoltre, pitturare le superfici esterne delle stalle con colori chiari e riflettenti riduce la quantità di calore accumulato e conseguentemente di quello ceduto. Questo tipo di intervento ha bassi costi di realizzazione ma necessità di manutenzione periodica.

Ombreggiamento

L'utilizzo di reti ombreggianti per la protezione dalle radiazioni solari è indicato come un utile intervento di adattamento per animali che hanno la possibilità di accedere ad aree esterne agli edifici. Prove sperimentali eseguite sulle bovine da latte hanno evidenziato come l'ombreggiamento riduca l'incremento della temperatura corporea e della frequenza respiratoria che si registrano in condizioni di ambiente caldo e incrementi la produzione di latte del 10% (Collier et al., 2006). Va ricordato che l'ombreggiamento difende dalla sola radiazione solare ma non ha nessuno effetto sui valori di temperatura ed umidità. Da sottolineare il fatto che le reti ombreggianti si prestino ad un uso flessibile ed abbiano un costo limitato.

Ventilazione naturale

Nei periodi caldi una buona ventilazione all'interno delle stalle aiuta ad allontanare dal corpo dell'animale lo strato di vapore che si crea a seguito della sudorazione, consentendo una migliore dispersione di calore dal corpo. Inoltre, il ricambio di aria contribuisce a mantenere bassi i livelli di umidità relativa, parametro che incide sulla percezione del caldo. La ventilazione naturale è funzione di alcune caratteristiche strutturali della stalla quali: grado di aperture dei muri perimetrali, altezza, larghezza, pendenza del tetto, grado di apertura del culmo del tetto (effetto camino) e velocità del vento. In particolare, la ventilazione naturale risulta favorita quando aumentano il grado di apertura dei muri perimetrali e l'altezza, diminuisce la larghezza, si ha una pendenza del tetto del 30%, si aumenta il grado di apertura del culmo e si pittura con vernice scura la parte esterna del cupolino che copre il culmo (Armstrong, 1994; Smith et al., 2001).

Ventilazione forzata

Per aumentare la ventilazione all'interno delle stalle si possono utilizzare dei ventilatori. Per ottenere il massimo beneficio, i ventilatori dovrebbero essere di almeno 1 metro di diametro, essere posizionati ad una altezza da 1,8 a 2,4 m con un'angolazione di 30° rispetto alla linea ortogonale al piano di calpestamento e con una distanza sulla linea tra ventilatori di circa 6 m.

La ventilazione forzata in se è poco utilizzata mentre è spesso associata con altri dispositivi di raffrescamento (vedi avanti). Tuttavia, con riferimento all'impiego di tali sistemi va rilevato come questi comportino la necessità di impiego di energia che va a pesare negativamente sul bilancio delle emissioni climalteranti delle attività di allevamento.

Infine, con riferimento a questa pratica, va rilevato come nelle bovine allevate per la produzione di latte particolarmente efficace risulti la sua applicazione all'interno degli spazi (sale) di attesa nei quali gli animali sostano prima della mungitura. Peraltro, a tale riguardo, va rilevato come rispetto alla gestione di questi spazi sia importante evitare condizioni di sovraffollamento che finiscono col peggiorare la condizione di disagio degli animali.

Ventilazione forzata con gocciolatoi

La combinazione della ventilazione forzata con la bagnatura del corpo degli animali è un metodo molto efficace per il raffrescamento degli animali nel corso della stagione calda. Tali dispositivi possono essere attivati manualmente oppure lo *start* può avvenire in base ai livelli di temperatura e/o umidità relativa presenti nella stalla. La bagnatura non è continua ma viene effettuata ciclicamente.

Collier et al. (2006) riportano un incremento nella produzione di latte dell'11,6% e una riduzione della frequenza respiratoria da 95 a 57 atti respirativi al minuto. Kendall et al. (2007) hanno evidenziato una riduzione del 60% nella frequenza respiratoria in vacche raffrescate con gocciolatoi e ventilatori rispetto ad animali non raffrescati.

Armstrong, (1994) in una prova condotta nel corso della stagione estiva con temperature giornaliere massime comprese tra 27 a 46 °C, riporta che l'utilizzo di un sistema di raffrescamento con un consumo di acqua di 18 L/h per ventilatore diminuiva la temperatura corporea delle vacche di 1,7 °C e aumentava significativamente la produzione di latte.

Oltre a quanto indicato sopra relativamente al consumo di energia, un altro aspetto di conflittualità legato all'impiego di questo metodo è rappresentato dal consumo di acqua che può arrivare a diverse migliaia di litri al giorno/stalla.

Ventilazione forzata con nebulizzatori

Il sistema di ventilazione forzata con nebulizzazione dell'acqua utilizza pressioni elevate per la polverizzazione dell'acqua e grandi volumi di aria per far evaporare l'acqua. Questo processo permette di abbassare la temperatura ambientale. Questo sistema è molto utile in climi aridi. La sua efficacia diminuisce nelle situazioni in cui l'umidità relativa eccede il 70% e per questo è considerato meno adatto per climi caldo umidi. L'effetto di questo metodo sul benessere (temperatura corporea, frequenza respiratoria, etc.) è molto simile a quello del sistema a bassa pressione analizzato precedentemente (gocciolatoi e ventilatori), mentre avrebbe un effetto più blando sulle performance produttive (Collier et al., 2006). Rispetto al sistema a bassa pressione il funzionamento dei nebulizzatori necessità di una minore quantità di acqua.

3.4.2 Management

Alimentazione

L'ingestione di alimento, la digestione e il metabolismo sono alla base della produzione endogena di calore e influenzano la capacità degli animali di evitare l'innalzamento della temperatura corporea che tende a verificarsi in ambiente caldo.

Nelle specie ruminanti, l'ingestione di fibra comporta una maggiore produzione di acido acetico la cui sintesi è associata ad una maggiore produzione di calore. Razioni ad elevato valore energetico con contenuto ridotto di fibra e quantità elevate di carboidrati facilmente fermentescibili possono pertanto essere considerate più adeguate per l'alimentazione di animali allevati in condizioni di caldo ambientale. Inoltre, va tenuto presente che il livello energetico della razione può essere ulteriormente incrementato attraverso l'aggiunta di grassi in misura massima del 3-5% sul totale della sostanza secca.

Altro aspetto da tenere in considerazione è rappresentato dalla quota di proteina solubile (degradabile a livello ruminale). Nei limiti del possibile questa dovrebbe essere diminuita in quanto l'animale deve spendere energia per la conversione in urea e per la sua eliminazione dal corpo con conseguente produzione di calore.

Pure di utilità può essere l'inclusione nella razioni estive di tamponi (bicarbonato di sodio, ossido di magnesio) che aiutano a mantenere una corretta omeostasi ruminale, di potassio per far fronte alle perdite di questo elemento che si verificano attraverso la sudorazione, di principi nutritivi con azione antiossidante (vitamina E e selenio), di colina e di lieviti (West, 1999).

Infine, va sottolineato come gli accorgimenti alimentari utili a contrastare gli effetti del caldo concordano sostanzialmente con quanto già riportato per le *best practice* alimentari da adottare nelle azioni di mitigazione.

Nel corso della stagione calda andrebbe aumentata la frequenza di somministrazione dell'alimento facendo in modo che gli animali ne abbiano disponibilità durante le ore più fresche della giornata (mattina presto e sera/notte) rendendo inoltre il più confortevole possibile la zona di alimentazione. A questo scopo tornano utili gli accorgimenti strutturali visti in precedenza (reti ombreggianti, ventilatori, gocciolatoi, etc.).

Grande importanza va infine rivolta all'acqua di abbeverata che deve essere facilmente raggiungibile, sempre disponibile, pulita e auspicabilmente fresca (West, 1999). Pur considerando i costi necessari per il raffrescamento dell'acqua di bevanda, va comunque sottolineato che tale aspetto andrebbe tenuto nella dovuta considerazione almeno nel caso di progettazione *ex novo* dei sistemi di abbeverata.

Riproduzione

Lo *stress* da caldo riduce la lunghezza e l'intensità degli estri aumentando la difficoltà da parte del personale di individuare il momento in cui l'animale risulta al massimo della fertilità. Per migliorare il rilevamento dell'estro possono essere impiegati dei marcatori collocati all'attacco della coda che rilevano i cavalcamenti tra gli animali, oppure impiegare dei radio podometri che monitorano l'attività motoria.

La fertilità nel corso della stagione estiva può essere migliorata con la programmazione delle inseminazioni. L'implementazione dei programmi di inseminazione o TAI (*Time Artificial Insemination*) nel periodo caldo incrementano il tasso di concepimento. Tuttavia, nonostante il TAI migliori l'efficienza riproduttiva nei mesi estivi, tale strategia non è in grado di ristabilire i livelli di efficienza tipici dei periodi termoneutrali a causa dei severi effetti che il caldo ha sulla mortalità embrionale (Hansen and Aréchiga, 1999).

Selezione genetica

La selezione di animali termotolleranti può essere considerata una strategia di adattamento di lungo periodo. Ravagnolo e Mistzal, (2000) riportano che la variabilità riscontrata per i caratteri produttivi è zero per valori di THI che corrispondono alla termoneutralità, mentre è molto grande per valori del THI elevati (>88). Tali autori indicano come sia possibile immaginare la selezione di genotipi portatori di particolare resistenza al caldo ambientale. Tuttavia va rilevato come la correlazione negativa tra i tratti produttivi e la tolleranza al caldo (-0,3) indichi che la selezione in atto per la produzione diminuisca la tolleranza alle temperature ambientali elevate.

Inoltre, anche se i caratteri da selezionare per una minore sensibilità alle condizioni di clima caldo hanno bassa ereditabilità e i fenotipi non sono di facile rilevamento, diverse evidenze in letteratura fanno ritenere conseguibili risultati di un certo interesse. Ad esempio potrebbe essere attivata una selezione indiretta basata su caratteri con valori discreti di ereditabilità, quali temperatura corporea, conformazione e peso corporeo, colore del mantello, conformazione e numero delle ghiandole sudoripare che influiscono sulle capacità di termoregolazione degli animali (Sharma et Nagarchenkar, 1981; Norman et al., 1983; Nardone, 1998; Aguilar et al., 2009).

Infine, prospettive potrebbero pure esservi nella possibilità di selezione diretta, mediante l'impiego di tecniche di genetica molecolare. Prime indicazioni in questo senso risultano peraltro in fase di acquisizione da parte del progetto nazionale di ricerca SelMol, finanziato dal Mipaaf, focalizzato sul miglioramento genetico delle popolazioni allevate in Italia mediante biotecniche di genetica molecolare.

Atteggiamento pro-attivo

L'opportunità di essere informati anticipatamente sul verificarsi di condizioni climatiche critiche può servire agli allevatori per implementare a livello aziendale tutte gli accorgimenti manageriali per contrastarne gli effetti negativi. A tale proposito, e con particolare riferimento allo stress da caldo, negli ultimi anni sono stati attivati nel mondo e diffusi tramite *web* diversi sistemi previsionali di allerta meteo specifici per gli animali di interesse zootecnico. In Nuova Zelanda e in Australia il sistema previsionale prevede l'utilizzo del THI come indice di rischio, mentre negli Stati Uniti il sistema attivato di recente utilizza un indice che tiene conto anche della frequenza respiratoria. Nel corso dell'estate 2010, sulla base delle risultanze ottenute attraverso il Progetto CLIMANIMAL, finanziato dal Mipaaf e coordinato dal Dipartimento di Produzioni Animali dell'Università della Tuscia, anche per l'Italia è stato attivato un sistema previsionale di allerta caldo per gli animali (http://www.cra-cma.it/sac/). Il sistema, messo a punto da CRA-CMA, produce previsioni diurne e notturne dell'indice THI a sei giorni per l'intero territorio nazionale. Il bollettino esprime, in particolar modo per i bovini da latte, il rischio stress da caldo riferito ad aspetti produttivi e di benessere animale (rischio mortalità).

3.5 Indicatori di impatto

3.5.1 Mitigazione

La domanda alla quale si dovrà cercare di dare risposta attraverso il riscorso agli indicatori di impatto per gli interventi di mitigazione è se tali interventi abbiano consentito di ridurre le emissioni di GHG da parte degli animali e/o dalle deiezioni da questi prodotte.

In sintesi, la risposta a tale domanda potrà essere ottenuta attraverso la stima delle emissioni prima e dopo la realizzazione degli interventi di mitigazione avvalendosi di dati e di modelli che siano caratterizzati dal minimo livello possibile di incertezza. Inoltre, sulla base di quanto riportato in precedenza, una valutazione dell'impatto potrà pure essere effettuata in via indiretta attraverso la valutazione dell'efficienza produttiva e riproduttiva, delle aspettative di vita e dei piani alimentari prima e dopo la realizzazione degli interventi, nonché degli interventi strutturali (numero e tipologia di strutture) e manageriali realizzati per la gestione delle deiezioni.

3.5.2 Adattamento

La domanda alla quale si dovrà cercare di dare risposta attraverso il riscorso agli indicatori di impatto per gli interventi di adattamento è se tali interventi abbiano consentito di ridurre gli effetti dei cambiamenti climatici sulla condizione di benessere e di salute, sulle *performance* produttive e riproduttive e sulle aspettative di vita degli animali allevati.

Tali indicatori potranno essere distinti in strutturali (numero e tipologia di strutture realizzate), manageriali, produttivi (quanti-qualitativi), riproduttivi e sanitari.

3.6 Strategie per il futuro[35]

Se da un lato risulta complesso stimare con un livello di accuratezza accettabile le emissioni attuali di GHG del settore zootecnico (vedi paragrafo 3.2), ancor più problematico è fare oggi previsioni attendibili per le emissioni future. Le principali cause di incertezza nelle previsioni sono rappresentate dalle modificazioni che subiranno le componenti del sistema zootecnico per effetto dell'avanzamento delle conoscenze scientifiche e per la conseguente introduzione di innovazioni tecnologiche, dall'andamento delle economie e dei mercati globali, nonché dalle pressioni che saranno esercitate dalla società sui sistemi di produzione, a seguito del variare degli stili di vita, della sensibilità verso sicurezza e salubrità alimentare, nonché nei confronti di problematiche di natura etica e ambientale. Non ultimo per importanza è l'impossibilità di prevedere oggi quali nuove normative con effetti sull'allevamento verranno verosimilmemente emanate dagli organi di governo comunitari, nazionali e/o regionali sotto la spinta dei fattori elencati sopra.

3.6.1 Emissioni: limiti sostenibili e classificazione degli allevamenti

Di fronte a un quadro così complesso sarebbe auspicabile che fosse svolta in primo luogo un'attenta riflessione a livello globale al fine di valutare l'opportunità di individuare valori totali (assoluti o relativi) di emissioni "sostenibili" per ciascuno dei settori di emissione delle attività umane. Valori che dovrebbero essere stabiliti sulla base di priorità da attribuire ai settori stessi in funzione del rilievo che i prodotti/servizi derivati rivestono nel soddisfare le esigenze primarie della società.

Questo consentirebbe una gestione più razionale delle emissioni all'interno di ciascun settore. Con questa logica, all'interno del settore zootecnico, si potrebbe pertanto procedere, per ciascun sistema produttivo o specie allevata, all'individuazione di livelli di emissioni "sostenibili" per unità di prodotto e/o animale allevato, ai quali i singoli allevamenti verrebbero sollecitati ad adeguarsi.

A tale scopo, nei paragrafi che seguono viene esposta una serie di proposte "originali", formulate appositamente per il "Libro Bianco" al fine di poter attivare una efficace azione di monitoraggio e contenimento delle emissioni zootecniche.

La prima azione dovrebbe distinguere i singoli allevamenti, ordinati per specie, indirizzo produttivo, area geografica, in tre diverse classi in funzione del livello di emissione: *environmental friendly, neutral* or *risky*.

La classe *friendly* comprenderà gli allevamenti ritenuti ottimali rispetto alle emissioni e che non necessitano di alcun intervento correttivo. A questi allevamenti potrebbe essere consentito formalmente di pubblicizzare tale condizione e un apposito Albo potrebbe essere costituito anche al fine di attivare un processo virtuoso negli allevamenti delle altre due classi.

Nella classe *neutral* saranno compresi gli allevamenti i cui livelli di emissioni risulteranno accettabili ma presentano margini di miglioramento che potranno essere conseguiti con interventi di modesta-media entità.

La classe *risky* comprenderà invece gli allevamenti che presentano emissioni oltre i limiti accettabili e che presentano caratteristiche strutturali e gestionali carenti, che devono essere migliorate per rientrare nei limiti. In questi allevamenti dovranno essere svolte azioni mirate (vedi sottoparagrafo "Interventi di mitigazione") per rimuovere, entro un tempo che potrà essere determinato caso per caso, gli ostacoli che non consentono di raggiungere il livello di emissione considerato accettabile.

[35] tutto quanto riportato nei sottocapitoli 3.6. è da attribuire esclusivamente ad Alessandro Nardone, Nicola Lacetera, M. Stella Ranieri

La classificazione degli allevamenti è consigliabile che inizi dalle specie che contribuiscono maggiormente alle emissioni e per le quali sono già disponibili, o è meno impegnativo reperire, le informazioni necessarie. I bovini, in particolare quelli da latte, per i quali è già operativa l'anagrafe nazionale e sono diffusi i servizi dei controlli funzionali, possono costituire il primo settore di introduzione di questo sistema. Pertanto nella descrizione della procedura di classificazione che segue si farà implicitamente riferimento prioritariamente ai bovini da latte.

3.6.1.1 *Procedura di classificazione*

Per attribuire la classe di appartenenza agli allevamenti, nonché per acquisire le conoscenze sulle caratteristiche strutturali e di gestione necessarie per attivare gli interventi di mitigazione, dovrà essere adottata un'apposita procedura divisa in due fasi: a) raccolta dati e b) attribuzione della classe.

Raccolta dati

La procedura dovrà prevedere, mediante la compilazione di schede appositamente predisposte, il rilevamento di: 1) superficie aziendale e SAU; 2) numero di animali presenti per categoria; 3) rapporto foraggi/concentrati nella razione alimentare (ove possibile per categoria); 4) quantità di prodotto ottenuto per anno; 5) sistema di raccolta, stoccaggio e smaltimento delle deiezioni. I dati di base potranno essere acquisiti attraverso la consultazione della documentazione aziendale ove disponibile, oppure con procedimenti semplificati *ad hoc* (che potrebbero così favorire l'introduzione dell'uso di documentazione aziendale ove è carente). Per il numero di animali potranno essere anche utilizzati in remoto valori presenti in banche dati (ad es. anagrafe del bestiame, banca dati controlli funzionali).

Con riferimento al rapporto foraggi/concentrati nella razione alimentare, si ritiene utile sottolineare che, come ampiamente descritto nel sottocapitolo "Alimentazione", questo aspetto rappresenta solo uno di quelli relativi all'alimentazione degli animali che gioca un ruolo nel modificare il livello di emissioni e che sviluppi futuri di questa ipotesi di lavoro potranno elaborare un modello più completo che prenda in esame anche gli aspetti alimentari per il momento trascurati (qualità dei foraggi, eventuale grassatura delle razioni, etc.).

La scheda per la raccolta dati potrà avere anche una sezione riservata alla raccolta di informazioni sulle caratteristiche strutturali delle aziende (coibentazione, ventilazione, orientamento ecc), che potranno essere utilizzate ai fini di valutazioni analoghe riguardanti aspetti di adattamento.

Attribuzione della classe

Sulla base delle informazioni e dei dati registrati potranno essere sviluppati tre indici: a) caratteristiche della razione; b) UBA allevate per unità di prodotto; c) modalità di trattamento dei reflui.

Rispetto ad a) e b) potrà essere stabilito un valore soglia che consentirà di distinguere la condizione positiva per valori inferiori alla soglia, e quella negativa per valori sopra la soglia. Rispetto al terzo indice potrà essere definita condizione positiva la presenza di impianto di produzione di biogas (o assimilabile) ovvero una combinazione ottimale di raccolta, stoccaggio e smaltimento deiezioni. Condizione negativa sarà attribuita alle tipologie di raccolta, stoccaggio e smaltimento diverse da quella/e definita/e ottimale/i.

La classe *friendly* o *neutral* sarà assegnata agli allevamenti che presentano una data combinazione dei tre indici (da predeterminare).

La classe *risky* sarà attribuita a tutti gli allevamenti con condizioni diverse da quelle indicate per le altre due classi.

3.6.1.2 **Unità di Bestiame CO_2 equivalente anno ($UBCO_2eq/a$)**

La disponibilità di un indice che consenta di confrontare in modo semplice e rapido il potere emissivo di allevamenti di specie e/o indirizzi produttivi diversi risulta di grande utilità pratica nella loro classificazione e nel monitoraggio dell'effetto delle azioni di adattamento e mitigazione.

Di seguito viene descritto un indice di nostra nuova concezione denominato Unità Bestiame CO_2 equivalente anno ($UBCO_2eq/a$), che può essere calcolato per ciascuna categoria delle specie animali allevate per la quale siano disponibili i dati di base relativi al metano e al protossido di azoto. L'indice è espresso dal rapporto tra i kg di CO_2eq emessi da una categoria animale e i kg di CO_2eq emessi da una vacca da latte, da noi presa come unità di riferimento. I parametri da noi utilizzati per caratterizzare la vacca presa a riferimento sono gli stessi riportati da ISPRA

nell'inventario 2011: peso vivo kg 602,7, produzione annua di latte kg 6.336, contenuto medio di materia grassa 3,67 percento. In breve per calcolare il valore dell'indice relativo a ciascuna categoria si procede prendendo direttamente dall'inventario ISPRA i valori dei fattori di emissione del metano di origine enterica e da deiezioni e si convertono in kg di CO_2eq. Per il protossido di azoto, a seconda della categoria animale e/o del sistema di allevamento, si prende (sempre dall'inventario ISPRA) il valore del quantitativo di azoto contenuto nel letame e/o nei liquami (quello nelle eventuali feci depositate al pascolo non è conteggiato perché imputato al settore "Suoli agricoli") e si effettua la conversione in kg di protossido di azoto secondo le procedure standard IPCC (2000). Questo dato viene quindi convertito in kg di CO_2eq. Dividendo i kg di CO_2 complessivi ottenuti per ciascuna categoria, per quelli dell'unità di riferimento si ha il valore di UBCO_2eq/a della categoria stessa.

Nella tabella 3.4 sono riportati i valori di UBCO_2eq/a da noi calcolati per le categorie per le quali sono disponibili i dati di base relativi all'anno 2009 (ISPRA, 2011a; ISPRA comunicazione personale).

In particolare la tabella riporta per categorie animali di specie diverse: a) i kg di CO_2eq/a; b) il valore del rapporto tra i kg di CO_2eq corrispondenti alle singole categorie prese in esame e i kg di CO_2eq relativi alla vacca da latte scelta come unità di riferimento; questo rapporto è il valore dell'indice UBCO_2eq/a; c) il numero complessivo di capi di ciascuna categoria che emette un quantitativo di CO_2eq/anno pari a quello emesso dalla unità di riferimento.

Risulta di facile intuizione come la semplice conoscenza della struttura demografica di un allevamento (o dell'insieme di allevamenti di una area di interesse) permetta di calcolare rapidamente e facilmente le emissioni totali di CO_2eq. Difatti, disponendo dei dati tabellari, basta moltiplicare la consistenza delle categorie animali di un dato allevamento (entità nota a ogni allevatore e/o facilmente reperibile dalla documentazione di stalla e addirittura da banche dati in remoto per le specie per le quali è obbligatoria la anagrafe del bestiame o esistono i controlli funzionali) per i corrispondenti valori di UBCO_2eq/a e sommare i valori ottenuti per ciascuna categoria per avere il totale di UBCO_2eq/a dell'allevamento. E' altresì evidente come la disponibilità dell'indice proposto faciliti il confronto tra il potere di emissione di allevamenti (o realtà di allevamento) di specie, indirizzi produttivi o sistemi diversi. L'indice potrà anche facilitare il monitoraggio dei risultati di azioni di intervento per il contenimento delle emissioni, in particolare di quelle rivolte alla ottimizzazione di parametri demografici dell'allevamento, quali la fertilità, l'incidenza della rimonta annua, la lunghezza della carriera, l'età ai parti ecc. Sarà inoltre più agevole, per l'allevatore o per il tecnico, rapportare le emissioni di CO_2eq alle unità di prodotto o di superficie aziendale o di altro parametro.

Infine non va sottovalutata la azione di sensibilizzazione e di tipo culturale e formativo verso le problematiche derivanti dalle emissioni che la disponibilità dei valori dell'indice a livello aziendale può esercitare sull'allevatore, nonché l'utilità per gli addetti alla assistenza tecnica aziendale.

3.6.2 Piano per il contenimento delle emissioni zootecniche

L'analisi sin qui svolta ha messo in evidenza che esistono conoscenze e metodologie per ridurre le emissioni climalteranti prodotte dagli animali di interesse zootecnico nonché per limitare gli effetti negativi del riscaldamento globale sul comparto dell'allevamento animale. La questione fondamentale è come diffondere in campo, in maniera sostenibile, conoscenze, metodologie e comportamenti virtuosi, in modo da concretizzare la riduzione delle emissioni, nonché facilitare l'adattamento non solo delle strutture e del *management*, ma anche degli animali.

Alcuni fatti devono essere puntualizzati preliminarmente: a) il numero ragguardevole di allevamenti complessivamente presenti in Italia, b) la grande variabilità delle condizioni tecniche, economiche e organizzative degli allevamenti, c) la complessità della diffusione di alcune procedure di mitigazione/adattamento, d) l'impossibilità di ridurre le emissioni in misura significativa confidando soltanto sulla responsabilizzazione diretta delle aziende o la emanazione di normative coercitive.

Un ulteriore aspetto da tenere in debito conto è la ridotta autosufficienza di prodotti zootecnici del Paese che rende necessario il massimo impegno nel gestire i provvedimenti che riguardano l'allevamento in modo da evitare ulteriori contrazioni con aumento della dipendenza dalle importazioni. Ragioni di ordine economico, occupazionale, sociale e di sicurezza sono alla base di quest'ultima considerazione.

Tutti questi elementi fanno pertanto ritenere indispensabile l'attivazione di un Piano per assistere gli allevamenti nel contenimento delle emissioni e nell'adattamento degli animali alle modificazioni climatiche.

Un Piano con tali finalità deve prevedere le fasi di:

1) rilevamento iniziale delle caratteristiche strutturali e manageriali dei singoli allevamenti;
2) attribuzione degli allevamenti a una delle tre classi (*friendly, neutral, risky*);

3) realizzazione degli interventi negli allevamenti *risky* ed eventualmente *neutral* per assisterli nella conoscenza e nella adozione delle *best practices*;
4) monitoraggio periodico negli allevamenti di tutte e tre le classi, delle modificazioni strutturali, comportamentali ed emissive con riattribuzione periodica dei singoli allevamenti alla classe di appartenenza;
5) formulazione di un rapporto annuale dell'andamento del Piano.

Il rapporto annuale dovrà contenere:

a. la stima della riduzione di emissioni determinata dagli interventi, in valore assoluto e per unità di riferimento (prodotto, SAU, UBA);
b. la stima del costo unitario per unità di emissione (Kg CO_2eq) ridotta;
c. l' analisi dei benefici ambientali e sociali conseguenti alla riduzione di emissioni.

Un Piano siffatto, benché sia indispensabile, è economicamente e organizzativamente difficile da sostenere se rivolto alla totalità degli allevamenti presenti sul territorio nazionale. Questi, nell'anno 2007, in base ai dati ISTAT riferiti alle singole specie (bovini, bufalini, ovini, caprini, suini, equini, conigli, struzzi, polli da carne, galline ovaiole e altro pollame) risultavano essere 559.259 (Tabella 3.5). Correggendo per il numero di allevamenti misti, il totale, sempre nel 2007, si attestava a 309.468 unità di allevamento nel territorio nazionale e, anche considerando il forte *trend* verso una contrazione, è da ritenere che il numero degli allevamenti sia ragguardevole ancora nel 2010.

Peraltro l'intervento diffuso su una realtà così ampia, potrebbe dare risultati mediamente modesti e complessivamente inferiori a quelli conseguibili con interventi mirati negli allevamenti che maggiormente contribuiscono alle emissioni.

Sulla base di queste valutazioni e assumendo, in mancanza di dati più precisi, un livello di emissioni proporzionale al numero di capi allevati, si propone che il Piano di Assistenza venga attuato (almeno nella fase iniziale) soltanto sulla parte più rappresentativa degli allevamenti del Paese. In pratica, coinvolgendo nel Piano circa 22.000 allevamenti con più di 20 vacche da latte; 18.000 allevamenti con più di 50 capi di altri bovini; 20.000 allevamenti ovini con più di 100 capi; 1.900 allevamenti suini, ciascuno con più di 1.000 capi; 970 aziende di polli da carne, ciascuna con più di 25.000 capi; e 545 di galline ovaiole, ciascuna con più di 10.000 capi, si agirebbe sulle emissioni di un numero di animali pari a circa l'85% di tutte le vacche da latte e l'79% di altri bovini, l'83% di ovini, il 91% di polli da carne e il 94% di galline ovaiole (Tabella 3.6). Per quanto riguarda le altre specie, che complessivamente contribuisco alle emissioni per circa il 4% del totale dell'allevamento, il Piano, in fase iniziale, potrebbe interessare rispettivamente 2.000, 1000, 500 e 500 allevamenti rispettivamente per bufali, cunicoli, equini e caprini.

Pertanto, sulla base dei dati ISTAT 2007, gli allevamenti seguiti dal Piano sarebbero complessivamente circa 68.287, pari al 22% del totale degli allevamenti censiti. Il totale di emissioni di questi allevamenti è pari a circa lo 83% del totale delle emissioni imputate all'allevamento italiano (Tabella 3.7). In realtà, è immaginabile che il numero effettivo al momento dell'attivazione del Piano possa essere anche inferiore in conseguenza del *trend* di contrazione degli allevamenti di diverse specie. Dati certi si potranno avere con il censimento generale del 2010. Dati provvisori diffusi recentemente dall'Istat (5 luglio 2011; http://censimentoagricoltura.istat.it/index.php?id=73) indicano una sensibile contrazione del numero delle aziende zootecniche, come atteso, che all'ottobre 2010 ammontavano a circa 209 mila. La contrazione più rilevante in assoluto ha interessato l'allevamento avicolo e suino per le quali il numero di aziende, nell'ottobre 2010, era rispettivamente 24 mila e 26 mila. Più contenute sono state le contrazioni del numero di allevamenti delle altre specie. Per quanto riguarda le consistenze dei capi allevati, rispetto alle stime del 2007, per i bovini e ovicaprini si è avuta una contrazione rispettivamente del 6,6 e 2,9%, mentre per i suini è stato registrato un incremento del 4%.

3.6.2.1 **Aspetti organizzativi del Piano**

Per quanto riguarda gli aspetti organizzativi e operativi del Piano è da tenere presente che gli allevamenti *friendly* non necessitano di intervento se non per il monitoraggio delle condizioni e che gli allevamenti *neutral* richiederanno una assistenza molto limitata. Gli interventi dovranno invece concentrarsi sugli allevamenti classificati come *risky*. La definizione delle modalità particolari di attuazione del Piano non potrà prescindere dalla conoscenza degli aspetti politici, che il piano stesso dovrà considerare, né dei mezzi che il piano avrà a disposizione. Nel merito va comunque sottolineata l'importanza di raccordare tutte le strutture oggi esistenti che già operano o che hanno le potenzialità per operare secondo le finalità del Piano.

3.6.2.2 **Strutture di supporto**

In particolare, per gli allevamenti dei bovini da latte (e in misura più limitata per gli allevamenti delle altre specie di ruminanti), che complessivamente (vacche più rimonta) contribuiscono alle emissioni di CH_4 per poco meno del 50% del totale dell'allevamento italiano, possono essere di grande ausilio la struttura e i servizi dei controlli funzionali. Questo sevizio, gestito dalla Associazione Italiana Allevatori con le proprie Associate sulla base di un apposito regolamento (D.M. 24-5-1967, D.M. 18-4-2000, Legge 15-1-1991 n.30.), raggiunge con frequenza mensile oltre 20 mila allevamenti bovini da latte che allevano circa 1.350.000 vacche da latte. In pratica, questo insieme, per grandezza, si discosta poco da quello innanzi previsto per la categoria. Il coinvolgimento dell'Organizzazione degli Allevatori potrà semplificare le modalità di rilevamento delle informazioni di base per la classificazione degli allevamenti e facilitare l'assistenza per la adozione delle *best practice*; e soprattutto potrà velocizzare l'attivazione e attuazione del Piano sul comparto più interessante per le azioni di mitigazione nonché di adattamento. Per quest'ultimo aspetto potrebbe essere di ausilio sensibilizzare le Associazioni Allevatori, depositarie delle attività di miglioramento genetico degli animali, a considerare i caratteri di adattamento, in particolare la "*robustness*" e la termotolleranza, tra gli obiettivi di selezione.

Oltre alle azioni rilevanti ai fini del Piano che possono essere recuperate dalla operatività dei controlli funzionali e del miglioramento genetico sarà essenziale avvalersi anche del supporto di altri Organismi che hanno servizi validi sul territorio. Indubbiamente ciò richiederà una forte e organica azione di coordinamento.

3.6.2.3 **Occupazione**

Le risorse recuperate dagli Organismi esistenti ragionevolmente non potranno soddisfare tutte le esigenze del Piano. È pertanto preventivabile la necessità di un numero di tecnici per interventi negli allevamenti e/o di supporto ai tecnici che operano negli allevamenti. La definizione del loro numero non sarebbe verosimile a questo stadio di analisi. Comunque un dato utile può essere ottenuto dalla parametrazione del numero di tecnici necessari per una visita/anno/allevamento. Con riferimento ai 68 mila allevamenti previsti per il Piano ed a 220 giorni lavorativi/anno si hanno circa 310 unità lavorative. Sulla base del numero medio di visite che si prevede per allevamento/anno e della percorrenza media stimata per raggiungere l'allevamento è possibile stimare il costo di questa voce del Piano, verosimilmente la più incidente sul costo totale.

3.6.2.4 **Formazione e divulgazione**

Impegno particolare nella realizzazione del Piano dovrà essere riservato alle azioni di formazione dei tecnici, sia di quelli di nuova acquisizione, sia di quelli che già operano negli Organismi già esistenti. Non minore dovrà essere l'attenzione riservata alla formazione degli operatori e delle maestranze, sia attraverso i tecnici sia direttamente mediante mezzi audio-visivi, servizi dedicati e realizzazione di siti interattivi. Le azioni di formazione così come quelle di divulgazione rivolte all'allevamento dovranno comunque essere adeguatamente raccordate agli aspetti agronomici e più generali delle emissioni.

3.6.2.5 **Flessibilità del Piano di Assistenza**

Una gestione flessibile del Piano di Assistenza aumenterà l'efficienza e l'efficacia del Piano stesso. La flessibilità va riferita alla possibilità di modificare la proporzione tra gli allevamenti seguiti per ciascuna specie, sulla base di valutazioni che riguarderanno i risultati intermedi ottenuti attraverso il Piano. In pratica, stabilita per un dato periodo l'entità complessiva di contenimento delle emissioni che si intende conseguire nell'intero settore zootecnico, sarà possibile, sulla base di modelli *ad hoc*, trovare la migliore combinazione di tipologie di allevamento nelle quali intervenire per raggiungere l'obiettivo al minor costo e nel minor tempo possibili.

3.7 CONCLUSIONI

L'elaborazione di dati resi disponibili dall'ISPRA evidenzia come in Italia l'allevamento contribuisca soltanto per circa il 3,3% alle emissioni totali del Paese. In pratica è poco più della incidenza (2,9%) che si riscontra negli USA, e poco meno della metà (5,7%) di quella che si ha in Svezia. Il confronto con questi due paesi appare importante in quanto entrambi hanno una zootecnia tra le più avanzate. Inoltre, negli USA le grandi emissioni causate dalla diffusa e forte industrializzazione tendono a minimizzare l'incidenza di quelle imputabili all'allevamento, mentre la Svezia può essere considerato tra i paesi più "virtuosi" per l'impegno a contenere le emissioni ed è indubbiamente favorito, rispetto ad alcuni fattori che influiscono sulle emissioni stesse, dalle condizioni climatiche. L'Italia, rispetto a questi due paesi, ha anche i valori più bassi di emissioni zootecniche per abitante/anno (296 Kg CO_2eq *vs* 397 e 651 rispettivamente di Svezia e USA).

In Italia, quindi, oggettivamente, l'allevamento non può essere ritenuto tra i settori critici per le emissioni di gas climalteranti. Questa constatazione comunque non invalida in alcun modo la necessità, prima, di analizzare la realtà delle emissioni dell'allevamento del Paese e, sulla base di una conoscenza ben documentata, intervenire poi sia per ridurre le emissioni, sia per preparare l'allevamento stesso agli adattamenti necessari, sia strutturali, sia manageriali e sia dei genotipi animali, a fronteggiare gli attesi cambiamenti climatici. Un'altra constatazione che scaturisce dalla relazione è che poco meno di due terzi del totale delle emissioni dell'allevamento Italiano sono dovute alla fermentazione enterica dei ruminanti, fra cui i bovini sono la categoria predominante. Per contro in Italia i bovini hanno una consistenza estremamente limitata a fronte di quella che sarebbe necessaria per soddisfare i consumi di carne, latte e derivati provenienti dalle produzioni della specie. Così il tasso di autosufficienza di latte bovino in Italia supera di poco il 60% e quello di carne bovina da matrice nazionale è addirittura intorno al 50%.

Il livello di autosufficienza per gli altri prodotti di origine animale, ad eccezione degli avicoli, non è di molto migliore di quello del settore bovino. Ne consegue che, per molteplici ragioni di ordine economico e sociale, l'Italia non può auspicare un ulteriore contenimento delle emissioni dalla contrazione delle consistenze, così com'è avvenuto nel periodo 1990-2009.

L'analisi della realtà strutturale della zootecnica del paese e dei diversi aspetti della problematica delle emissioni, ha chiaramente evidenziato che esistono margini importanti di miglioramento legate al potenziamento dei sistemi di raccolta e archiviazione dati nonché al finanziamento di ricerche mirate.

Comunque, per ottenere già da adesso risultati concreti di entità apprezzabile è però necessario intervenire in modo organico e mirato, utilizzando prioritariamente strumenti e strutture già esistenti, e procedendo alle integrazioni necessarie. La formazione e l'informazione rappresentano condizioni necessarie non solo per i tecnici, ma anche per gli allevatori e le loro maestranze. Solo in questo modo una assistenza tecnica mirata agli aspetti ambientali, peraltro non disgiunta dai servizi di assistenza tecnica già in essere, potrà dare risultati effettivi.

Il raccordo dei diversi aspetti e degli attori di ordine politico, tecnico, manageriale, economico non può ottenersi in mancanza di un piano apposito che fissi obiettivi chiari e definiti, e stabilisca i mezzi disponibili.

Alcuni casi particolari potrebbero giustificare una logica di "solidarietà" tra comparti, ad esempio per non gravare particolarmente di costi e di impegni gli allevamenti di piccole popolazioni animali e/o sistemi produttivi che rivestono un ruolo importante per la salvaguardia della biodiversità o di taluni territori a rischio particolare.

L'insieme delle azioni che dovranno essere svolte, soprattutto da parte delle aziende di allevamento, avranno un costo che non è immaginabile possa essere fatto gravare sui soli allevatori. Per cui in assenza di interventi mirati da parte degli organi politici competenti il rischio di incorrere in situazioni di conflittualità, (ad es. tra consumatori e produttori), è elevato. Questo deve esser evitato perché risultati concreti potranno essere conseguiti solo con la partecipazione convinta e solidale di tutte le componenti della società.

In definitiva l'Italia dovrà agire in modo tale che la razionalizzazione delle tecniche produttive ai fini del contenimento delle emissioni climalteranti e gli adattamenti alle modificazioni climatiche costituiscano un incentivo all'ammodernamento delle aziende per meglio competere nel contesto comunitario e internazionale e per dare alla opinione pubblica una nuova percezione del ruolo fondamentale dell'allevamento per ottenere prodotti sicuri per l'alimentazione umana, adottando processi produttivi rispettosi dell'ambiente.

	CH_4 (Gg)			N_2O (Gg)			CO_2eq (escluso Deiezioni in campo) (Gg)
	Fermentazione enterica [1]	Gestione deiezioni[1]	Conversione in CO_{2eq}	Gestione deiezioni[2]	Deiezioni in campo[2]	Conversione in CO_{2eq}	
Vacche da latte	212,34	23,81	4.959	4,04	0,34	1.357	6.211
Altri bovini	188,23	27,96	4.540	2,73	0,13	886	5.385
Bufali	21,96	4,14	548	0,65	0,03	212	751
Scrofe	1,12	13,92	316	0,03		10	326
Altri suini	12,62	47,62	1.265	0,17		53	1.318
Ovini	64,10	1,74	1.383	0,41	3,67	1.264	1.509
Caprini	4,80	0,14	104	0,05	0,44	152	119
Cavalli	6,18	0,51	140	0,22	0,32	166	207
Muli e asini	0,41	0,03	9	0,03	0,04	20	17
Avicoli		15,95	335	3,18		986	1.321
Conigli	1,55	1,59	66	0,64		198	264
TOTALE	**513,30**	**137,41**	**13.665**	**12,14**	**4,97**	**5.304**	**17.429**
TOT.CO_2eq	10.779	2.886		3.762	1.540		

Tabella 3.1. Emissioni totali, espresse in Gg, di CH_4 e N_2O e conversione in CO_2eq per categoria animale allevata in Italia

[1] ISPRA, *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report* 2011

[2] Elaborazione su dati *National Inventory Report* 2011

		Italia	Francia	Germania	Spagna	Svezia	UK	Stati Uniti
Totale paese[(a)]	Gg CO_{2eq}	541.485	531.804	958.061	405.740	63.963	631.733	6.924.556
Totale agricoltura[(a)]	Gg CO_{2eq}	35.865	98.603	66.203	38.956	8.470	43.831	427.528
Totale zootecnia[(a)]	Gg CO_{2eq}	17.657	49.039	27.248	20.943	3.653	20.444	202.937
Zootecnia/ paese	%	3,26	9,22	2,84	5,16	5,71	3,24	2,93
Zootecnia/ agricoltura	%	49,23	49,73	41,16	53,76	43,13	46,64	47,47
SAU [(b)]	ha 1000	13.396	29.242	16.922	27.900	3.136	17.684	411.200
UBA[(c)]	n 1000	10.983	24.619	20.088	17.662	1.914	16.509	134.355
Popolazione umana[(b)]	n 1000	59.604	62.036	82.264	44.486	9.205	61.461	311.666
Zootecnia/ SAU	Kg CO_{2eq}	1.318	1.677	1.610	751	1.165	1.156	494
Zootecnia/ UBA	Kg CO_{2eq}	1.608	1.992	1.356	1.186	1.909	1.238	1.510
Zootecnia/ popolazione umana	Kg CO_{2eq}	296	790	331	471	397	333	651
Totale/ popolazione umana	Kg CO_{2eq}	9.085	8.573	11.646	9.121	6.949	10.279	22.218
UBA/SAU		0,82	0,84	1,19	0,63	0,61	0,93	0,33

Tabella 3.2. Emissioni di Gg di CO_2eq per paese, distintamente per totale attività (LULUCF escluso), totale agricoltura, totale zootecnia e incidenze in percento di zootecnia su totale paese e totale agricoltura. Emissioni per ha SAU, UBA e abitante, distinte per paese. (2008)

[(a)] Fonte: United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/ghg_profiles/items/4625.php

[(b)] Fonte: FAOSTAT http://faostat.fao.org/default.aspx

[(c)] Elaborazioni su consistenze FAO STAT http://faostat.fao.org/default.aspx e coefficienti trasformazione UBA, ISTAT http://www.istat.it/dati/dataset/20090120_01/

Quantità di alimento ingerito
Razza
Livello produttivo
Efficienza alimentare
Fase fisiologica (asciutta/lattazione per gli animali da latte)
Condizioni climatiche
Utilizzazione del pascolo (si/no)
Qualità dell'alimento ingerito
Digeribilità della razione
Composizione chimica della dieta (carboidrati strutturali/carboidrati non strutturali)
Presenza di grassi
Presenza di composti che deprimono l'attività batterica ruminale
Composizione della microflora del tratto digestivo

Tabella 3.3 Principali fattori che influenzano le emissioni di CH_4 da fermentazione enterica

Categorie animali		emissioni in CO_{2eq} (Kg/capo/anno)	emissioni espresse in $UBCO_2eq/a$	n. capi corrispondenti a 1 unità di $UBCO_2eq/a$
Vacche da latte	(pv 602.7 Kg)	3356	1,000	1,00
Altri bovini		1301	0,388	2,58
Bufalo		2183	0,651	1,54
Ovini	(pv 47,7 Kg)	188	0,056	17,81
Caprini	(pv 47,8 Kg)	124	0,037	27,10
Cavalli	(pv 550 Kg)	604	0,180	5,56
Muli e asini	(pv 300 Kg)	422	0,126	7,94
Scrofe	(pv 172 Kg)	511	0,152	6,57
Altri suini	(pv 84,1 Kg)	214	0,064	15,67
Conigli	(pv 1,8 Kg)	13	0,004	255,03
Polli da carne	(pv 1,2 Kg)	5	0,002	649,65
Galline ovaiole	(pv 1,8 Kg)	7	0,002	458,27
Altro pollame	(pv 3,3 Kg)	10	0,003	346,14

Tabella 3.4. Valori delle emissioni espresse in Unità di Bestiame CO_2 equivalenti per anno, distintamente per categoria animale e calcolo del numero di capi di ciascuna categoria che complessivamente emettono un quantitativo di CO_2eq pari ai Kg emessi per anno da una vacca da latte

Elaborazioni su dati ISPRA *National Inventory Report* (2011)

	Bovini	Bufalini	Suini	Ovini	Caprini	Equini	Conigli	Struzzi	Polli da carne	Galline ovaiole	Altro pollame
ITALIA	145.282	2.685	100.952	75.383	33.420	34.146	30.209	871	52.215	69.153	14.943

Tabella 3.5. Aziende con allevamenti per specie di bestiame (2007)

Fonte: ISTAT (2007).

http://agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/dawinci.jsp?q=plSPA0000010000011000&an=2007&ig=1&ct=247&id=8A|9A Home : consultazione dati : navigazione tra i dati : allevamenti e produzioni animali : consistenza allevamenti

	Totale		Interessati al Piano di Assistenza		
	Aziende (n)	Capi (n)	Criterio selezione	Aziende (n)	Capi (n)
Vacche da latte	60.627	1.702.657	>20 capi	22.150	1.441.596
Altri bovini	84.655	4.378.105	> 50 capi	18.578	3.439.359
Ovini	75.383	6.790.053	> 100 capi	20.110	5.638.614
Suini	100.952	9.040.247	> 1.000 capi	1.935	7.725.441
Polli da carne	52.215	93.255.182	> 25.000 capi	969	84.748.855
Galline ovaiole	69.153	37.031.173	> 10.000 capi	545	34.920.119

Tabella 3.6. Totale aziende e capi allevati in Italia (esclusi bufalini, equini, cunicoli e caprini) (anno 2007) e numero aziende e numero capi interessati al Piano di Assistenza

Elaborazione dati ISTAT (2009). Struttura e produzioni delle aziende agricole. http://www.istat.it/dati/dataset/20090120_01/

	Emissione capi totali	Emissione capi interessati dal Piano di Assistenza
Vacche da latte	5.714.116.892	4.837.996.176
Altri bovini	5.695.914.605	4.474.606.059
Ovini	1.276.529.964	1.060.059.432
Suini	2.151.578.786	1.838.654.958
Polli da carne	466.275.910	423.744.275
Galline ovaiole	259.218.211	244.440.833
Totale	**15.563.634.368**	**12.879.501.733**

Tabella 3.7. Emissioni CO_2eq (Kg/anno) capi totali e capi interessati dal Piano di Assistenza

Elaborazione su dati ISTAT. Struttura e produzioni delle aziende agricole (2009) e dati ISPRA *National Inventory Report* (2011)

4 Produzioni vegetali

Autori: Rodolfo Santilocchi, Sandra Corsi, Fabio Stagnari, Michele Pisante, Simona Castaldi, Alesandro Peressotti

4.1 Pratiche razionali ed efficienti di gestione del suolo agrario

4.1.1 Sistemi produttivi erbacei: situazione attuale, criticità

L'obiettivo prioritario di ogni sistema agricolo è il conseguimento di un reddito competitivo ottenuto rispettando e valorizzando le risorse naturali.

Negli ultimi 40 anni, il sistema agricolo italiano è stato fortemente influenzato dalla politica economica comunitaria che ha promosso direttive volte a valorizzare la vocazionalità territoriale e una specializzazione degli operatori su alcune colture annuali per uso alimentare, industriale e zootecnico. Mentre il sistema agricolo che per molti secoli e fino agli anni '70 ha prevalso in Italia, quello policolturale, ha favorito un equilibrato rapporto con l'ambiente, sistemi agricoli caratterizzati da lavorazioni profonde, dall'assenza di copertura del suolo e da avvicendamenti colturali semplificati (identificati nel corso di questa trattazione come sistemi di agricoltura convenzionale) hanno dato prova di essere intrinsecamente fragili. Il terreno poco protetto durante il ciclo colturale o del tutto sprovvisto di copertura vegetale per lunghi periodi (negli intervalli tra raccolto e semina delle colture erbacee in successione o per tutto il ciclo di produzione nei sistemi arborei) espone le colture a *stress* idrico, il terreno all'erosione, determina un ambiente sfavorevole alle esigenze degli organismi edafici. L'adozione di avvicendamenti colturali semplificati (e non raramente della monocoltura) ha portato nel tempo numerosi problemi. I più evidenti sono quelli legati ad una rapida evoluzione della flora infestante con lo sviluppo di una flora di sostituzione (costituita da poche specie particolarmente aggressive) e alla minore competitività dell'agro-ecosistema nei confronti dei parassiti. Il ricorso alle lavorazioni profonde del terreno è fortemente radicato nella cultura italiana nonostante l'impatto deleterio sull'ambiente e la sua comprovata antieconomicità (Dick e Durlaski, 1997). Circa gli aspetti ambientali, la macroporosità prodotta per effetto delle lavorazioni favorisce i processi di mineralizzazione della popolazione microbica e dunque la diminuzione della sostanza organica nel suolo (*International Geosphere Program*, 1998) con conseguenze negative sulla stabilità strutturale del terreno e, in ultima analisi, sulla produttività delle colture agrarie. Alle aumentate emissioni dirette e indirette di gas serra in atmosfera e al diminuito contenuto di carbonio del suolo che ne consegue (Gebhart et al., 1994) va aggiunto l'impatto negativo sulla biodiversità dell'agro-ecosistema, con particolare riferimento alla diminuzione del numero di specie presenti e del numero di individui per specie (Lupwayi et al., 2001; Nsabimana et al., 2004; Spedding et al., 2004). Nel loro complesso, le lavorazioni sono causa della rapida perdita di fertilità dei suoli agrari e, in ambienti caratterizzati da scarsa strutturazione del terreno e ridotta piovosità, accelerano i processi di degradazione aumentando il rischio di desertificazione. Da non sottovalutare, infine, la bassa efficienza dei sistemi convenzionali nel loro complesso da ascriversi alle spese dirette per l'acquisto di macchine di elevata potenza, ai crescenti *input* meccanici, chimici e di origine fossile, nonché alle spese derivanti dai tempi di esecuzione delle lavorazioni.

Da quanto fin qui esposto a riguardo dei sistemi agricoli convenzionali, appare evidente che ai maggiori consumi di energia che devono essere sostenuti dagli imprenditori agricoli, corrispondono i costi del conseguente degrado ambientale (frane, erosione, diminuzione della sostanza organica, salinizzazione, contaminazione) che gravano su tutti i comparti produttivi e sulla collettività nel suo complesso. Sistemi agricoli intensivi ed efficienti sono realizzabili grazie ad una gestione più consapevole da parte degli imprenditori agricoli e al supporto (tecnico ed economico) delle istituzioni.

4.2 Pratiche volte a migliorare e conservare la fertilità del terreno e ad aumentare l'efficienza di uso dell'acqua

Da un'analisi su scala globale dello stato dei terreni ad uso agricolo, emerge che l'impatto ambientale (in termini di degradazione del suolo, emissioni di gas serra) stimato per l'agricoltura condotta con schemi agronomici convenzionali non può essere esteso ad altri sistemi agricoli (Corsi, 2011). La capacità naturale del suolo di mantenere o rigenerare la fertilità fisica e chimica è fortemente compromessa laddove il suolo viene disturbato o le rotazioni e le consociazioni

risultano inadeguate a produrre quantità di biomassa sufficienti sia a proteggere il terreno che a supportare l'attività degli organismi edafici.

L'Agricoltura Conservativa è un sistema produttivo che consente di conseguire rese competitive e al contempo di proteggere il suolo, ripristinare e mantenere le migliori condizioni per l'attività di batteri, funghi, micro- e mesofauna, e così interrompere e invertire processi di degradazione in modo da accumulare carbonio anche in terreni inizialmente depauperati e ridurre nel tempo il fabbisogno in fertilizzanti e agrofarmaci (Garcia-Torres, 2003). L'Agricoltura Conservativa si fonda, analogamente ai sistemi naturali, sulla permanente e totale protezione del suolo conseguita i) combinando un'ampia varietà di piante di copertura (*cover crop*) e residui colturali, ii) evitando il disturbo meccanico del suolo grazie a tecniche di semina diretta su sodo (*zero tillage, no tillage, sod seeding o direct seeding*) e iii) avvalendosi di rotazioni e consociazioni colturali intensive e diversificate di specie miglioratrici e sfruttanti (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, http://www.fao.org/ag/ca/1a.html). La sinergia di tali pratiche consente non solo la riduzione delle emissioni di gas serra ascrivibili all'uso di combustibili fossili (emissioni dirette), ma soprattutto la reintegrazione del carbonio organico perso per mineralizzazione e l'accumulo ulteriore di sostanza organica: valori accettati per il tasso di sequestro di carbonio in situazioni di Agricoltura Conservativa in regioni a clima temperato sono compresi tra 0,19 e 0,38 t ha^{-1} $anno^{-1}$ (*Alberta Carbon Offset System*). Per l'Italia non sono disponibili dati di lungo termine sugli effetti dell'Agricoltura Conservativa sul sequestro di carbonio. Per quanto non assimilabili alle condizioni di Agricoltura Conservativa, gli esiti del confronto sperimentale della durata di 15 anni fra diverse tecniche di preparazione del letto di semina effettuato nella zona collinare nell'Italia centrale sono importanti nel mettere in evidenza gli effetti deleteri delle lavorazioni: nel caso dell'aratura la sostanza organica è diminuita fino a valori prossimi all'1% nello strato di suolo più superficiale, nel caso della discissura a profondità ridotte non si è verificata nessuna variazione significativa, con la semina su sodo la sostanza organica è aumentata a valori superiori il 2% (Santilocchi, dati non pubblicati). L'importanza strategica dell'Agricoltura Conservativa è legata al ruolo della sostanza organica nel suolo, discusso nel capitolo 4.3.

La diversificazione colturale con avvicendamenti lunghi e consociazioni di specie complementari rappresenta una misura fitosanitaria estremamente efficace, nonché un elemento di stabilità economica e di sostenibilità ambientale. Grazie all'impiego di sistemi colturali complessi, la biomassa e gli essudati con caratteristiche fisiche e chimiche diverse vengono depositati in superficie e alle profondità corrispondenti a quelle degli apparati radicali delle varie specie per essere successivamente ridistribuiti lungo il profilo dall'attività degli organismi edafici. La fauna terricola, la biomassa microbica e l'attività biologica in generale sono più diffuse ed attive in suoli indisturbati rispetto a quelli lavorati (Lupwayi et al. 2001; Nsabimana et al., 2004; Spedding et al., 2004). Nel loro studio sulla relazione tra lavorazioni e presenza di invertebrati nel suolo, Stinner e House (1990) rilevano un incremento di tali popolazioni al diminuire delle lavorazioni nel 90% delle prove; Barnes e Ellis (1979), Edwards e Lofty (1982), House e Parmelee (1985) dimostrano che lo sviluppo delle popolazioni di lombrichi è proporzionale alla riduzione dell'intensità delle lavorazioni.

Con riferimento agli effetti specifici della copertura superficiale permanente, si rileva innanzi tutto un'azione di volano termico. Inoltre la protezione del suolo e degli aggregati strutturali dall'azione battente della pioggia, dalla lisciviazione e dal compattamento risulta nel rallentamento della velocità di scorrimento dell'acqua piovana, nell'aumento del tasso di infiltrazione e dunque nella riduzione delle perdite per ruscellamento (Ekwue, 1992; Stagnari et al., 2009).

Adeguate pratiche agronomiche, come la gestione dei residui colturali e il minimo disturbo del suolo, pur non potendo modificare la capacità strutturale di drenaggio del suolo, possono influenzare positivamente il ciclo idrologico limitando gli effetti erosivi dello scorrimento superficiale dell'acqua, diminuire le perdite di elementi minerali per lisciviazione e ridurre dunque l'inquinamento delle acque di superficie. Proprio i sedimenti rappresentano i principali contaminanti dei corsi d'acqua (Tebrügge e Düring, 1999), senza contare che alle particelle di suolo erose sono associati agrofarmaci e metalli pesanti (Christesen et al., 1995; Uri et. al., 1998) e che l'eutrofizzazione è una diretta conseguenza del trasporto in acqua di fertilizzanti inorganici, sostanza organica e agrofarmaci (Harper, 1992). Il ruolo dell'Agricoltura Conservativa nel ridurre il rischio che tali inquinanti raggiungano le acque di falda e di scorrimento superficiale è dimostrato da numerosi esperimenti condotti soprattutto in USA. Carter e Steed (1992), Fawcett (1995), Clausen et al. (1996) per esempio hanno riscontrato riduzioni di *runoff* tra il 15 e l'89%. Le teorie che avvalorano la possibilità di ottenere una migliore conservazione dell'acqua attraverso le lavorazioni profonde (40÷50 cm) sono ormai superate. Uno dei motivi per i quali parte della letteratura supportava l'uso delle lavorazioni profonde era la convinzione che queste favorissero un aumento dello strato di terreno disponibile all'approfondimento radicale e all'infiltrazione di acqua e dunque l'accumulo nel suolo della pioggia utile. Recenti evidenze scientifiche confutano queste teorie e dimostrano che i terreni lavorati con arature profonde subiscono perdite idriche molto elevate (FAO, 2006; López-Bellido et al., 2010; Derpsch and Friedrich, 2009). Innanzi tutto, nel suolo continuamente lavorato l'aumento considerevolmente degli scambi gassosi con l'atmosfera fa sì che anche gli strati più profondi e umidi siano maggiormente esposti ad evaporazione. La porosità è un altro fattore che influenza maggiormente le dinamiche

dell'acqua nel suolo e dunque il potenziale idrico. Le lavorazioni hanno una influenza decisamente modesta sulla porosità dei terreni più sciolti, caratterizzati da particelle grossolane e da debole capacità di aggregazione, mentre arature ripetute negli anni alla stessa profondità in terreni argillosi e limosi possono rendere la zona sottostante quella lavorata impermeabile e compatta (suola d'aratura) e così interrompere la continuità fra gli strati. Ciò riduce l'infiltrazione negli strati più profondi, limita la risalita capillare dell'acqua dalle falde, rende molto difficile l'approfondimento delle radici e, particolarmente in zone declivi, è responsabile dell'erosione per ruscellamento e dei pericolosi deflussi sottosuperficiali già menzionati. Nella parte lavorata, si ha una maggiore macroporosità, spesso accompagnata anche da una forte presenza di crepacciature (tipica dei terreni argillosi con caratteristiche vertiche), con conseguente accentuazione dell'evaporazione dell'acqua. In conclusione, in condizioni di scarsa piovosità le tecniche di Agricoltura Conservativa favoriscono una maggiore ritenzione idrica negli strati superficiali del terreno e una minor perdita per evaporazione e *runoff* rispetto alle lavorazioni.

4.2.1 Potenziale di mitigazione derivante dalla stabilizzazione e dall'incremento del *pool* di carbonio edafico

Il suolo rientra nella dinamica dei cicli dei gas ad effetto serra coinvolti nel sistema produttivo agricolo. Il contesto attuale di cambiamento climatico rende particolarmente difficile stimare il bilancio tra la componente additiva e quella sottrattiva del suolo agrario perché l'aumento di temperatura e di biossido di carbonio (CO_2) nell'atmosfera da un lato stimolano la fotosintesi clorofilliana e la produzione primaria, dall'altro provocano una accelerazione della mineralizzazione della sostanza organica edafica. Ciò nonostante, la comunità scientifica è concorde nel ritenere che in suoli disturbati e non protetti la sostanza organica persa ecceda quella accumulata.

È dimostrato che nel medio periodo la forma più efficiente di adattamento al cambiamento climatico è rappresentata dalla razionale gestione della biosfera in generale e del comparto agricolo in particolare. Nei sistemi agricoli basati sulle lavorazioni la capacità naturale del suolo di mantenere o rigenerare la fertilità fisica e chimica è sostituita dal sovvertimento del profilo per ricreare una struttura tendenzialmente glomerulare ed incorporare sostanza organica. La struttura ripristinata in tal modo risponde alle esigenze immediate delle colture, ma viene deteriorata per mineralizzazione più facilmente rispetto a quella dei terreni naturali, richiedendo interventi con cadenza almeno annuale. Come noto dalla letteratura, la mineralizzazione spinta delle frazioni organiche più labili non compensata da adeguate reintegrazioni è la principale causa di diminuzione del contenuto di sostanza organica edafica, erosione idrica ed eolica, aumento delle emissioni di carbonio e una generale riduzione della biodiversità nel suolo. Con l'adozione delle pratiche agronomiche conservative menzionate, il comparto agricolo é potenzialmente in grado di ridurre le proprie emissioni. Inoltre, l'Agricoltura Conservativa, consolidando ed accrescendo lo *stock* di sostanza organica edafica può ridurre significativamente le emissioni di CO_2 (West e Marland, 2002). Numerosi studi effettuati nei vari climi e regimi pluviometrici dimostrano il benefico effetto dell'Agricoltura Conservativa nei riguardi del tasso di sequestro della sostanza organica. Per l'accumulo di sostanza organica in zone subumide e umide si rimanda alle prove sperimentali di Scopel et al. (2004), Séguy et al. (2006), de Moraes Sà et al. (2008), Tran Quoc H. et al. (2008 a, b). In ambienti semiaridi a Ringius (2002), Pieri (1995), Ryan (1997), Melero et al. (2009). In aree temperate ai risultati del Kazakh Research Institute of grain farming (FAO, 2006), a López-Bellido et al. (2010), a Derpsch e Friedrich (2009).
Indipendentemente dagli effetti mitiganti sul riscaldamento globale, l'accumulo di carbonio nel suolo è un obiettivo meritevole d'essere perseguito per sostenere la produzione e la crescita delle colture, migliorare la qualità dei prodotti, aumentare l'efficienza di uso dell'acqua, recuperare suoli degradati, promuovere la salute degli ecosistemi. In altri termini, l'accumulo di carbonio nel suolo è un processo naturale, che può contribuire indirettamente a benefici ambientali, climatici e sociali.

4.3 L'importanza nel Suolo del Carbonio Organico (SOC) ai fini della produttività e della sostenibilità ambientale

4.3.1 SOC e resilienza dell'agro-ecosistema

La sostanza organica svolge una funzione equilibrante da ascriversi prevalentemente al suo ruolo nel rilascio modulato e bilanciato di nutrienti, alla diversificazione e moltiplicazione dei microrganismi terricoli: l'abbondanza di materiale organico di varia composizione chimica e a diversi stadi di decomposizione stimola la biodiversità e svolge un'azione di

contrasto verso la specializzazione e colonizzazione di ceppi patogeni. Promuove l'infiltrazione e la ritenzione idrica a valori bassi di potenziale, aiuta a sviluppare e stabilizzare la struttura del suolo, riduce il potenziale erosivo degli agenti atmosferici, mitiga parzialmente l'impatto del traffico da macchinari e dunque, in ultima analisi, concorre ad aumentare il potenziale produttivo unitario.

In linea generale, si può considerare che in condizioni naturali (di terreno non disturbato) le cinetiche di mineralizzazione del carbonio e dell'azoto assumono un andamento di prim'ordine: si possono verificare occasionali rallentamenti o interruzioni dei processi limitate alla durata del fenomeno perturbante e recuperabili con il ripristino degli equilibri naturali. Al contrario, nei terreni agrari sottoposti a lavorazioni e all'eliminazione dei residui vegetali dalla superficie si riscontrano gravi alterazioni dei bilanci naturali, con processi di mineralizzazione guidati da cinetiche di ordine misto.

Per quanto detto, ai fini della redditività e per la salvaguardia dell'ambiente naturale nel quale opera l'agricoltura, si afferma l'importanza di promuovere un'agricoltura multiproduttiva, basata su eliminazione delle lavorazioni, razionali avvicendamenti colturali e copertura vegetale del terreno (Pisante, 2007).

4.3.2 SOC e fertilità del suolo

Da un punto di vista prettamente agronomico, la sostanza organica del suolo è un fattore centrale per un'efficiente gestione degli agro-ecosistemi e un suo depauperamento deve essere compensato da *input* esterni, quali fertilizzanti organici e/o minerali di sintesi.

I livelli del carbonio in un suolo sono il risultato del bilancio tra la decomposizione per ossidazione e la cattura del carbonio presente nella sostanza organica. L'entità del primo processo è largamente influenzata dalla quantità di residui accumulata nel suolo (che, seppur con variazioni talvolta consistenti, nella maggior parte dei sistemi agricoli corrisponde a circa il 20% della produzione vegetale), mentre la velocità di decomposizione dipende dalle caratteristiche fisico-chimiche dei residui vegetali. In un ecosistema naturale in equilibrio, la produzione primaria netta e il carbonio liberato dalla respirazione delle piante e del terreno si equivalgono. In un agro-ecosistema gli apporti e le perdite sono entrambi fortemente controllati dalle attività di gestione del suolo. Nell'area mediterranea l'agricoltura convenzionale ha compromesso la fertilità naturale dei terreni: il 20% dei suoli presenta un contenuto di sostanza organica nettamente inferiore all'1%, con potenziale rischio di desertificazione.

Si propone di seguito un metodo speditivo per calcolare il bilancio umico e diagnosticare eventuali carenze nel contenuto di sostanza organica in un determinato tipo di terreno. Si procede quantificando la sostanza organica mineralizzata nell'arco dell'avvicendamento. Per il calcolo della mineralizzazione è necessario conoscere peso, percentuale di sostanza organica e coefficiente di mineralizzazione del terreno. Il peso di un ettaro di terreno per una profondità dello strato arabile di circa 30 cm (ovvero il peso di 3.000.000 dm^3) varia approssimativamente da 3.200 t per un terreno argilloso a oltre 4.000 t per uno sabbioso, in base al peso specifico. La tabella 4.1 riporta i valori di densità apparente delle varie classi tessiturali dei terreni.

NATURA DEL TERRENO	DENSITÀ APPARENTE DEL TERRENO (Kg/dm^3)
Sabbioso	1,420
Limoso-sabbioso	1,199
Argilloso	1,062
Organico	0,900

Tabella 4.1 - Densità apparente delle varie classi tessiturali dei terreni

La percentuale di sostanza organica deve essere rilevata direttamente in campo. Il coefficiente di mineralizzazione, ovvero la quantità di sostanza organica che viene mineralizzata in un anno, è funzione delle caratteristiche pedologiche del terreno, della temperatura e della gestione del suolo: come ovvio è più elevato nei terreni sciolti e ossigenati, in clima caldo, in assenza di copertura vegetale, con lavorazioni profonde e ripetute ed è esaltata nei terreni dove i residui colturali vengono bruciati. In tabella 4.2 sono riportati i valori dei coefficiente di mineralizzazione delle varie classi tessiturali dei terreni.

NATURA DEL TERRENO	VALORI MEDI DEL COEFFICIENTE DI MINERALIZZAZIONE (Kg/dm^3)
terreni argillosi	1,8%
terreni di medio impasto	2,0%
terreni sabbiosi	2,2 ÷ 2,5%

Tabella 4.2 - Coefficiente di mineralizzazione delle varie classi tessiturali dei terreni

Per risalire alla quantità di sostanza organica umificabile in caso di interramento dei residui, i coefficienti di umificazione da applicare alla sostanza secca contenuta nel materiale organico interrato sono riportati in tabella 4.3.

MATERIA ORGANICA		COEFFICIENTE DI UMIFICAZIONE
Sovescio	in prefioritura (fresco)	0,05÷0,1
	radici	0,15÷0,2
	parte aerea	0,2
Stocchi di mais		0,15
Residui di patata		0,15
Radici di cereali		0,10÷0,15
Paglia (grano, orzo, avena...)		0,15÷0,2
Sansa di olive		0,2
Residui di girasole		0,2
Letame	fresco e pagliolo	0,25
	parzialmente maturo	0,3÷0,35
	ben compostato	$\leq$ 0,5

Tabella 4.3 - Coefficiente di umificazione del materiale organico

4.3.3 SOC ed efficienza d'uso della risorsa idrica

Una buona struttura del terreno, e dunque un buon rapporto tra macro- e micropori, ha una significativa influenza positiva nei confronti dei movimenti dell'acqua nel profilo. La sostanza organica ha un ruolo determinante nella strutturazione del terreno in quanto l'*humus* e i composti intermedi che si formano durante il processo di decomposizione della sostanza organica, oltre ad avere una forte capacità di trattenimento dell'acqua, fungono da colloidi organici in grado di facilitare nei terreni argillosi la formazione degli aggregati strutturali.

4.4 Razionale gestione del suolo agrario per la sostenibilità e la competitività economica

4.4.1 Convenienza economica dell'adozione di pratiche agronomiche conservative

Nel rispetto dell'obiettivo di salvaguardare la redditività delle colture, l'agricoltura conservativa genera un diffuso miglioramento delle caratteristiche agronomiche del terreno con riscontri sia di natura agronomica che di tipo economico.

La stima dei costi di produzione rappresenta la parte più articolata e complessa della valutazione economica, data la pluralità di variabili. Nell'ambito di un'analisi tecnica dei processi produttivi il primo elemento di differenza fra l'agricoltura convenzionale e la conservativa è rappresentato dalla riduzione delle interazioni tra macchine operatrici e suolo, limitate alla sola semina diretta. Il minore impiego delle macchine si traduce in una loro proporzionale minore usura, risparmio di carburante, lubrificante e dei tempi di lavoro. In particolare, i risultati sperimentali confermano che l'adozione della semina su sodo consente risparmi significativi da ascrivere ad un minore (dal 35 all'80%) consumo di carburante, una riduzione (dal 40 al 60%) dei tempi e dei costi di lavoro (ore/macchina e manodopera, parti di ricambio e manutenzione). Nella riduzione dei costi è compresa anche la diminuzione delle esigenze di acciaio, altri metalli e pneumatici.

In una recente indagine effettuata nelle Marche su aziende che applicano da tempo pratiche agronomiche conservative sulla coltura del frumento duro (Santilocchi, dati in corso di pubblicazione), si è potuto verificare che con la sola semina su sodo si possono ottenere risparmi economici, rispetto alla tecnica convenzionale che prevede ancora l'aratura, variabili tra 50 e 80 euro per tonnellata di granella prodotta.

4.4.2 Semplificazione del parco macchine aziendale

La positività del risultato finale è strettamente conseguente alla rispondenza dei macchinari utilizzati. La tecnologia attualmente disponibile consente di effettuare semine dirette con seminatrici specificamente ideate per operare su terreno non preventivamente preparato e in presenza di residuo colturale, dotate di adeguati dispositivi per la prevenzione del compattamento, di chiudi-solco forniti di ricopritori e organi compressori per garantire la regolare emergenza delle piante.

4.4.3 Risparmio idrico

I benefici ecologici e ambientali della migliore efficienza e funzionamento complessivo dell'agro-ecosistema conseguibili con pratiche agronomiche conservative aumentano in proporzione alla grandezza della scala di analisi. Alla scala di bacino idrografico, il contributo dell'Agricoltura Conservativa alla tutela dei servizi ecosistemici (quali acqua pulita, protezione dal deflusso superficiale e dall'erosione del suolo, sequestro di carbonio atmosferico) si concretizza in una più regolare disponibilità di acqua di falda durante l'anno, in un miglioramento delle capacità produttive del suolo e delle specie agrarie, in una riduzione dell'erosione e, quindi, dell'inquinamento delle acque di superficie e del deposito di sedimenti a valle.

Contestualmente all'adozione di pratiche colturali conservative, sul territorio devono essere eseguite azioni di economia e di difesa idrica (sistemazioni idrauliche e modellamento della superficie del terreno). In collina le opere di sistemazione idraulica devono essere atte ad evitare l'erosione. In pianura a regimare l'acqua in eccesso rispetto alla capacità di ritenzione idrica del terreno velocizzando il deflusso, e, in caso di scarsa permeabilità del terreno (come nei terreni argillosi) o in presenza di falda freatica superficiale, di smaltire le acque in eccesso presenti nello strato di

terreno interessato dalle radici. Ciò permette di evitare: limitato sviluppo dell'apparato radicale (o, nei casi peggiori, di asfissia), denitrificazione (in ambiente anaerobico), ritardo della ripresa vegetativa per le più basse temperature dei terreni umidi, danni alla struttura del terreno.

L'agricoltura dei terreni declivi, molto più di quella delle zone di pianura, è condizionata dai problemi della meccanizzazione, dalla povertà dei terreni, dal loro scarso spessore, dall'esposizione, dall'irregolare distribuzione delle piogge e dal processo di erosione. Le perdite per ruscellamento superficiale e l'entità dell'erosione generalmente aumentano con la lunghezza del fronte di scorrimento delle acque (ovvero con la lunghezza dei versanti o, nel caso di terrazzamenti e ciglionamenti, con la lunghezza del ripiano), e, in modo più che proporzionale, alla pendenza dei versanti. In particolare, su pendici con pendenze uniformi, l'erosione è potenzialmente maggiore che su pendici di forma irregolare, ancorché in questo caso possono essere più importanti i flussi erosivi incanalati con effetti locali particolarmente deleteri. L'acqua in eccesso in un terreno declive (pendenza > 5%), mette a rischio la stabilità del versante e deve essere allontanata prima che acquisisca velocità. Canali di raccolta dell'acqua piovana superficiale permanenti o temporanei consentono di diminuire la velocità di scorrimento e convogliare l'acqua verso valle. In particolare è possibile intervenire sulla lunghezza degli appezzamenti, sulla pendenza e sulla scabrezza dei solchi. Pratiche consigliabili in terreni molto declivi, dove la protezione del terreno fornita dall'Agricoltura Conservativa non è sufficiente, includono:

- ***contour strip-cropping.*** Questa pratica consiste nell'alternare strisce coltivate parallelamente alla pendenza in modo da frammentare una lunga pendice in segmenti più brevi e non avere mai l'intero fronte collinare privo di colture. La larghezza delle strisce dovrebbe essere stabilita in relazione alla pendenza. L'efficacia dello *strip-cropping* è limitata a valori di pendenza massima del 10% e comunque varia a seconda della successione colturale. Normalmente la protezione più alta si ottiene quando l'ultima striscia viene adibita a prato di lunga durata;
- ***contour buffer strip-cropping*.** Si tratta di un'altra tecnica che rispetta i principi del *contouring* e si avvale di strisce coltivate alternate a tratti permanentemente inerbiti disposti nelle zone dove il pericolo di erosione è maggiore. In questo modo il ruscellamento viene rallentato e la terra che è stata erosa più a monte viene depositata. La larghezza della striscia deve essere un multiplo della larghezza degli strumenti adottati;
- ***contour bunding*.** La realizzazione di argini di ridotta altezza (*bund*) di terra o pietre, paralleli alle linee di pendenza è uno dei metodi più semplici di conservazione di acqua e suolo in terreni a media pendenza. In caso di pioggia, il *contour bund* agisce ostacolando e rallentando la velocità di ruscellamento dell'acqua, così da contenere la erosione e nel contempo favorire il passaggio a velocità rallentata dell'acqua al di là del *bund*. Su pendici ripide il metodo in questione è sconsigliato perché i solchi possono riempirsi di acqua e fango, provocando la rotture dell'arginello e favorendo di conseguenza il ruscellamento.

È evidente che tutte queste possibili soluzioni provocano un aggravio dei costi colturali dovuti ad una minore efficienza nell'uso di macchine e attrezzature, alla presenza di tare improduttive, ad una evidente maggiore necessità di manodopera. Perché possano essere concretamente attuati, questi importanti sistemi di conservazione del territorio si rende necessario il contributo degli enti pubblici alla loro realizzazione e manutenzione.

Infine, la scelta del sistema d'irrigazione può influire sulla qualità del suolo e dunque sulla infiltrazione dell'acqua. Alcuni sistemi nel lungo termine favoriscono il compattamento e la lisciviazione del suolo, altri promuovono la conservazione di una buona struttura (importante per la continuità dei pori e l'infiltrazione dell'acqua). Un esempio del secondo tipo è rappresentato dall'irrigazione a pioggia con bassi volumi di adacquamento e ridotte intensità di pioggia che, per l'alternanza dell'inumidimento notturno e della disidratazione diurna, determinano la formazione di aggregati superficiali (*selfmulching*). Attenzione all'irrigazione per scorrimento superficiale e per aspersione. In questo caso l'azione battente delle gocce può demolire gli aggregati dello strato superficiale e, se questo avviene, le particelle argillose disperse tendono ad infiltrarsi in profondità nel terreno. La distruzione degli aggregati diventa più pericolosa all'aumentare dell'intensità, soprattutto se il terreno è argillo-limoso: le particelle di suolo disaggregate rimangono in superficie e con la successiva disidratazione formano una crosta superficiale poco permeabile che, a seguito di successive piogge, aggrava il problema del ruscellamento e può inoltre causare difficoltà di emergenza.

4.4.4 Valutazione economica del beneficio ambientale derivante dall'adozione di tecniche agronomiche volte a preservare il carbonio organico nel suolo

Le tecniche agronomiche conservative capaci di tutelare le risorse idriche, di incrementare la sostanza organica del suolo e di limitare le emissioni di CO_2, comportano non solo minori spese, ma dal 2010 in alcune realtà territoriali possono trovare una più ampia applicazione grazie ad un significativo sostegno economico che va a compensare le

eventuali perdite di reddito nei primi anni, dovute al cambiamento di gestione del terreno e ad errori dovuti alla mancanza di esperienza. La Regione Veneto, per prima in Italia e in Europa, ha approvato nell'ambito del PSR 2007-2013 l'erogazione di aiuti da concedere agli agricoltori che si impegnano per cinque anni ad adottare la semina su sodo.

Il protocollo adottato in Veneto tiene conto della necessità di ridurre la profondità delle lavorazioni del terreno e di conseguire *standard* di sostenibilità dei sistemi colturali. Si articola in una serie di impegni che l'agricoltore è tenuto a rispettare e di un modello di calcolo del beneficio ambientale.

L'agricoltore deve rispettare i seguenti impegni:

- adottare le tecniche di Agricoltura Conservativa, su una superficie pari ad almeno il 25% della superficie seminativa aziendale. La superficie minima ad impegno deve comunque essere almeno di 1 ha;
- in casi eccezionali può essere autorizzato il ricorso a decompattatori e ripuntatori, senza però mai invertire o rimescolare il profilo del terreno;
- applicare un modello di successione colturale rispettoso dei criteri dell'Agricoltura Conservativa, che preveda l'alternanza di cereali autunno vernini a crucifere, mais e soia quali colture principali. È vietata la presenza del mais, in qualità di coltura principale, sulla medesima superficie per due anni consecutivi;
- adottare in via esclusiva la semina su sodo (*sod seeding*);
- trinciare i residui colturali della coltura seminativa principale;
- mantenere in loco tutti i residui colturali e le stoppie delle colture seminative principali;
- assicurare la copertura continuativa del terreno durante tutto l'arco dell'anno attraverso la semina di erbai primaverili-estivi o *cover crop* autunno-vernine;
- somministrare in dosi frazionate e localizzate azoto e fosforo, durante la stagione vegetativa;
- frazionare e localizzare gli interventi di gestione e controllo delle infestanti sulla coltura seminativa principale;
- effettuare preliminarmente l'analisi chimico-fisica dei terreni al fine di stabilire il grado di attitudine all'adozione delle tecniche di non lavorazione e di monitorarne successivamente in corso di impegno i parametri dinamici (chimici) riportandoli nell'apposito registro;
- redigere il registro degli interventi colturali, che, per quanto riguarda ciascuna annualità dell'impegno quinquennale, deve includere:
  - i risultati delle analisi chimiche del terreno, sulle superfici aziendali sottoposte ad impegno;
  - la coltura seminativa principale, gli erbai primaverili-estivi o le *cover crop* adottate negli appezzamenti ad impegno;
  - le date di semina, di fertilizzazione e dei trattamenti con agrofarmaci e di devitalizzazione delle *cover crop*;
  - formazione ed accreditamento (certificazione) degli operatori agricoli all'applicazione della *Visual Soil Assessment* (VSA), metodologia innovativa e speditiva per valutare le condizioni del suolo, direttamente in campo, mediante l'applicazione di indicatori visivi della qualità del suolo.

L'agricoltore deve inoltre sottostare ai seguenti limiti e condizioni:

- con riferimento alle particelle catastali ad impegno, il pagamento agroambientale deve essere riconosciuto esclusivamente alle aziende che introducono per la prima volta le tecniche di Agricoltura Conservativa sulla superficie seminativa aziendale;
- rispettare tutti gli atti e standard di condizionalità;
- evitare l'utilizzo di fanghi di depurazione, di altri fanghi e di residui non tossici e nocivi;
- evitare di effettuare lavorazioni per la preparazione del letto di semina (erpicatura, estirpatura);
- al fine di devitalizzare residui colturali in vegetazione e *cover crop*, utilizzare esclusivamente principi attivi disseccanti totali ad assorbimento fogliare non residuali (quali Gliphosate, Glufosinate Ammonio e Glifosate Trimesio), che, legandosi ai colloidi del suolo pochi minuti dopo la loro applicazione, sono difficilmente lisciviabili e degradabili per via microbica e aerobica.

Con riferimento al calcolo delle indennità di compensazione e/o riconoscimento del beneficio ambientale, il grafico seguente (Fig. 4.1) indica che, fatto pari ad un ipotetico indice 100 al 5° anno, la produttività potenziale si riduce al 30% nel 1° anno, al 70% nel 2° e 3° anno, 105% nel 4° anno, 90% nel 5° anno.

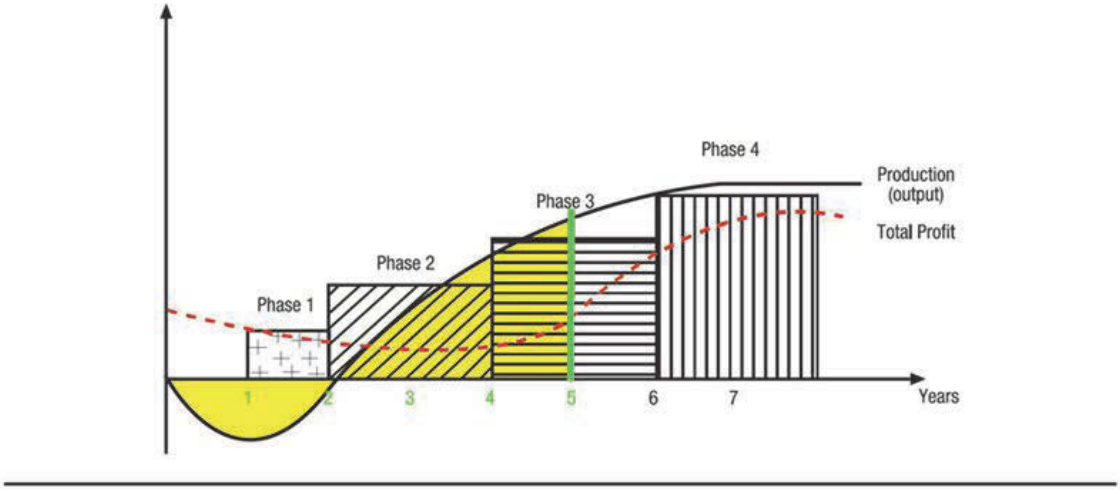


Figura 4.1 – Andamento della produttività nel tempo: 1° fase – perfezionamento della pratica agronomica; 2° fase – miglioramento delle condizioni del suolo e della fertilità; 3° fase – diversificazione dello schema colturale; 4° fase – buon funzionamento del sistema produttivo integrato.

Fonte: FAO, 2004

Le attuali normative dell'Unione europea prevedono incentivi solo in caso di riduzione presunta della produttività (che, nel caso dell'agricoltura Conservativa, può verificarsi nei primi anni dopo la conversione dal sistema produttivo convenzionale) o di aumento dei costi di gestione (impianto di *cover crop*, concimazione azotata frazionata). Per incentivare e monitorare la corretta applicazione nel tempo di pratiche virtuose quali l'Agricoltura Conservativa, sarebbe opportuno individuare forme di incentivazione che si adattino alla situazione "a regime", superata la prima fase potenzialmente critica. D'altronde pochi interventi inadeguati sono sufficienti a vanificare tutto il lavoro positivo svolto in un lungo periodo e riportare i valori di mineralizzazione della sostanza organica a ritmi più accelerati. Un possibile indicatore è rappresentato dalla misura del contributo dell'agricoltore alla riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra, quali CO_2, CH_4, N_2O: l'aumento di sostanza organica nel suolo, il minor uso di macchine, attrezzature e mezzi tecnici dovrebbero essere calcolati o stimati. Al tempo stesso si potrebbe pensare di disincentivare, con eventuali riduzioni dei contributi comunitari, le tecniche agronomiche convenzionali che non sono in grado di soddisfare i requisiti di sostenibilità precedentemente descritti, ma che rimangono fortemente radicate alla cultura agricola.

4.5 Flussi di carbonio ed azoto ed emissioni di gas serra nei suoli agrari

4.5.1 Introduzione

I terreni coltivati permanenti (seminativi e colture arboree) occupano il 28% del territorio italiano per un totale di 10,9 milioni di ha. Tale superficie è soggetta a pratiche agricole di diverso grado d'intensità e rappresenta circa i due terzi della superficie agricola totale che include anche i prati permanenti e altre zone agricole eterogenee (*Corine Land Cover* 2000, http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sinanet/progetti/18/). Su tali superfici sono emessi rispettivamente il 57% e il 4% del totale delle emissioni nazionali antropogeniche di protossido di azoto (N_2O) e metano (CH_4) per un totale di 21,5 Tg CO_2eq anno^{-1} che rappresentano il 4,7% delle emissioni nazionali di gas ad effetto serra (GHG) (ISPRA 2010a, *Italian Green House Gas Inventory*).

I suoli agricoli possono anche emettere o assorbire biossido di carbonio (CO_2). Il bilancio netto dei due processi su base annuale può dare come risultato flussi netti positivi (emissione) molto minori rispetto alle emissioni di N_2O e CH_4 (paragonati su base di CO_2 equivalenti) (Smith, 2007a). Tuttavia, il bilancio aggregato del carbonio dai suoli coltivati è soggetto a notevoli incertezze con stime che variano notevolmente in funzione del metodo e delle fonti di dati. I valori medi europei, ad esempio, variano da perdite pari a -0.17 $\pm$ 0,33 Mg C ha^{-1} anno^{-1} (emissione), se calcolato da dati d'inventario dei suoli agricoli (disponibile per il 33% della superficie europea) a valori di accumulo di 0,15 $\pm$ 0,15, o perdita di -0,08 Mg C ha^{-1} anno^{-1} se calcolati con modelli di simulazione (Ciais et al., 2010). Si stima che in Italia negli

ultimi 70 anni l'intensificazione delle attività agricole abbia causato una perdita netta del carbonio organico dei suoli del 39% rispetto al contenuto iniziale (Gardi e Sconosciuto, 2007) che corrisponde a una perdita totale di circa 360 Tg C, pari a 18 Tg CO_2eq anno^{-1} (4% delle emissioni nazionali di GHG dell'anno 2009). E' interessante notare che tale riduzione è stata accompagnata da un aumento delle produzioni e quindi degli *input* di sostanza organica nel suolo sotto forma di residui colturali, ma anche dalla riduzione degli *input* di concimi organici ricchi di carbonio a favore di quelli di sintesi e dall'aumento della frequenza e dell'intensità delle lavorazioni dei suoli.

I meccanismi che regolano i flussi di gas ad effetto serra sono complessi e caratterizzati da dinamiche molto diverse a seconda che si tratti di CO_2, N_2O o CH_4. Relativamente al bilancio netto di emissioni di CO_2 le dinamiche ecosistemiche implicate sono lente e caratterizzate da importanti regolazioni retroattive, mentre per le emissioni di N_2O e CH_4 le dinamiche sono molto veloci (su scala da ore a giorni) e fortemente regolate dalle condizioni ambientali momentanee.

Esperienza fatta in diversi paesi europei ha mostrato che svariate pratiche agricole hanno un buon potenziale di mitigazione delle emissioni di GHG con metodi e tecnologie immediatamente disponibili (Smith et al, 2007a). I benefici di tali pratiche hanno ricadute non solo sulla mitigazione delle emissioni di gas ad effetto serra ma anche sul mantenimento della produttività, sull'aumento dell'efficienza dei fattori produttivi e sulla protezione dei suoli e delle risorse idriche. Le più efficaci sono relative al miglioramento delle pratiche agricole (lavorazioni, rotazioni colturali, sovesci, inerbimenti), alla coltivazione dei suoli organici e alla rigenerazione delle aree agricole degradate ed hanno normalmente un duplice ma non sempre concordante effetto di ridurre le emissioni di CO_2, N_2O e CH_4 e di aumentare gli assorbimenti soprattutto accumulando carbonio atmosferico nella sostanza organica del terreno (Freibauer et al, 2004).

4.5.2 Flussi di C nel sistema agricolo

Il carbonio della CO_2 atmosferica che viene sequestrato nella biomassa prodotta dai processi di fotosintesi (produttività primaria netta, *Net Primary Productivity* - NPP) viene ripartito tra i principali organi vegetali, foglie, fusto, radici e organi di accumulo e riproduzione, ma è la risultante anche di ulteriori flussi che portano a perdita di C con rilascio di CO_2, quali ad esempio le attività degli insetti fitofagi e degli erbivori, gli essudati radicali, il trasferimento di prodotti della fotosintesi agli organismi simbionti, le emissioni di composti organici volatili. A livello eco sistemico altri fenomeni concorrono al rilascio di carbonio accumulato nel sistema sia al livello dei tessuti vegetali che nel suolo (dilavamento, bruciatura). Possono altresì esserci apporti di C organico esterni al sistema (es. concimi organici). Il bilancio del carbonio di un ecosistema agricolo (*net biome productivity* - NBP) è quindi la risultante di flussi in entrata e flussi in uscita. In appendice A.1 (capitolo 11.3) sono riportati i metodi di calcolo per stimare la NBP a partire dalle varie componenti dell'agroecosistema per coltivi e colture permanenti.

I principali fattori che influenzano le dinamiche di decomposizione del C organico presente nel suolo e la stabilità degli aggregati che ne caratterizzano la distribuzione fisica e l'interazione chimico-fisica con la componente minerale e biologica sono state illustrate nel capitolo 4.3. In termine di bilancio di flussi di C in entrata/uscita dal sistema agricolo risultano di fondamentale importanza la determinazione di tutti quei fenomeni che portano ad un'accelerazione della perdita di C dal sistema pianta-suolo, accelerando la velocità di decomposizione della sostanza organica. Tali processi portano ad una diminuzione degli *stock* di C nel suolo (vedi capitolo 4.3) e ad incremento delle emissioni di CO_2 in atmosfera.

Il tempo di residenza medio del carbonio nel suolo ($SOC^{36}/(C_{apporti}-C_{perdite})$) varia tra i 100 e i 1900 anni (Stevenson, 1994) con notevolissime variazioni tra i diversi *pool* di C. Il tempo di residenza è fortemente influenzato dalla quantità e dal tipo di argilla presente nel suolo (le argille 1:1 tipo la caolinite hanno un tempo di *turnover* inferiore rispetto alle argille 2:1 tipo la smentite) avendo queste un ruolo chiave nella formazione dei microaggregati più stabili, inoltre tende ad aumentare negli strati più profondi del suolo. Esistono approcci semplici per valutare il tasso di mineralizzazione della sostanza organica ed il bilancio isoumico di una coltura o di una rotazione colturale (appendice A.2, capitolo 11.3) che si basano sull'analisi di pochi parametri. Alternativamente, le variazioni di contenuto di C dei diversi *pool* del suolo e le perdite/guadagni netti di SOM (*Soil Organic Matter*) possono essere calcolati utilizzando modelli di simulazione biogeochimici (ad esempio Roth**C,** Century**,** DNDC - *Denitrification- Decomposition Model*). Tali modelli sono molto versatili tuttavia per la verifica dei risultati su lungo termine necessitano prove agronomiche di lungo termine (>20 anni). E' interessante notare che tutti i modelli di simulazione prevedono un *pool* di sostanze

[36] SOC: *Soli Organic Carbon*

molto recalcitranti (IOC) che costituiscono mediamente il 25% ma possono arrivare fino al 70% del carbonio organico del suolo (Krull et al 2007). In tali modelli, la formazione di sostanza organica più recalcitrante sebbene sia considerevolmente più lenta rispetto ai *pool* più labili rappresenta il reale potenziale di un suolo di accumulare carbonio. (Johnson, 2007).

Per un determinato tipo di suolo e clima esiste una relazione lineare tra apporti d carbonio e SOC (Huggins et al, 1998; Rasmussen et al 1980). Il massimo accumulo di carbonio in un ecosistema agricolo si raggiunge in situazione di equilibrio dinamico quando gli *input* di carbonio corrispondono agli *output* (Lal et al.1998). Le diverse pratiche di gestione agricola non influenzano pertanto solamente i tassi di accumulo ma anche il massimo contenuto di carbonio ottenibile in un determinato suolo (Ingram e Fernandes, 2001) e le differenze di SOC che si evidenziano nei diversi appezzamenti anche contigui sono pertanto dipendenti dal tempo di inizio e dalla tipologia e intensità delle pratiche di gestione. E' interessante sottolineare come una parte significativa del carbonio stabile presente anche nei suoli agricoli è costituito da carbone vegetale (*Black Carbon*) che si è accumulato nei suoli mediante deposizione di particolato o in seguito ad incendi (Brodowsky ed al., 2007).

4.5.3 Flussi di N ed emissioni di N_2O negli agroecosistemi

4.5.3.1 **Principali flussi di N nell'agroecosistema**

L'azoto è soggetto ad un'ampia gamma di reazioni chimiche e di trasformazioni biologiche nel suolo. Negli ecosistemi agricoli esso è introdotto principalmente sotto forma di fertilizzante, tipicamente nella forma di urea ($CO(NH_2)_2$, ammoniaca (NH_3), sali di ammonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3-) ed in fine in forma di azoto organico. Tale macronutriente si rende necessario per massimizzare la produzione agricola. Le piante generalmente assorbono l'azoto sotto forma di NH_4^+ o NO_3^-. Tali ioni si ottengono o direttamente dalla dissoluzione dei sali fertilizzanti, o dall'idrolisi dell'urea, o dalla decomposizione della sostanza organica che porta nella sua fase terminale (mineralizzazione) alla formazione di NH_3 (amminazione). La frazione di N che non è repentinamente utilizzata ed immobilizzata dalle piante, e/o dai microorganismi, può subire diversi destini:

a. Volatilizzazione – perdita di azoto gassoso sotto forma di NH_3, favorita se il pH del suolo è ≥7. Essendo inoltre tale processo di tipo diffusivo è chiaramente favorito da applicazioni superficiali di fertilizzante.;
b. nitrificazione – questo processo, operato da batteri chemio autotrofi, porta alla formazione di nitriti (NO_2^-) e nitrati (NO_3^-) a partire da ammonio (NH_4^+). Essendo i batteri aerobi, esso avviene tipicamente in tutti i suoli non saturi con valori ottimali di tenore idrico del suolo pari a 50-60% dei pori saturi di acqua (*Water Filled Pore Space* - WFPS%), pH ottimali tra 6 e 8, e temperature ottimali tra 25°C and 35°C;
c. denitrificazione - ove si creino condizioni di anossia (o microaerofilia) forme di azoto ossidate presenti nel terreno possono essere usate come accettori di elettroni da organismi eterotrofi anaerobi denitrificanti : $NO_3^- \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$. Tale reazione è quindi favorita da saturazione idrica che limita la diffusione di ossigeno nel suolo (WFPS>80%), presenza di sostanza organica fresca che possa fungere da donatore di elettroni (substrato respiratorio), sufficiente concentrazione di substrato azotato ossidato, un pH intorno alla neutralità. Importante è la tessitura del terreno nel condizionare la porosità del suolo e la diffusività dei gas, e anche il clima in quanto, a parte le ovvie considerazione sull'effetto delle precipitazioni, anche la temperatura ha un effetto positivo spesso non lineare (esponenziale) sull'incremento del tasso di denitrificazione nel suolo;
d. fissazione – tale processo di tipo chimico-fisico rappresenta l'adsorbimento dei cationi NH_4^+ sulle argille presenti nel suolo. Tale processo è condizionato principalmente dalla quantità di argilla, dal tipo, e dal pH del suolo ed è in linea teorica generalmente reversibile;
e. lisciviazione – tale processo è molto importante negli agroecosistemi. Esso rappresenta la perdita di azoto disciolto nella fase acquosa mediante percolazione dell'acqua in eccesso nel profilo del suolo fino a zone di falda o di dispersione (canali, fiumi, ecc). La forma di azoto più facilmente lisciviabile è il nitrato (NO_3^-) a causa della sua carica negativa che lo rende meno adsorbibile sulle argille e sulle cariche positive della sostanza organica. Tuttavia anche una frazione di composti organici labili e solubili contenenti N (*Dissolved Organic Nitrogen* - DON) può essere persa per lisciviazione.

La massima efficienza delle concimazioni azotate è raggiunta quando la forma disponibile di azoto corrisponde spazialmente e temporalmente ai fabbisogni di crescita della coltura, limitando cosi la possibilità di perdita di azoto e dispersione nell'ambiente attraverso i processi su citati.

A questi processi di trasformazione vanno aggiunti due processi che rappresentano una fonte di azoto per qualsiasi ecosistema: l'azotofissazione e la deposizione. Il primo è un processo biologico operato da batteri liberi o simbionti, negli ecosistemi agricoli tipicamente associati con le radici delle piante leguminose, che fornisce azoto al sistema ed alla pianta mediante trasformazione di N_2 molecolare atmosferico in NH_3. Le piante leguminose sono generalmente caratterizzate da tessuti e soprattutto semi ricchi di N e sono spesso utilizzate in rotazione nei suoli agricoli per arricchire il suolo di azoto organico senza l'utilizzo ulteriore di concimi. La deposizione azotata rappresenta un ingresso di N in forma organica o inorganica (sali o gas) come deposito secco o umido. Essa è molto dipendente dai fenomeni di trasporto atmosferico, dal clima e dalle fonti di azoto presenti in zone relativamente vicine (da decine a centinaia di km).

4.5.3.2 **Le emissioni di protossido di azoto dal suolo**

I suoli agricoli rappresentano la principale fonte di protossido di azoto (N_2O) su scala mondiale. L'N_2O è un gas che rappresenta un prodotto secondario durante il processo di nitrificazione ed un intermedio di reazione nel corso del processo di denitrificazione. In entrambi i casi la sua produzione è proporzionale alla velocità di processo che è controllata da vari fattori. Il più importante è la disponibilità di substrato, ossia forme ammoniacali nel primo caso e forme di azoto ossidato (nitrati e nitriti) nel secondo. Entrambi i processi sono favoriti da condizioni di microaerofilia del suolo. Tuttavia mentre la produzione di N_2O dai processi di nitrificazione avviene a valori di saturazione dei pori del suolo (WFPS%) compresa tra il 20 e 80% con un picco intorno al 60%, nel caso dell'N_2O da denitrificazione la produzione comincia intorno al 60% della saturazione ed ha un picco intorno al 90% WFPS. In suoli completamente saturi l'N_2O è ulteriormente ridotto a N_2, che rappresenta quindi la principale forma di gas azotato perso. La velocità di produzione di N_2O (resa) per unità di substrato aggiunto è molto maggiore nel caso della denitrificazione. Tale processo è fortemente favorito dall'aggiunta di substrato organico fresco, possibilmente con rapporti C/N inferiori a 50, insieme a fertilizzante azotato. Se tale materiale organico è aggiunto in abbondante quantità al suolo, l'attività respiratoria che esso stimola può portare ad un abbassamento della concentrazione di ossigeno nel suolo ottimale per i processi di denitrificazione, che quindi possono avvenire anche in assenza di saturazione del suolo.

Un semplice approccio metodologico per quantificare il bilancio ecologico dell'azoto in un agro ecosistema e per quantificare le emissioni di N_2O seguendo una procedura *standard* definita dall'IPCC (1997b) e seguita dall' ISPRA per la quantificazione dei bilanci annuali di N_2O dal comparto agricolo è indicata nell'appendice A3 (capitolo 11.3).Tale procedura sebbene facilmente applicabile basandosi su pochi dati di *input* reperibili agevolmente su scala territoriale ha come principale limitazione dell'approccio il fatto che i fattori moltiplicativi utilizzati per il calcolo delle emissioni di N_2O rappresentano valori medi ottenuti da dati su scala europea o mondiale ed in genere poco rappresentativi della maggior parte delle regioni Italiane. Questo in molti casi può portare a sovrastimare i flussi di N_2O soprattutto per le aree centro meridionali.

Alternativamente con un approccio più specifico si può applicare lo stesso calcolo utilizzando valori moltiplicativi ed emissivi specifici per l'area considerata ottenuti direttamente in campo (con metodi riconosciuti ufficialmente dalla comunità scientifica) o da dati pubblicati in letteratura scientifica o comunque di valore tecnico scientifico riconosciuto. Tale approccio rappresenta sicuramente un miglioramento della stima dei flussi di N, tuttavia anche in questo caso il dato puntuale (o media di un numero relativamente ridotto di dati puntuali) applicato su scala spaziale maggiore soffre di approssimazione.

Il livello ancora più specifico, infine può contemplare l'utilizzo di modelli georeferenziati di tipo biogeochimico (*Denitrification–Decomposition Model* - DNDC, Century, Roth C, etc), ossia che simulano i singoli processi coinvolti nel ciclo di C e N considerando ogni singola variabile ambientale coinvolta nel controllo prossimale o distale delle emissioni, o modelli empirici. Utilizzando un approccio georeferenziato si può tener conto della variabilità spaziale, se non anche temporale, di fattori importanti quali clima, tipo di suolo (tessitura, densità apparente, pH, C organico, e N totale, ecc.). Inoltre si può riferire il dato di gestione ad un'area precisa e non astratta. Il limite di tale approccio è rappresentato dalla mancanza di dati georeferenziati alla scala di parcella o di campo, sia in termini di dati ambientali che di dati di gestione agronomica.

4.5.4 Indicatori di impatto: Esempi di stime per il comparto agricolo italiano

Il contributo degli ecosistemi agricoli al bilancio globale e nazionale di gas ad effetto serra può essere valutato usando come indicatori di impatto le quantità totali di gas serra emessi o carbonio sequestrato nel suolo che derivi quindi da processi attivi di fissazione del C-CO_2 atmosferico. Nei paragrafi precedenti e nelle appendici di riferimento abbiamo

indicato semplici metodologie di calcolo che possono essere applicate utilizzando i dati disponibili o reperibili sia per quantificare il C perso o accumulato nel sistema che i flussi di N_2O associati alle principali pratiche agricole. Il calcolo, come già specificato può essere molto semplice o più raffinato e complesso. Di seguito riportiamo risultati di approcci di terzo livello per il calcolo delle emissioni. A secondo dell'approccio utilizzato va da sé che i parametri necessari al fine della costruzione dell'indicatore varieranno per quantità e tipo. Sta quindi all'operatore identificare i limiti entro cui si può muovere e scegliere il sistema più idoneo. Per fare un esempio, il minimo richiesto ad una struttura per quantificare grossolanamente il proprio indicatore di impatto relativo alle emissioni di N_2O richiederebbe la superficie agricola utilizzata, la quantità di fertilizzante azotato utilizzato per unità di superficie, e un'indicazione di massima sulla macrotipologia di coltura (es. pascolo, seminativo, etc).

4.5.4.1 *Pool* e flussi di Carbonio

In Italia non esiste un inventario dettagliato delle riserve e dei flussi di carbonio dalle superfici coltivate. Peressotti (pers. Comm), basandosi su la metodologia descritta in questo capitolo, fornisce un bilancio del carbonio dalle superfici coltivate italiane (seminativi, legnose, foraggere) con aggregazione regionale, escludendo la concimazione organica (tabella 4.4). In base a tale stima risulta che il 50% della produttività primaria netta è attribuibile alle superfici a seminativo, mentre il 24% e 26% rispettivamente dalle superfici coltivate con fruttiferi/vite e alle colture foraggere. Una considerevole quota del carbonio accumulato annualmente è costituito da residui di coltivazione, 18,8 Tg di C, che, per la maggior parte, sono restituiti al terreno e sono decomposti in tempi inferiori ad 1 anno (Alberti et al 2010) mantenendo il carbonio organico del suoli a valori prossimi all' equilibrio (Lugato et al., 2006, Morari et al 2006). Assumendo che adeguate tecniche colturali (lavorazioni minime) possano ridurre la decomposizione dei residui apportati accumulando il 10% del carbonio dei residui nei suoli, il potenziale di mitigazione risulterebbe pari a 1,8 Tg C pari a 6,5 Mton CO_2 eq, ossia il 1,4 % delle emissioni italiane, che all'attuale valore delle quote scambiabili di emissione (12€/ ton CO_2 eq) avrebbero un valore di 78 milioni di Euro.

Il 55% dei residui colturali possono essere raccolti (paglie, sarmenti, residui di potatura) e contribuire significativamente alla produzione di bioenergie riducendo le emissioni dei combustibili fossili. A tali pratiche corrisponderebbe però una diminuzione del carbonio organico dei suoli. Assumendo un coefficiente di umificazione del 20% dei residui raccoglibili, l'effetto di sostituzione dovrebbe essere pertanto ridotto dell'11%.

La ripartizione del carbonio tra prodotti raccolti e residui dipende principalmente dalla gestione agronomica delle superfici coltivate e dagli ordinamenti colturali (Fig 4.2).

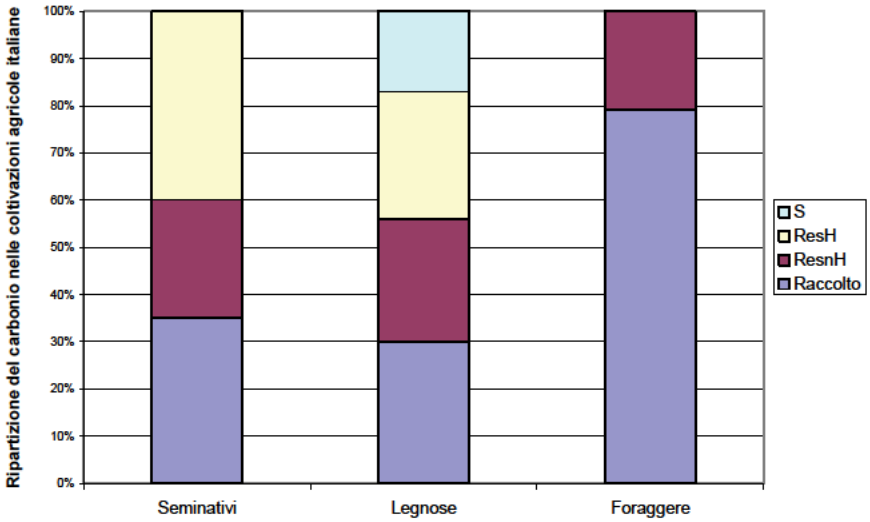


Figura 4.2 Ripartizione percentuale Carbonio nei diversi ordinamenti colturali italiani (media sulla superficie italiana). ResnH residui colturali prodotti dalla coltura non raccoglibili (radici fini, perdite di raccolta, caduta foglie) ResH= residui colturali raccoglibili (paglie, stocchi,sarmenti,) S= Carbonio accumulato nelle strutture permanenti (fusto, apparato radicale)

Nella media dei terreni italiani, la percentuale di carbonio raccolto nei prodotti agricoli aumenta progressivamente passando dai seminativi alle colture legnose e a quelle foraggere (Tab.4.4) e pertanto diminuisce progressivamente la restituzione di sostanza organica al suolo che avviene con i residui. Nelle colture foraggere, dove è asportata la quasi totalità della biomassa aerea, i residui sono rappresentati esclusivamente dalla biomassa radicale e dalle perdite di raccolta. Va tuttavia considerato, che tali colture sono normalmente associate ad allevamenti bovini e che quindi queste superfici ricevono apporti di sostanza organica mediante concimazioni organiche. Anche sui terreni coltivati con colture permanenti la produzione di residui è percentualmente scarsa ma spesso gli apporti che derivano dall'inerbimento dei filari (dove compatibile con gli apporti idrici delle colture e non è considerato in questa stima) possono compensare tali riduzioni. L'inerbimento può essere considerato come un vero e proprio prato permanente in cui tutta la biomassa aerea viene periodicamente sfalciata e lasciata sul suolo. In alcuni frutteti/vigneti la NPP che deriva dalla vegetazione interfilare può raggiunger il 50% di quella della coltura principale (Comunicazioni personali di Pitacco e Tonon).

Nel lungo periodo la produttività primaria netta negli ecosistemi agricoli dipende dal miglioramento genetico e delle tecniche agricole (90%) più che dai cambiamenti del clima e dall'aumento della concentrazione di CO_2 e delle deposizioni azotate (10%) (Gervois et al 2008). Tali tecniche sono spesso rivolte spesso a massimizzare il reddito agricolo che oltre alla produttività considera i costi associati all'utilizzo dei fattori produttivi e la qualità dei prodotti. Pertanto anche la produttività primaria netta per ettaro dipende in maniera preponderante dagli ordinamenti colturali. In Italia i massimi valori di NPP per ettaro sono relativi a seminativi delle regioni irrigue della pianura padana. I seminativi hanno in media una NPP superiore rispetto alle colture legnose (Tab 4.5.), ciò è da attribuire al fatto che il 78% delle colture permanenti è coltivata a vite ed olivo in aree spesso siccitose e meno fertili e che l'indagine condotta non considera la produttività dell'inerbimento degli interfilari. La produttività media delle colture foraggere è inoltre notevolmente ridotta poiché il 50% della superficie è caratterizzata da prati e pascoli di bassa fertilità.

Circa l'8% della NPP è accumulata nelle strutture permanenti delle colture legnose, pertanto anche assumendo che non ci sia variazione di SOC una variazione di tale superficie è destinata a modificare i flussi di effetto serra.

La stima dettagliata del contenuto di carbonio nei suoli agricoli italiani è possibile con relativa accuratezza solamente in alcune regioni italiane, tuttavia dai dati dell'inventario europeo il contenuto di carbonio nel suolo è pari a 550 Tg C con un contenuto medio del 1,2%. Assumendo che il bilancio del carbonio organico nel suolo sia prossimo all'equilibrio, il tempo medio di ritenzione del carbonio nei suoli agricoli italiani è pari a 138 anni. Il semplice modello utilizzato per questi calcoli prevede attualmente che la perdita netta di C dai suoli italiani sia 4 Tg C anno^{-1} pari a 0,3 Mg C ha/anno^{-1} un valore prossimo alle stime eseguite per le superfici agricole europee (Ciais et al. 2010) e italiane (Lugato et.al 2010). La situazione è differenziata tra le diverse regioni italiane in cui però la variazione del contenuto di carbonio dei suoli agricoli è correlata con la produzione di residui di coltivazione (Fig 4.3) ma non con il contenuto medio di CO_2 dei suoli. Mediamente ad un apporto di residui pari ad 1 Mg C corrisponde un aumento di SOC di 0,24 Mg C.

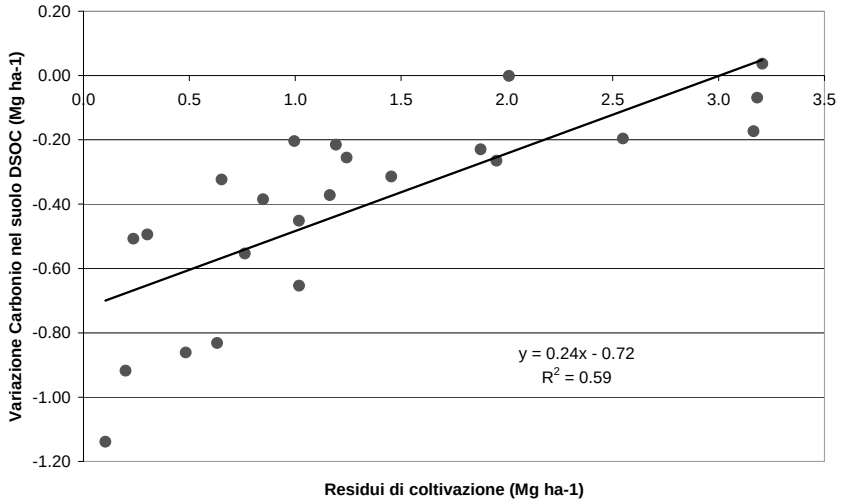


Figura 4.3 Variazione del contenuto di carbonio nel suolo in funzione dei residui di coltivazione (radici+parte aerea).

4.5.4.2 **Bilancio dell'azoto ed emissioni di N_2O**

Il bilancio dell'N relativo alle superfici agricole italiane (senza considerare gli apporti di N dal settore zootecnico) è riportato in Tabella 4.6. I flussi di azoto nelle diverse regioni sono proporzionali all'impegno in termini di superficie coltivata, infatti l'utilizzo di concimi azotati maggiore corrisponde a regioni con maggiore NPP (Fig.4.4).

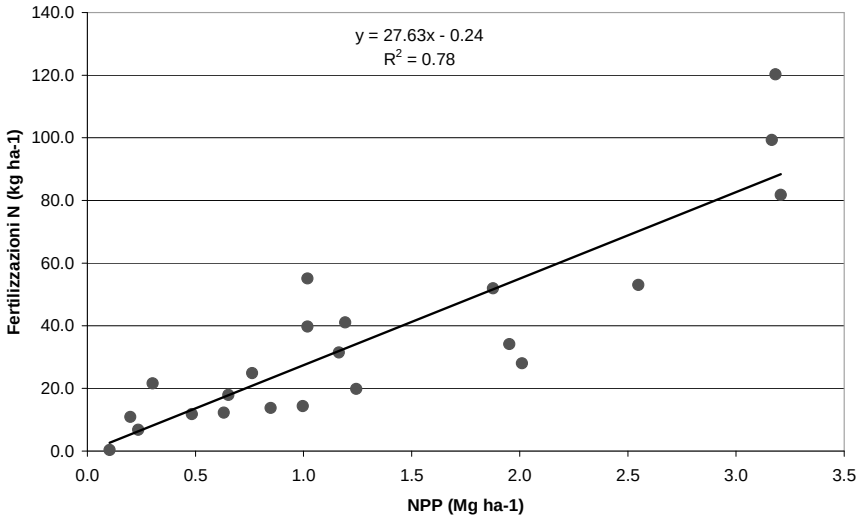


Figura 4.4 - Produttività primaria netta e fertilizzazioni azotate nelle diverse regioni italiane

In Figura 4.5 è riportata la stima dei flussi diretti di N_2O dai suoli agricoli coltivati a mais, grano duro, vite, soia e girasole (sommatoria), utilizzando un modello di simulazione (DNDC) su una griglia 1Km x 1Km (Lugato et al 2010) dalle superfici agricole italiane, quindi con un approccio di livello 3. Il modello utilizzato DNDC è calibrato sui risultati sperimentali del progetto *CarboItaly*.

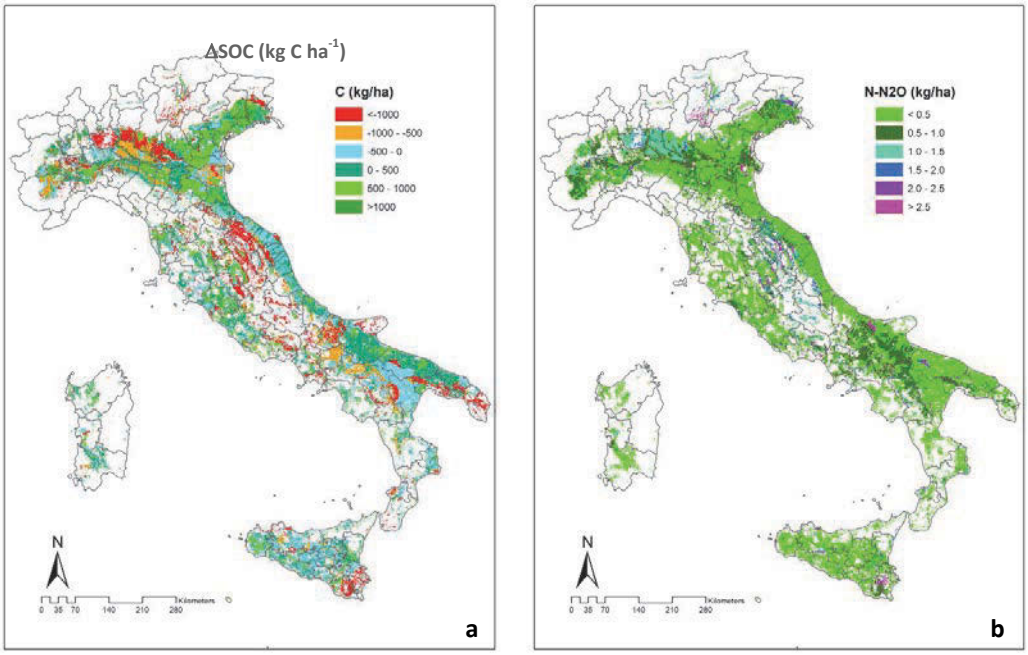


Figura 4.5 Variazione del contenuto organico del suolo annuale ed emissioni dirette di protossido dalle superfici agricole italiane relative a coltivazioni a mais, grano duro, vite, soia, girasole (sommatoria). I flussi sono calcolati con un modello di simulazione (DNDC) calibrato su esperimenti e prove agronomiche italiane (Lugato et al 2010).

In Figura 4.6 è riportato un altro esempio di dati di stime di N_2O ottenuti da Castaldi et al. (Pers. Comm) con un approccio TIER 3 utilizzando modelli empirici che prendono in considerazione fattori specifici per diverse tipologie di fertilizzanti minerali ed organici, il clima, le caratteristiche pedologiche, su base georeferenziata (Bowman 2002a, Bowman 2002b, Van Drecht et al. 2003). Con questo approccio sono state calcolate sia le emissioni dirette sia indirette. E' chiaramente visibile che la situazione è altamente differenziata tra le diverse regioni italiane. I dati di N_2O derivanti dall'azoto lisciviato mostrano che l'N_2O perso è molto diverso lungo la penisola poiché è l'azoto lisciviato che è molto differente. Le differenze sono principalmente dovute a fattori climatici e poi pedologici e alla distribuzione degli input di N nei sistemi agricoli. Risulta ovvio dalla Fig. 4.6 che usare ad esempio un unico fattore di lisciviazione può portare a sovrastime in diverse aree.

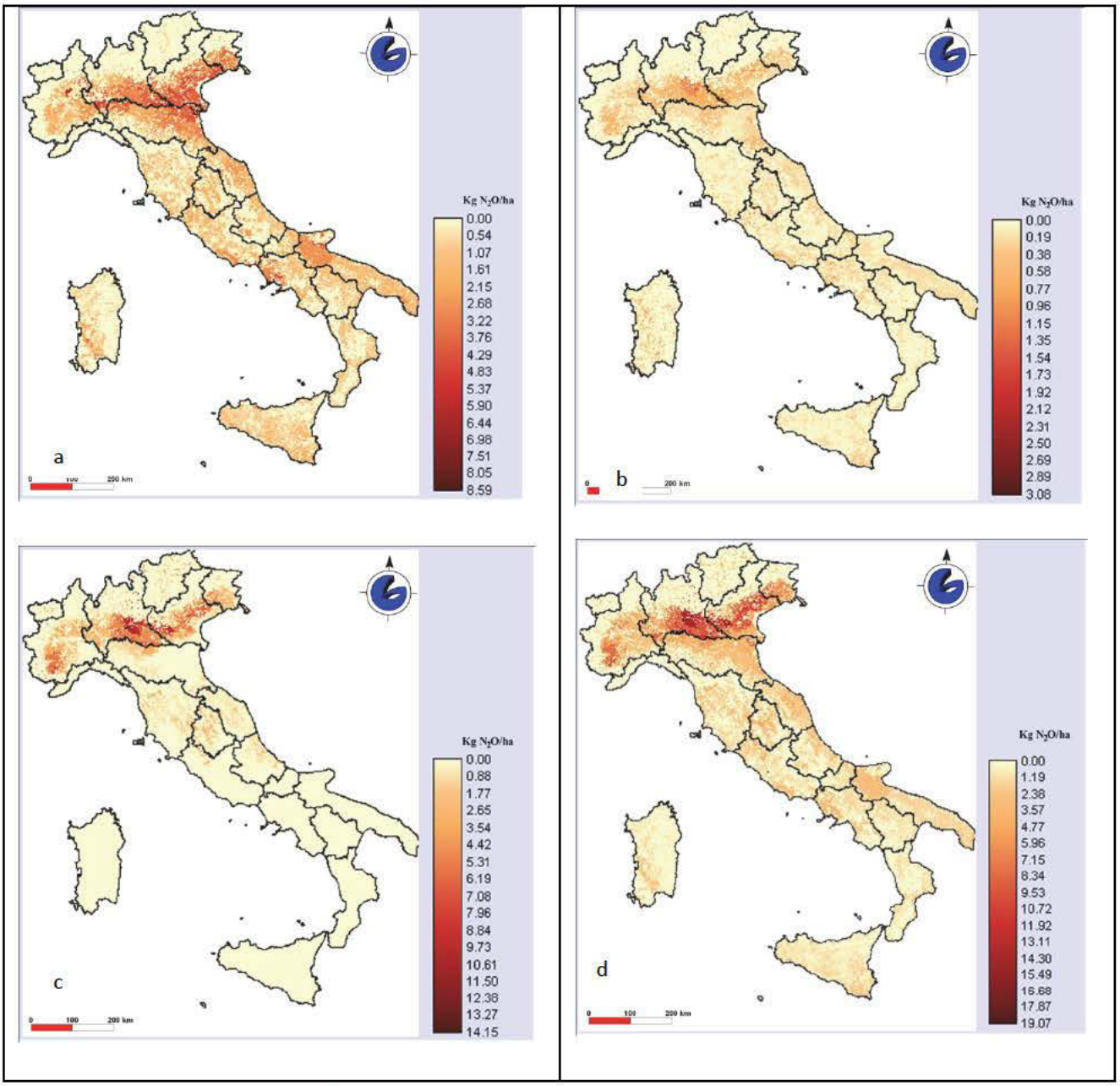


Figura 4.6 – Emissioni annuali di N_2O dirette (a), indirette da deposizioni di NH_3 e NOx (b), indirette da lisciviazione (c) e totali (d), calcolate per tutta la superficie agricola italiana relativa a seminativi, pascolo, colture arboree per l'anno 2000 utilizzando modelli empirici georeferenziati (Castaldi et al. Pers. Comm).

La scelta dell'approccio da usare dipende in grossa parte dai dati disponibili e dall'esperienza nel settore. Tuttavia sarebbe già un significativo passo in avanti un approccio di tipo due ove nell'equazione proposta dall'IPCC si potessero

sostituire ai "fattori moltiplicativi generici", fattori "regione specifici". Sarebbe quindi necessario che ogni Regione facesse un semplice quadro dei parametri richiesti per completare l'equazioni 17-19 in appendice A3 (capitolo 11.3), verificasse con pochi progetti mirati la congruità dei fattori emissivi o moltiplicativi proposti sul proprio territorio cosi da costruire un proprio database di calcolo che potrebbe, anno per anno, essere utilizzato semplicemente ridigitando i nuovi dati statistici di *input*. Nel tempo si potrebbero affinare poi i fattori emissivi regionali con ulteriori studi. In tale semplice forma sarebbe già possibile costruire degli scenari di utilizzo del territorio e di pratiche agricole.

4.5.5 Pratiche di mitigazione

Numerosi studi hanno recentemente esaminato a livello mondiale (Smith et al, 2008, Johnson et al 2007, Lal et al. 2006) a livello regionale (Freibauer, 2004., Velthof et al. 2007) i potenziali di mitigazione delle diverse pratiche colturali evidenziando che l'agricoltura può contribuire in maniera significativa alla mitigazione dei cambiamenti climatici. Tali pratiche, inoltre hanno anche ricadute benefiche sull'agricoltura e sull' ambiente. Infatti, il loro uso dipende spesso da ragioni che non sono legate alla mitigazione dell'effetto serra. La gestione degli agroecosistemi e delle aziende agricole prevede una integrazione di obiettivi complessi non sempre concordanti. La multifunzionalità dell'agricoltura ed il concetto di integrazione prevede che possano essere massimizzati gli effetti benefici con scelte gestionali che massimizzino in maniera sinergica i risultati. Lal (2007) ha recentemente sintetizzato e quantificato questi effetti che riguardano il miglioramento della qualità e produttività dei suoli, la riduzione dell'erosione e del dilavamento, la diminuzione dei rischi di eutrofizzazione delle acque superficiali e di contaminazione delle falde. Nel capitolo 4.3 sono state già descritte nel dettaglio diverse pratiche agricole volte a migliorare o preservare il contenuto di sostanza organica nei suoli. In generale, volendo tener conto degli impatti di tali tecniche non solo sul contenuto di C del suolo ma sul bilancio completo di GHG nei suoli agricoli possiamo guardare alle tecniche proposte in relazione ai loro meccanismi di azione:

(a) riduzione delle emissioni. Le emissioni di GHG dai suoli agricoli possono essere ridotte utilizzando tecniche agricole in grado di gestire in maniera più efficiente i fattori produttivi. Ad esempio una distribuzione controllata dei fertilizzanti azotati può favorire maggiori assorbimenti di azoto da parte della coltura e ridurre le emissioni dirette ed indirette di N_2O (Bouwman 2001);

(b) aumento dei *sink*. Consiste principalmente nell'aumentare il sequestro e quindi il contenuto di C nei suoli. Ciò può essere realizzato applicando le diverse pratiche sito specifiche che aumentano gli *input* di carbonio nel suolo (aumento delle produzioni di residui, maggiori fertilizzazioni organiche), che riducono il tasso di decomposizione o diminuiscono i coefficienti di mineralizzazione della sostanza organica (es. lavorazioni minime). Un'altra forma recentemente proposta di incremento del sequestro di C nei suoli agricoli è rappresentata dalla pirolizzazione dei residui colturali e la loro restituzione sotto forma di *biochar* nei suoli agricoli (Lehman, 2007);

(c) sostituzione o riduzione delle emissioni dei combustibili fossili. I residui agricoli o le colture da bioenergia possono essere utilizzate per produrre combustibili alternativi a quelli fossili. Anche i consumi di carburante o le emissioni derivanti dall'utilizzo di fertilizzanti e prodotti chimici di sintesi possono essere ridotte mediante opportune pratiche colturali (Lal, 2004).

In Tabella 4.7 sono riassunte le varie azioni che possono essere intraprese per la mitigazione delle emissioni di gas ad effetto serra negli agro ecosistemi relativamente a: misure agronomiche, modalità di uso dei fertilizzanti, lavorazione e gestione dei residui, gestione delle acque, set-aside e cambio di uso del suolo. Sono quindi riportati in termine qualitativo gli effetti migliorativi (o peggiorativi) che ogni pratica può avere sui flussi di CO_2, N_2O e CH_4.

Come si può notare le azioni possibili sono svariate in diversi campi, ma sono tutte principalmente mirate ad azione di gestione agricola vera e propria. In tale senso quindi l'insieme di queste azioni si colloca molto bene sia nell'ambito dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) che dei Criteri di Gestione Obbligatori (CGO) e delle Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA) (vedi capitolo 9). Tutte le pratiche che mirano al contenimento delle fertilizzazioni e all'incremento dell'efficienza di utilizzo di unità di fertilizzante rientrano nei criteri CGO A.4 e introducono nuove prospettive per la mitigazione di emissioni di gas azotati (N_2O, NOx, NH_3).

Tutte o quasi le misure agronomiche riportate in tabella 4.7 nonché le pratiche di gestione dei residui sono sicuramente inquadrabili nelle norme 1, 2 e 3 delle BCAA e sono il cardine per la mitigazione relativa al bilancio di C da/nei suoli.

Le pratiche di mitigazioni proposte relative ai flussi di C e N nel sistema hanno quindi ottima potenzialità di applicazione nei Programmi di Sviluppo Rurale e sono quantificabili in termine di efficacia della misura mediante indicatori concreti.

L'introduzione quindi di queste pratiche nella programmazione agronomica risponde sia ai PSR sia alle esigenze relative agli impegni relativi al protocollo di Kyoto.

Quale di queste misure sia la più conveniente e la più vantaggiosa è un discorso alquanto articolato che si basa su: le caratteristiche territoriali, le specificità locali del settore agronomico, le possibilità di applicazione in base un bilancio costi/benefici non solo ambientale ma anche puramente monetario, la capacità degli enti locali di sviluppare un *set* di indicatori robusti che possano essere portati avanti nel tempo in una pianificazione a lungo termine.

	Totale				Seminativi				Fruttiveri Vite Olivo					Foraggere,Prati,Pascoli				Carbonio organico				
	Superficie (M ha)	NPP (Tg C y-1)	Prodotti (Tg C y-1)	Residui (Tg C y-1)	Superficie (M ha)	NPP (Tg C y-1)	Prodotti (Tg C y-1)	Residui (Tg C y-1)	Superficie (M ha)	NPP (Tg C y-1)	Prodotti (Tg C y-1)	Residui (Tg C y-1)	Legno (Tg C y-1)	Superficie (M ha)	NPP (Tg C y-1)	Prodotti (Tg C y-1)	Residui (Tg C y-1)	Carbonio organico suoli agricoli (Tg C)	SOC in (Tg C y-1)	SOC out (Tg C y-1)	DSOC (Tg C y-1)	carbonio organico suoli (%)
Piemonte	1.2	4.1	1.9	2.2	0.45	3.21	1.23	1.98	0.09	0.12	0.05	0.05	0.02	0.64	0.82	0.65	0.17	50.82	0.44	0.71	-0.27	1.2
Valle d'Aosta	0.1	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02	0.02	0.00	4.27	0.00	0.06	-0.06	2.3
Lombardia	1.0	7.3	4.0	3.2	0.48	4.25	1.64	2.61	0.03	0.05	0.02	0.02	0.01	0.50	2.97	2.35	0.62	43.75	0.65	0.61	0.04	1.2
Liguria	0.1	0.1	0.0	0.0	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.01	0.00	2.24	0.00	0.03	-0.03	1.1
Trentino-Alto Adige	0.4	0.9	0.7	0.2	0.00	0.01	0.00	0.00	0.05	0.04	0.02	0.01	0.00	0.36	0.86	0.68	0.18	27.76	0.04	0.39	-0.35	1.9
Bolzano/Bozen	0.3	0.8	0.6	0.2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.24	0.78	0.62	0.16	18.25	0.03	0.26	-0.22	1.9
Trento	0.1	0.1	0.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.01	0.00	0.12	0.08	0.07	0.02	9.51	0.01	0.13	-0.13	1.9
Veneto	0.7	4.5	2.2	2.3	0.42	3.27	1.23	2.04	0.10	0.21	0.11	0.07	0.02	0.21	1.01	0.80	0.21	36.75	0.46	0.51	-0.05	1.4
Friuli-Venezia Giulia	0.2	1.2	0.6	0.7	0.14	1.05	0.41	0.64	0.02	0.04	0.01	0.02	0.00	0.06	0.16	0.13	0.03	12.59	0.14	0.18	-0.04	1.6
Emilia-Romagna	1.0	5.2	2.6	2.6	0.43	3.21	1.09	2.12	0.14	0.18	0.10	0.06	0.02	0.44	1.81	1.43	0.38	50.55	0.51	0.71	-0.20	1.4
Toscana	0.6	1.5	0.8	0.7	0.18	0.81	0.26	0.54	0.16	0.30	0.09	0.11	0.10	0.27	0.40	0.31	0.08	19.92	0.15	0.28	-0.13	0.9
Umbria	0.3	1.1	0.5	0.6	0.13	0.79	0.25	0.54	0.05	0.09	0.03	0.03	0.03	0.14	0.22	0.17	0.04	14.78	0.12	0.21	-0.08	1.3
Marche	0.5	1.7	0.8	0.9	0.24	1.14	0.34	0.79	0.03	0.05	0.02	0.02	0.01	0.19	0.49	0.39	0.10	13.14	0.18	0.18	0.00	0.8
Lazio	0.8	1.7	1.1	0.6	0.11	0.47	0.16	0.31	0.15	0.28	0.10	0.08	0.10	0.49	0.91	0.72	0.19	38.22	0.12	0.54	-0.42	1.4
Abruzzo	0.4	0.9	0.4	0.4	0.09	0.47	0.16	0.31	0.08	0.17	0.07	0.06	0.05	0.24	0.22	0.17	0.05	11.98	0.08	0.17	-0.08	0.8
Molise	0.2	0.3	0.1	0.2	0.08	0.24	0.07	0.17	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.06	0.04	0.03	0.01	7.12	0.04	0.10	-0.06	1.2
Campania	0.6	1.6	1.0	0.6	0.12	0.50	0.18	0.32	0.17	0.25	0.10	0.07	0.08	0.27	0.82	0.65	0.17	33.74	0.11	0.47	-0.36	1.7
Puglia	1.3	2.8	1.5	1.4	0.43	1.34	0.39	0.95	0.59	1.21	0.49	0.34	0.38	0.31	0.27	0.22	0.06	62.07	0.27	0.87	-0.60	1.3
Basilicata	0.3	0.7	0.3	0.4	0.16	0.52	0.15	0.37	0.06	0.10	0.03	0.03	0.04	0.12	0.10	0.08	0.02	12.15	0.08	0.17	-0.09	1.0
Calabria	0.5	1.2	0.8	0.3	0.07	0.26	0.09	0.17	0.26	0.71	0.35	0.14	0.22	0.20	0.18	0.14	0.04	17.23	0.07	0.24	-0.17	0.9
Sicilia	1.3	2.5	1.4	1.1	0.28	1.04	0.31	0.73	0.50	0.94	0.38	0.27	0.28	0.52	0.50	0.39	0.10	51.46	0.22	0.72	-0.50	1.1
Sardegna	1.5	1.1	0.8	0.4	0.07	0.21	0.07	0.14	0.09	0.15	0.04	0.06	0.05	1.36	0.78	0.62	0.16	60.30	0.07	0.84	-0.77	1.1
ITALIA	**12.9**	**41.6**	**22.7**	**18.8**	**3.89**	**22.8**	**8.0**	**14.7**	**2.62**	**6.20**	**3.28**	**1.47**	**1.5**	**6.44**	**12.59**	**9.97**	**2.62**	**559.39**	**3.77**	**7.83**	**-4.06**	**1.2**

Tabella. 4.4 Bilancio del carbonio dalle superfici coltivate italiane (seminativi, legnose, foraggere) con aggregazione regionale. Il SOC, non considera gli input di carbonio dei fertilizzanti organici.

	Media			Seminativi			fruttiferi, Vite				Foraggere			Suolo		
	NPP (Mg C ha-1 y-1)	Prodotti (Mg C ha-1 y-1)	Residui (Mg C ha-1 y-1)	NPP (Mg C ha-1 y-1)	Prodotti (Mg C ha-1 y-1)	Residui (Mg C ha-1 y-1)	NPP (Mg C ha-1 y-1)	Prodotti (Mg C ha-1 y-1)	Residui (Mg C ha-1 y-1)	Fusti (Mg C ha-1 y-1)	NPP (Mg C ha-1 y-1)	Prodotti (Mg C ha-1 y-1)	Residui (Mg C ha-1 y-1)	SOC in (Mg C ha-1 y-1)	SOC out (Mg C ha-1 y-1)	DSOC (Mg C ha-1 y-1)
Piemonte	3.5	1.6	1.9	7.1	2.7	4.4	1.3	0.6	0.6	0.2	1.3	1.0	0.3	0.38	0.60	-0.23
Valle d'Aosta	0.5	0.4	0.1	3.5	2.2	1.3	1.0	0.4	0.5	0.1	0.4	0.3	0.1	0.02	1.16	-1.14
Lombardia	7.2	4.0	3.2	8.8	3.4	5.4	1.7	0.6	0.8	0.3	6.0	4.7	1.2	0.64	0.60	0.04
Liguria	1.1	0.8	0.3	3.2	1.7	1.6	2.0	0.7	0.6	0.8	0.5	0.4	0.1	0.06	0.55	-0.49
Trentino-Alto Adige	2.2	1.7	0.5	4.3	2.6	1.7	0.8	0.4	0.3	0.1	2.4	1.9	0.5	0.10	0.96	-0.86
Bolzano/Bozen	3.0	2.3	0.6	5.4	3.4	2.0	0.4	0.2	0.2	0.0	3.2	2.5	0.7	0.13	0.96	-0.83
Trento	0.8	0.6	0.2	3.2	1.9	1.4	1.2	0.6	0.4	0.1	0.7	0.6	0.1	0.04	0.96	-0.92
Veneto	6.2	3.0	3.2	7.8	2.9	4.9	2.0	1.1	0.7	0.2	4.9	3.9	1.0	0.64	0.71	-0.07
Friuli-Venezia Giulia	5.7	2.5	3.2	7.6	3.0	4.6	1.7	0.6	0.8	0.2	2.8	2.2	0.6	0.63	0.81	-0.17
Emilia-Romagna	5.2	2.6	2.5	7.5	2.5	4.9	1.3	0.7	0.4	0.2	4.1	3.3	0.9	0.51	0.71	-0.20
Toscana	2.4	1.3	1.2	4.4	1.4	2.9	1.8	0.6	0.7	0.6	1.5	1.2	0.3	0.24	0.45	-0.21
Umbria	3.5	1.5	2.0	6.0	1.9	4.1	2.0	0.7	0.7	0.6	1.6	1.2	0.3	0.39	0.66	-0.26
Marche	3.7	1.7	2.0	4.7	1.4	3.3	1.8	0.7	0.7	0.4	2.6	2.1	0.5	0.40	0.40	0.00
Lazio	2.2	1.4	0.8	4.1	1.4	2.7	1.8	0.6	0.5	0.6	1.9	1.5	0.4	0.15	0.71	-0.55
Abruzzo	2.1	1.1	1.0	5.1	1.7	3.4	2.1	0.8	0.7	0.6	0.9	0.7	0.2	0.20	0.40	-0.20
Molise	2.0	0.8	1.2	3.1	0.9	2.2	1.9	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.1	0.23	0.60	-0.37
Campania	2.8	1.8	1.0	4.3	1.6	2.8	1.5	0.6	0.4	0.5	3.1	2.4	0.6	0.20	0.86	-0.65
Puglia	2.1	1.1	1.0	3.1	0.9	2.2	2.1	0.8	0.6	0.7	0.9	0.7	0.2	0.20	0.66	-0.45
Basilicata	2.1	0.9	1.2	3.3	0.9	2.3	1.8	0.6	0.5	0.7	0.9	0.7	0.2	0.25	0.50	-0.26
Calabria	2.2	1.5	0.7	3.6	1.2	2.3	2.7	1.3	0.5	0.8	0.9	0.7	0.2	0.13	0.45	-0.32
Sicilia	1.9	1.1	0.8	3.7	1.1	2.6	1.9	0.8	0.5	0.6	1.0	0.8	0.2	0.17	0.55	-0.38
Sardegna	0.7	0.5	0.2	3.0	1.0	2.0	1.6	0.4	0.6	0.6	0.6	0.5	0.1	0.05	0.55	-0.51
ITALIA	**3.2**	**1.8**	**1.5**	**5.9**	**2.1**	**3.8**	**2.4**	**1.3**	**0.6**	**0.6**	**2.0**	**1.5**	**0.4**	**0.29**	**0.60**	**-0.31**

Tabella. 4.5 Flussi di carbonio (Mg ha^{-1}) su seminativi, legnose e foraggere con aggregazione regionale. Il bilancio del carbonio nel suolo è calcolato assumendo la completa restituzione dei residui colturali e senza considerare gli input di carbonio da fertilizzanti organici

	Superficie concimabile (M ha)	Nuptake (Gg y-1)	Nprod (Gg y-1)	Nfert (Gg y-1)	Nfix (Gg y-1)	Ndep (Gg y-1)	Nres (Gg y-1)	Ndiff (Gg y-1)	efficienza input (/N)	N diff (kg ha-1)	Azoto organico suoli agricoli (Gg N)
Piemonte	0.65	91	63	67	6	7	29	17	0.79	26.0	5082
Valle d'Aosta	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0.05	26.0	427
Lombardia	0.76	177	129	109	26	6	48	12	0.91	16.2	4375
Liguria	0.02	1	1	1	0	0	1	1	0.35	47.0	224
Trentino-Alto Adige	0.05	4	2	5	0	2	2	5	0.31	9.9	2776
Bolzano/Bozen	0.03	2	1	3	0	1	1	4	0.27	13.4	1825
Trento	0.02	2	1	2	0	1	1	1	0.40	5.9	951
Veneto	0.60	107	74	101	13	4	33	45	0.62	74.6	3675
Friuli-Venezia Giulia	0.18	31	21	27	5	1	10	12	0.64	68.4	1259
Emilia-Romagna	0.89	167	115	104	51	6	51	46	0.72	51.4	5055
Toscana	0.47	43	25	31	6	3	18	16	0.62	33.5	1992
Umbria	0.24	32	20	17	6	2	12	4	0.85	15.0	1478
Marche	0.38	56	34	25	13	3	22	6	0.85	16.6	1314
Lazio	0.47	50	35	28	9	4	15	6	0.85	13.6	3822
Abruzzo	0.22	23	14	10	4	2	10	3	0.85	11.4	1198
Molise	0.13	10	5	6	1	1	5	3	0.66	20.5	712
Campania	0.42	51	35	31	9	3	16	8	0.82	17.9	3374
Puglia	1.16	83	41	75	2	7	42	43	0.49	37.1	6207
Basilicata	0.25	21	11	8	1	2	10	0	1.01	-0.5	1215
Calabria	0.37	33	20	12	2	3	13	-3	1.17	-7.6	1723
Sicilia	0.98	76	41	26	8	7	36	0	0.99	0.4	5146
Sardegna	0.29	19	12	12	2	9	7	10	0.56	34.7	6030
ITALIA	**8.53**	**1081**	**698**	**695**	**164**	**73**	**382**	**233**	**0.75**	**29.5**	**55939**

Tabella 4.6 Flussi di Azoto dalle superfici coltivate italiane con aggregazione regionale. Il bilancio dell' azoto è calcolato assumendo la completa restituzione dei residui colturali

	potenziali						su 100% superfic					con limitazioni			
	C-CO2	N2O dirette	N2O indirette	CH4	consenso	evidenza	Superficie totale	C-CO2	N-N2O	C-CH4	Fattore limitante	% applicazione	CO2	N2O	CH4	Note
Misure agronomiche	Mg ha-1 a-1						Mha	Tg	Gg	Tg			Tg Co2 eq a-1			
Aumento delle produttività	0.05	+/-	+/-		***	**	6.5	0.33	0.00		Innovazione	10	0.12	0.00	0.00	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Rotazioni colturali	0.10	+/-	+/-		***	**	3.9	0.39	0.00		Reddito	15	0.21	0.00	0.00	Corrisponde alla superficie attualmente coltivata a monocoltura
Colture da sovescio	0.00	+/-	+		**	**	3.9	0	0.59		Apporti idrici	50	0.00	0.04	0.00	Si assume possano essere applicate sul 50% della superficie
Riduzione del tempo di non coltivazione	0.10	-	+		***	*	3.9	0.39	0.59		Apporti idrici	50	0.72	0.04	0.00	Si assume possano essere applicate sul 50% della superficie
Conversione a colture permanenti	0.50	+	+/-		***	***	3.9	1.95	0.78		Reddito, Sicurezza alimentare,Assenza incentivi	5.8	0.41	0.01	0.00	Corrisponde all' aumento di colture permanenti da biomassa+ permanenti forqggere
Inerbimenti colture permanenti	0.50	+/-	+/-		*	*	2.6	1.3	0.00		Disponibilita' idriche	8	0.38	0.00	0.00	Note corrisponde alla % di superficie con irrigazione
Agricoltura organica	0.25	+	+		*	*	6.5	1.63	1.89		Disponibilit' concimazioni organiche / compostaggio incentivi	3.5	0.21	0.01	0.00	50% Superficie aziende biologiche
Coltivazione riso in asciutta				+			0.2	0	0.00	0.07	Innovazione,Reddito	10	0.00	0.00	0.14	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Biochar	0.80	+/-	+/-		***	**	6.5	5.2	0.00		Impianti, Logistica raccolta Assenza incentivi, competizione altri metodi	0	0.00	0.00	0.00	
Fertilizzazioni																
Localizzazione	0.00	+	+		***	**	6.5	0	1.89		Reddito, Meccanizzazione	10	0.00	0.03	0.00	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Tempi di distribuzione	0.00	+	+		***	**	6.5	0	1.89		Reddito, Meccanizzazione	10	0.00	0.03	0.00	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Lavorazioni e gestione dei residui																
Riduzione delle lavorazioni	0.15	+/-	+/-		**	**	3.9	0.58	0.00		Meccanizzazione, Controllo infestanti	10	0.21	0.00	0.00	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Semina su sodo	0.30	+/-	+/-		**	**	3.9	1.17	0.00		Meccanizzazione, Controllo infestanti	10	0.43	0.00	0.00	Assume un coefficiente di innovazione aziende agricole del 10%
Riduzione delle asportazioni di residui	0.10	-	-		***	*		0	0.00			16	0.00	0.00	0.00	corrisponde alla percentuale di residui raccolti su quelli raccoglibili
Bruciatura dei residui	0.20	+	+		***	*	0.8	0.16	0.75		Controllo fitosanitario	100	0.59	0.11	0.00	
Gestione acque																
Irrigazione	0.00	+/-	+		*	*	0.7	0	0.59			30	0.00	0.03	0.00	Corrisponde alla % di suoerfiicie con irrigazione a scorrimento
Drenaggio	0.00	+	+		*	*	0.4	0	0.67			100	0.00	0.10	0.00	
Set-aside e cambio d' uso del suolo													0.00	0.00	0.00	
Set aside	0.40	+/-	+/-	+	***	***	6.5	2.6	0.00		incentivi	0	0.00	0.00	0.00	
Abbandono per conservazione	2.50	+	+	-	***	***	6.5	16.3	1.89		incentivi	0	0.00	0.00	0.00	Corrisponde all' aumento percentuale di aree protette

Tabella 4.7 Potenziali di mitigazione di GHG sulle superfici coltivate italiane**.** Gli asterischi indicano l' evidenza scientifica (numero di pubblicazioni) e il consenso (effetti misurati concordanti). In assenza di dati misurati per N_2O si è assunto

4.6 Indicatori per la valutazione della fertilità del suolo

4.6.1 Valutazione dello stato del suolo

La qualità di un suolo è definita come la capacità di essere funzionale all'ecosistema per sostenere la produttività biologica e promuovere il benessere degli animali e dei vegetali (Doran e Parkin, 1994).

Le motivazioni alla base della valutazione dello stato della qualità dei suoli sono molte: saggiare la produttività agronomica, verificarne lo stato di fertilità a livello locale per lo sviluppo di progetti specifici, monitorare diffusamente il territorio allo scopo di controllare l'impatto dell'attività agricola e di sistemi di gestione a livello regionale o nazionale (Cairns et al., 1993).

La valutazione della qualità del suolo deve tener conto delle sue proprietà intrinseche e dinamiche secondo un approccio olistico. Per uno specifico sito, la valutazione è influenzata da diversi fattori, quali lavorazioni, avvicendamenti colturali, fertilizzazioni, tipi di suolo e condizioni climatiche (Shukla et al., 2006). *Test* di valutazione dello stato di salute del suolo si basano su indicatori che rappresentano processi rilevanti per la funzionalità del suolo e che dovrebbero misurare soprattutto proprietà molto sensibili ai cambiamenti indotti da tipi di gestioni diverse (Imaz et al., 2010). Gli obiettivi di tali *test* dovrebbero auspicalmente tendere a quantificare i tassi di degradazione della fertilità agronomica del suolo, definire e valutare le pratiche agronomiche, formare i tecnici coinvolti nel settore, creare un *database* dei suoli collegandone lo stato di fertilità al sistema di gestione (Idowu et al., 2008). Tali indicatori si basano sulla quantificazione di parametri direttamente misurabili.

Dei numerosi parametri misurabili e che svolgono un ruolo importante nel determinare la qualità di un suolo, quelli più strettamente correlati alle attività chimiche e biologiche (sia microbiche che autotrofiche) sono di primaria importanza. Per caratterizzare le qualità fisiche del suolo parametri quali la stabilità degli aggregati, la porosità (macro e micro) e l'acqua facilmente disponibile sono ritenuti ineludibili (Wilson et al., 2008; Sparling e Schipper, 2002); le proprietà chimiche e biologiche sono altrettanto importanti: disponibilità di nutrienti, pH, conducibilità elettrica, contenuto di sostanza organica nelle varie componenti, indicatori dell'attività biologica (quantità, tipologie, efficienza).

Accanto alla scelta degli indicatori più efficaci, un uso ottimale dei risultati ottenuti, richiede lo sviluppo di programmi interpretativi dei dati raccolti (Walter e Stützel, 2009), la definizione di valori *target* degli indicatori per i differenti tipi di suolo.

4.6.2 Indicatori visivi per il monitoraggio della qualità del suolo

Le metodologie dello stato di salute del suolo basate su indicatori visivi destano molto interesse per il loro basso costo e la facilità di applicazione. Fatti salvi possibili errori soggettivi, permettono di ottenere informazioni semi-quantitative di facile interpretazione: gli esiti della valutazione sono declinati in buone, medie o scarse condizioni dello stato fisico del suolo. Alcuni metodi, per evitare un numero eccessivo di repliche, non prevedono elaborazioni statistiche, altri, quali il ''*Whole Profile Assessment*'', sono piuttosto sofisticati e forniscono dettagliate informazioni del profilo totale del terreno. Il metodo VSA riunisce caratteristiche di semplicità e accuratezza: si basa sulla valutazione visiva di indicatori dinamici della qualità del suolo, in grado di mutare il loro valore sotto differenti regimi e pressioni di utilizzo, e di avvertire precocemente eventuali variazioni delle relative condizioni (Shepherd et al., 2008).

5 Settore Agro alimentare

Autori: Riccardo Valentini, Fabio del Bravo, Federico Chiani, Pierluigi Milone, Mauro Moresi, Flaminia Ventura

5.1 IL CONTRIBUTO DEL SETTORE AGRO-ALIMENTARE ITALIANO ALLE EMISSIONI DI GAS SERRA: SINTESI

L'impatto ambientale del sistema agro-alimentare, tenendo anche conto delle attività legate al consumo degli alimenti ed allo smaltimento degli scarti, è stato studiato in dettaglio per molti cibi basilari e per alcuni prodotti trasformati. Le metodologie maggiormente utilizzate sono quelle relative al ciclo di vita dei prodotti (*Life Cycle Analysis*) che, analizzando tutti i processi produttivi della filiera industriale, ad essi associa un valore di emissione al fine di costruire alla fine del processo il valore totale e l'impatto del prodotto, in questo caso nel bilancio dei gas serra.

Tra i numerosi studi sull'impatto ambientale dei cibi disponibili in letteratura, il maggior numero di essi si riferiscono ai Paesi scandinavi e sono solo con estrema cautela trasferibili alla situazione UE e a quella italiana, soprattutto a causa del mix energetico utilizzato in Svezia per produrre energia elettrica che è diverso da quello medio UE ed italiano, e delle particolari condizioni agronomiche e strutturali del sistema agro-industriale italiano.

Ci sono molte incongruenze nei dati di letteratura. Ad es., solo pochi studi coprono l'intero ciclo di vita dal campo alla forchetta (*farm-to-fork-life cycle*), mentre la maggior parte limitano lo studio dell'impatto ambientale alla sola produzione agricola ed ignorano l'impatto successivo dall'azienda agraria al consumatore finale.

Eppure, nonostante i dati disponibili siano ancora imprecisi, si sta sempre più diffondendo l'etichetta che riporta la quantità di CO_2 emessa per produrre 100 g di un generico alimento. Occorre rilevare che queste etichette, come pure gli strumenti informatici, quale i numerosi *Ecological Footprint Calculators*[37] disponibili *on-line*, che permettono di stimare attraverso quesiti a risposta multipla la propria impronta ecologica, dovrebbero essere utilizzati solo come elemento di paragone per orientare i comportamenti verso stili di vita meno inquinanti, dal momento che la quantità di CO_2 emessa è tuttora una misura non standardizzata.

Nonostante la difficoltà di reperire alcuni dati, anche in Italia, si è cercato di ricostruire il bilancio di gas serra della filiera agro-industriale italiana al fine di dare un primo contributo di conoscenza sulle componenti del settore, il loro impatto relativo sulla filiera e quindi approntare successivamente interventi di miglioramento per una maggiore sostenibilità dei prodotti.

Tale analisi è stata effettuata nell'ambito di uno studio, finanziato da ISMEA (AGRICARBON 2008), considerando diverse fonti di dati e statistiche nazionali ed internazionali. E' bene precisare che l'analisi delle emissioni di gas serra, effettuata in questa modalità, non può essere considerata ai fini della rendicontazione nazionale delle emissioni di gas serra nei confronti degli obblighi della Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (UNFCCC), che necessita di specifiche modalità di contabilizzazione come spiegato nei capitoli precedenti. Tuttavia l'analisi di filiera complessiva (non ricavabile direttamente dall'inventario delle emissioni) è interessante perché permette di quantificare il peso complessivo di un intero settore (come quello agro-alimentare) e di individuare elementi di debolezza ed intervento per una migliore sostenibilità ambientale. A questo si aggiunge un diretto coinvolgimento dei consumatori e dei produttori che, attraverso la certificazione dei prodotti, sono in grado, da un lato di fare scelte più indirizzate alla sostenibilità ambientale, dall'altro ad aumentare la propria competitività sui mercati internazionali.

5.1.1 Il bilancio nazionale

Complessivamente l'Italia ha un bilancio di emissioni di gas serra pari a 491 milioni di tonnellate di CO_2 equivalente[38] per l'anno 2009, così come comunicato alle Nazioni Unite nella presentazione del *National Inventory Report* (NIR) del 2011 (ISPRA 2011a).

37 www.ecologicalfootprint.com www//footprint.wwf.org.uk; www.zerofootprintkids.com/kids_home.aspx;

www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/calculators/; www.eatlowcarbon.org/Carbon-Calculator.html

[38] Con il termine di CO_2 equivalente (CO_2eq) si intende l'aggregazione di tutti i gas serra rapportati al potenziale di riscaldamento globale (*Global Warming Potential GWP*) della CO_2. Per il metano (CH_4) è stato assunto un valore di GWP pari a 21 volte quello della CO_2 e per il protossido di azoto (N_2O) è stato considerato un valore pari a 310 volte quello della CO_2.

Nonostante il NIR sia strutturato in categorie e settori di emissioni non è possibile estrarre il settore agroalimentare nella sua totalità. Il settore agricolo è rappresentato nel NIR in modo molto aggregato per tre voci di emissione: l'emissione dovuta all'impiego di combustibili nelle coltivazioni agricole, le emissioni associate all'industria manifatturiera e la produzione di gas serra nelle attività agricole di coltivazione e allevamento (esclusivamente metano e protossido di azoto). Sono esclusi ad esempio i trasporti associati alle merci agricole, le cui emissioni sono conteggiate in modo aggregato con tutti i trasporti italiani e le emissioni dal *packaging*.

Si riportano di seguito i risultati dello studio AGRICARBON che si riferisce all'anno 2007, in quanto tutte le statistiche relative ai trasporti, alla produzione agricola nazionale e del *packaging* industriali sono relativi agli anni 2005-2007. Nel 2007 le emissioni totali di gas serra italiane erano pari a 553 Mt CO_2 eq.

Per quanto riguarda la stima delle emissioni dovute alla produzione (*farm gate*), esse sono basate su pratiche agronomiche convenzionali e coefficienti di emissione ricavati da letteratura sia nazionale che internazionale. I trasporti delle merci agricole e le emissioni associate provengono da dati ISTAT ed EUROSTAT, queste ultime per quanto riguarda il commercio internazionale di prodotti agricoli. Per le trasformazioni industriali invece sono stati utilizzati i dati dell'inventario nazionale delle emissioni. Mentre la componente del *packaging* ha richiesto uno studio specifico, comunque sempre basato su dati del CONAI.

I seguenti dati permettono di stimare in modo aggregato e consistente tra tutti i comparti il ruolo del settore agro-alimentare sul bilancio nazionale di gas serra. Inoltre è stato possibile disaggregare all'interno del comparto agricolo diverse tipologie di colture e componenti del processo industriale.

Il bilancio complessivo delle emissioni del comparto agro-alimentare su scala nazionale è presentato nella tabella 5.1, di seguito illustrata.

Settore	Mt CO_2 eq
Produzione agricola[39,40]	**47,1**
Fermentazione enterica	**11,6**
Letame e reflui[41]	**6,86**
Trasporti	**19,84**
Trasformazione industriale[42]	**5,487**
Packaging	**13,1**
TOTALE	**103,987**

Tabella 5.1: Emissioni nazionali del comparto agro-alimentare.

Secondo i risultati di tale studio, il valore totale delle emissioni è pari a circa 104 Mt CO_2eq, ovvero il 19% delle emissioni di gas serra su scala nazionale. Le emissioni sono dominate dai fattori di produzione agricola, in secondo luogo dai trasporti e dagli allevamenti. Risulta di minore entità la trasformazione industriale in senso specifico alimentare, tuttavia se si aggiunge il *packaging*, le emissioni risultano comparabili con quelle dei trasporti

Per quanto riguarda le emissioni del consumatore, si può quindi stimare che il cittadino italiano per le sue necessità agro-alimentari è gravato da un consumo pari a 1.778 Kg CO_2eq/anno. Questo valore può essere confrontato con il valore complessivo delle emissioni pro-capite che era nel 2007 pari a 9.453 Kg CO_2eq/anno.

[39] Con il termine emissioni della produzione agricola si intendono tutte le emissioni di gas serra in seguito alle lavorazioni, irrigazione, concimazioni etc. fino al confine dell'azienda (*Farm gate*)
[40] Escluse foraggere
[41] Dato elaborato da NIR (ISPRA,2009)
[42] Dato elaborato da NIR (ISPRA,2009)

5.2 Carbon footprint: iniziative volontarie

Insieme all'impegno assunto dalle istituzioni nazionali e internazionali per il contenimento dell'effetto serra nell'ambito dell'UNFCCC e del successivo Protocollo di Kyoto vi è anche quello volontario intrapreso da organismi *profit o no-profit*, amministrazioni locali ed anche singoli individui che si pongono l'obiettivo di ridurre o azzerare le proprie emissioni. L'avvio a tali iniziative rappresenta spesso un investimento di *green marketing* per migliorare l'immagine dell'organizzazione distinguendola e rendendola maggiormente competitiva all'interno di una società sempre più attenta ai cambiamenti climatici dovuti alle emissioni antropogene di gas clima-alteranti.

A sostegno delle imprese, la comunità scientifica ha prodotto diversi *standard* per determinare l'impatto di un'organizzazione sul cambiamento climatico, questi strumenti se supportati dai principi dell'analisi del ciclo di vita, possono portare a grandi miglioramenti nelle performance non solo ambientali, ma anche economiche dell'organizzazione.

Il *Carbon Footprint* (CF) è uno degli strumenti (soprattutto nel settore agroalimentare) per il cambiamento climatico, un indicatore delle performance ambientali che indica l'emissione totale di CO_2 e altri gas ad effetto serra per i quali un individuo o un'organizzazione è responsabile. Esso quindi, rappresenta un metodo per misurare, monitorare, rendicontare, verificare le emissioni e le rimozioni di GHG a livello di un prodotto, un'organizzazione o un servizio ed è generalmente espresso in tonnellate equivalenti di anidride carbonica.

Tale sistema nasce in Gran Bretagna, il primo paese in cui le catene commerciali hanno iniziato a riportare sulle confezioni di vendita l'impronta della CO_2 per fornire informazioni sull'impatto climatico del prodotto. Il concetto che vi sta alla base si chiama *Life Cycle Assessment* (LCA) ossia calcolo del ciclo di vita; con questo sistema, infatti, si vanno a calcolare le emissioni che si realizzano durante tutto il ciclo di vita di un prodotto, dall'estrazione delle materie prime allo smaltimento dei rifiuti (*from cradle to grave*). Il calcolo tiene conto di ogni singola fase, compreso il trasporto da un soggetto della filiera produttiva a un altro, fino al supermercato e all'utilizzo da parte dell'utente finale.

Le ragioni principali per cui un'azienda calcola il *Carbon Footprint* sono:

- comunicare correttamente il CF a terzi;
- intraprendere, una volta calcolato il CF, un percorso virtuoso di ottimizzazione di processo al fine di ridurre le proprie emissioni.

Effettuando il calcolo del CF, l'azienda può beneficiare dei seguenti vantaggi:

- consolidare l'immagine dell'Azienda;
- differenziare il prodotto;
- migliorare le performance ambientali aziendali;
- identificare i processi con maggiori emissioni di CO_2 i relativi costi e i potenziali risparmi.

Quando si calcola l'impronta di carbonio di un'organizzazione, è importante provare a quantificare un range di fonti di emissioni il più ampio possibile per poter avere un quadro complessivo dell'impatto ambientale dell'organizzazione. Nel settore agroalimentare infatti hanno una rilevante importanza alcune categorie di impatto fra cui l'eutrofizzazione delle acque o l'acidificazione dei suoli. Inoltre per poter calcolare un *Carbon Footprint* credibile è necessario seguire una procedura strutturata e classificare tutte le possibili fonti di emissione. Una classificazione comune è raggruppare e riportare le emissioni il cui livello di controllo appartiene all'organizzazione, su queste basi le emissioni di GHG possono essere classificate in tre categorie:

1. *emissioni dirette da attività controllate dall'organizzazione.*

Più comunemente, le emissioni dirette che risultano dalla combustione di carburanti che producono CO_2, per esempio il gas impiegato per fornire acqua calda per il posto di lavoro. In aggiunta, qualche organizzazione potrebbe emettere direttamente altri gas ad effetto serra. Per esempio, nel settore agricolo, la produzione di alcuni prodotti chimici produce metano (CH_4) e l'uso di fertilizzanti porta all'emissione di ossido nitroso (N_2O);

2. *emissioni derivanti dall'uso di elettricità.*

I posti di lavoro generalmente utilizzano corrente elettrica per l'illuminazione e gli strumenti di lavoro. La generazione di elettricità deriva da una varietà di fonti, incluse il nucleare e le fonti rinnovabili. Circa il 74% dell'energia elettrica consumata in Italia deriva dall'impiego di combustibili fossili. Sebbene l'organizzazione non sia direttamente

responsabile del controllo delle emissioni, acquistando l'elettricità è indirettamente responsabile delle emissioni stesse che pertanto vanno conteggiate;

3. *emissioni indirette di prodotti e servizi.*

Ogni prodotto o servizio acquistato da un'organizzazione è responsabile di emissioni. Quindi, le modalità di impiego da parte dell'organizzazione dei prodotti o servizi influenza il proprio *Carbon Footprint*. Per esempio, un'azienda che trasforma un prodotto è indirettamente responsabile per il carbonio emesso durante l'estrazione e il trasporto delle materie prime. Le emissioni derivanti dalla smaltimento del prodotto sono altresì attribuibili in maniera indiretta all'organizzazione.

Individuare un *Carbon Footprint* che comprenda tutte e tre le categorie di emissioni può risultare difficoltoso, così come interpretare i risultati pubblicati dalle organizzazioni, spesso poco comparabili, poiché utilizzano approcci diversi per calcolare il *Carbon Footprint*. Inoltre in certe analisi il *Carbon Footprint* è espresso in funzione del tempo (per esempio i calcoli fatti per individui o organizzazioni misurati tipicamente su base annuale come nel caso di cicli colturali), mentre in altri casi, viene espresso in funzione di un'unità (per esempio i calcoli fatti per eventi o prodotti o nel caso agroalimentare per ettaro o per tonnellata di produzione). Infine, un'ultima problematica è rappresentata dal fatto che il *Carbon Footprint* di solito è calcolato per includere tutti i GHG ed è espresso in tonnellate di CO_2 equivalente, alcuni invece esprimono il loro *Carbon Footprint* solo in funzione della CO_2.

Uno studio al momento in fase di realizzazione determinerà quale approccio di calcolo della *Carbon Footprint* in ambito agroalimentare sia il più appropriato. In alcuni casi sarà possibile calcolare un CF di base, in altri sarà richiesto un processo molto più rigoroso. Per la maggior parte delle organizzazioni, la quantificazione del proprio *Carbon Footprint* di base è un'operazione abbastanza semplice che consiste sostanzialmente nel quantificare le emissioni dirette e le emissioni derivanti dall'impiego di energia elettrica ed escludere le altre emissioni indirette. Generalmente ci sono fonti facili da calcolare, come:

- impiego di carburante;
- impiego di sostanze chimiche (fertilizzanti, concimi, diserbanti, etc.);
- impiego di corrente elettrica;
- trasporti del personale.

Una volta determinato il *Carbon Footprint* di base, è possibile attuare politiche per gestire le emissioni:

- impostare e seguire obiettivi di efficienza energetica;
- identificare opportunità di riduzione delle emissioni;
- attribuire priorità, basate su criteri ambientali o economici;
- svolgere azioni per implementare le opportunità;
- monitorare l'efficacia delle azioni e migliorare dove necessario.

Calcolare un *Carbon Footprint* approfondito richiede un approccio molto più dettagliato del precedente, le 5 fasi per un approccio di questo tipo sono:

1. definire la metodologia. Le metodologie di riferimento sono contenute in *standard* internazionali,
2. specificare i confini del sistema. Essere chiari circa il tipo di emissioni che andranno quantificate (dirette, indirette, esterne);
3. raccogliere i dati sulle emissioni e calcolare il CF;
4. verificare i risultati (opzionale) tramite Organismo di Terza Parte;
5. comunicare il CF (opzionale).

5.3 Gli standard di riferimento

Gli standard da utilizzare per lo studio del *Carbon Footprint* fanno normalmente riferimento a quelli definiti dall'*International Organization for Standardization* (ISO-Organizzazione Internazionale per la Standardizzazione-

un'organizzazione non governativa, con sede a Ginevra, cui aderiscono attualmente 110 Paesi). Tale organizzazione suggerisce regole, linee guida, o caratteristiche relative a determinate attività o ai loro risultati, al fine di ottenere miglior ordine in un determinato contesto. Riguardo al contesto ambientale l'organizzazione per la standardizzazione ha realizzato le norme ISO 14000 specifiche per i sistemi di gestione ambientale. All'interno del gruppo delle 14000 sono stati poi inseriti i principi, le linee guida, i requisiti e gli *standard* per la definizione del ciclo di vita dei prodotti e delle organizzazioni.

Sviluppare questi strumenti in azienda costituisce una concreta opportunità per:

- aumentare la propria competitività: è possibile sviluppare nuovi *asset* per i prodotti e processi con assoluto rigore scientifico;
- entrare in nuovi segmenti di mercato proponendo prodotti che minimizzano l'impatto sul cambiamento climatico;
- migliorare l'immagine aziendale e la comunicazione con gli *stakeholder*: con il *Carbon Footprint* si può comunicare in modo chiaro il proprio impegno ambientale ed i risultati delle scelte effettuate;
- innovare e migliorare la propria strategia di *marketing* introducendo la variabile "*green*" e "*low-carbon*", al momento di determinante importanza nel settore agroalimentare;
- ottimizzare alcuni processi particolarmente dispendiosi come quello della gestione dell'energia o degli scarti di produzione;
- realizzare potenziali di risparmio economico grazie ad una pianificazione di interventi che riducendo il *Carbon Footprint* riducono le spese dell'azienda.

Le norme hanno anche lo scopo di individuare criteri univoci di valutazione al fine da permetterne una certificazione da parte di organismi terzi chiamati proprio a verificare e certificare che quanto dichiarato dall'impresa corrisponda al vero.

Le norme ISO 14000 sono *standard* accettati a livello internazionale che stabiliscono le modalità di attuazione di un'efficace sistema di gestione ambientale (*Environmental Management System*). Le norme sono progettate per affrontare il delicato equilibrio tra il mantenimento della redditività dell'impresa e la riduzione dell'impatto ambientale con il coinvolgimento dell'intera organizzazione aziendale. Il fine ultimo di queste norme è quello di contribuire alla protezione dell'ambiente e alla prevenzione dell'inquinamento in modo coerente con le necessità del contesto socio-economico.

L'introduzione di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), come descritto nella norma ISO 14001, ha per obiettivo quello di ottenere un miglioramento continuo delle prestazioni ambientali, nei tempi e nell'estensione determinati dall'organizzazione.

Anche se ci si può aspettare un certo miglioramento delle prestazioni ambientali, si deve capire che il SGA è uno strumento che consente all'organizzazione di raggiungere e di tenere sotto controllo sistematicamente il livello di prestazione ambientale prefissato dall'organizzazione stessa.

Le norme ISO 14000 sono state redatte in modo da essere applicate a organizzazioni di ogni tipo e dimensione e si adattano alle differenti situazioni geografiche, culturali e sociali. Sono applicabili da tutte le organizzazioni che desiderano:

1. applicare e migliorare un SGA ;
2. assicurarsi una stabile politica ambientale;
3. dimostrare la conformità a tale politica agli altri;
4. richiedere la certificazione/registrazione del proprio SGA presso un organismo terzo;
5. fare una auto-valutazione o una auto-dichiarazione di conformità alla presente norma internazionale.

Il sistema di gestione ambientale consente ad una organizzazione:

1. di stabilire una politica ambientale che le si adatti, che dovrebbe riflettere l'impegno della direzione a conformarsi alle leggi applicabili e a ricercare il miglioramento continuo. La politica è la base sulla quale l'organizzazione definisce i suoi obiettivi e i suoi traguardi ambientali e si riferisce ad attività, prodotti, servizi. Deve essere chiara, periodicamente riesaminata e revisionata, deve essere chiaramente definita la sua area di applicazione, deve essere diffusa a tutto il personale e essere disponibile al pubblico;

2. la pianificazione: l'organizzazione deve attivare una procedura per identificare gli aspetti ambientali delle proprie attività, prodotti e servizi e per individuare gli impatti significativi, che dovranno essere presi in considerazione nel successivo processo di definizione di obiettivi finali e intermedi. Questi obiettivi devono essere stabiliti e tenuti aggiornati in tutte le funzioni principali e a tutti i livelli rilevanti nell'ambito della organizzazione. Il perseguimento degli obbiettivi avviene attraverso la formulazione di un programma, che definisce tempi, risorse e assegni opportunamente le responsabilità. È indispensabile, nel corso del processo di pianificazione, tener conto dei requisiti legali e di eventuali codici di autoregolazione, e quindi assicurare l'accesso e l'aggiornamento della relativa documentazione. Un'organizzazione che non possegga alcun SGA, dovrebbe inizialmente effettuare un'analisi ambientale allo scopo di individuare tutti gli aspetti ambientali dell'organizzazione;

3. l'attuazione e il funzionamento: per attuare un programma ambientale è anzitutto necessaria un'organizzazione specifica. Si richiede la designazione di un responsabile del sistema di gestione ambientale, la definizione (documentata) dei ruoli e delle responsabilità, la disponibilità della risorse umane, tecnologiche e finanziarie necessarie. E' dato forte rilievo ai programmi di sensibilizzazione, istruzione e formazione. A questo proposito lo spirito delle norme ISO 14000 è che per portare avanti efficacemente i programmi ambientali occorrono persone competenti e consapevoli delle conseguenze delle loro attività sull'ambiente. L'organizzazione deve stabilire delle procedure per assicurare le comunicazioni interne fra tutti i livelli, le funzioni e le comunicazioni esterne per rispondere alle richieste delle parti interessate. Si richiede la messa a punto di una serie di controlli operativi e di procedure per identificare potenziali rischi di incidenti o situazioni di emergenza e mettere in atto, se ciò si verificasse, le azioni adeguate;

4. controlli e azioni correttive. Il sistema di gestione ambientale prevede essenzialmente quattro categorie di controlli e misure:
   a. il monitoraggio regolare dei parametri ambientali chiave delle operazioni e delle attività, anche in relazione agli obiettivi ambientali, il controllo periodico del rispetto delle leggi e dei regolamenti ambientali applicabili;
   b. la definizione di azioni correttive e preventive, per prevenire e gestire le non-conformità ed eliminarne le cause;
   c. stabilire procedure per l'identificazione, conservazione e rimozione delle registrazioni ambientali, che devono comprendere quelle relative all'addestramento, ai risultati degli *audit* e dei riesami;
   d. stabilire e mantenere attivi programmi e procedure per svolgere periodicamente *audit* per determinare la conformità della gestione a quanto pianificato, e verificarne la corretta applicazione.

   Le informazioni sui risultati degli *audit* vengono fornite alla direzione. Per essere complete, le procedure di *audit* devono comprendere: lo scopo e il campo d'applicazione, la frequenza, la metodologia, la responsabilità e i requisiti per l'esecuzione dell'audit e per il resoconto dei risultati.

5. il riesame della direzione: il *top management* dell'organizzazione deve condurre revisioni periodiche del sistema di gestione ambientale per verificarne le corrispondenza alle esigenze dell'organizzazione, l'adeguatezza e l'efficacia. La revisione deve prendere in esame anche la necessità di modificare la politica, gli obiettivi o altri elementi del sistema, alla luce dei risultati degli *audit*, di nuove circostanze e dell'impegno al miglioramento continuo.

Le norme ISO 14000 sono caratterizzate da una certa flessibilità, confermata anche dalle prescrizioni relative al rapporto di informazione e trasparenza con il pubblico. Non sono richieste forme particolari di documentazione: le norme si limitano a richiedere che la politica ambientale dell'organizzazione sia resa disponibile al pubblico e che vengano messi a punto e documentati processi di comunicazione esterna. Inoltre è prevista la possibilità di richiedere un apposito certificato in cui sono indicati marchio, localizzazione e attività dell'organizzazione. La certificazione è conferita da Organismi di Certificazione (O.d.C.) accreditati da un organismo di accreditamento che in Italia è il SINCERT (Sistema Nazionale di Certificazione) che verifica che essi siano conformi alle norme EN 45001.

Nel caso specifico delle emissioni di gas ad effetto serra, la loro valutazione viene effettuata attraverso LCA e le norme di riferimento ISO sono: la 14040:2006 che contiene i principi ed il quadro di riferimento per la valutazione di un LCA la

14044:2006 dove sono dettagliati i requisiti e le linee guida per l'esecuzione di un LCA; la 14064:2006 che contiene le specifiche e guida per la quantificazione e la rendicontazione delle emissioni di gas ad effetto serra e della loro rimozione. Tali specifiche sono fatte a livello di organizzazione (14064-1), a livello di progetto (14064-2) a livello di verificatori (14064-3).

5.3.1 ISO 14064

La necessità di promuovere trasparenza e credibilità nella quantificazione delle emissioni nonché la volontà delle imprese di identificare e gestire rischi e responsabilità legate alle emissioni nocive di gas ad effetto serra ha portato alla necessità di standardizzare gli aspetti della contabilità e della verifica dei processi di GHG.

I lavori per la messa a punto della norma internazionale ISO 14064 iniziarono nel 2002 con l'obiettivo di elaborare una norma universalmente riconosciuta e verificabile: in assenza di tale strumento, i governi, le industrie e le iniziative volontarie adottavano approcci differenti nei riguardi delle emissioni dei gas serra e del loro abbattimento. Per l'elaborazione della nuova norma, il comitato tecnico ISO responsabile della messa a punto della famiglia ISO 14000 sulla gestione ambientale ha coinvolto in uno studio sui cambiamenti climatici più di 170 esperti provenienti da 45 paesi.

Nel marzo del 2006, *l'International Organization for Standardization*, elabora e pubblica la ISO 14064.

L'obiettivo dell'ISO nello sviluppo degli *standard* per la contabilità e la verifica di GHG è di fornire un insieme dei requisiti inequivocabili e verificabili o specifiche di sostegno alle organizzazioni e ai proponenti di progetti di GHG suggerendo un metodo di quantificazione, di controllo e di verifica che accerta che "una tonnellata di carbonio sia sempre una tonnellata di carbonio".

La norma ISO 14064 è stata adottata e ora pubblicata come norma nazionale UNI ISO 14064, è suddivisa in tre parti che possono essere utilizzate separatamente o come utile insieme di strumenti integranti per rispondere ai diversi bisogni in materia di dichiarazione e verifiche delle emissioni dei gas ad effetto serra.

Parte 1: "*GHS Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*". Quantificazione e rendicontazione delle emissioni di GHG e le rimozioni attuate dalle organizzazioni. La parte 1 dell'ISO 14064, specifica i requisiti verificabili delle organizzazioni per progettare, sviluppare, gestire, rendicontare e verificare l'inventario di GHG, questa servirà alle organizzazioni che partecipano alle registrazioni volontarie e non, di progetti, programmi o schemi di GHG.

Parte 2: "*Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements*". Quantificazione, monitoraggio e rendicontazione dei miglioramenti nelle riduzioni e nelle rimozioni di emissioni derivanti da progetti relativi ai gas ad effetto serra. La parte 2 dell' ISO 14064, specifica i requisiti verificabili, per i proponenti dei progetti di GHG, nella progettazione, controllo, quantificazione, documentazione e rendicontazione delle prestazioni dei progetti, essa servirà alle organizzazioni che partecipano ai programmi volontari o agli schemi di accreditamento volontari e o amministratori che progettano tali programmi o schemi di GHG.

Parte 3: "*Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions*." Validazione e verifica delle affermazioni relative ai GHG. La parte 3 dell'ISO 14064, specifica i requisiti per selezionare i validatori/verificatori di gas ad effetto serra, per stabilire il livello di assicurazione, gli obiettivi, i criteri ed il campo di applicazione, per determinare l'approccio della validazione/verifica, per valutare i dati relativi ai gas ad effetto serra, le informazioni, i sistemi informativi ed i controlli, per valutare le asserzioni relative ai gas ad effetto serra e per preparare le dichiarazioni di validazione/verifica.

La norma UNI ISO14064-1/2/3 è neutrale rispetto ai programmi relativi ai gas ad effetto serra. Se un programma relativo ai gas serra è applicabile, i suoi requisiti sono da considerarsi aggiuntivi rispetto a quelli della UNI ISO14064.

Benefici introdotti con l'applicazione della UNI ISO14064:

- promuove la credibilità e la trasparenza della quantificazione, del monitoraggio e della rendicontazione delle riduzioni delle emissioni e allo stesso tempo promuove la loro sorveglianza, le verifiche e la redazione dei rapporti;

- permette alle imprese di identificare e di gestire i rischi e le responsabilità legate alle emissioni nocive di gas ad effetto serra;
- facilita la commercializzazione dei permessi e dei crediti di emissione;
- favorisce la progettazione, lo sviluppo e l'applicazione di iniziative e di programmi volti all'abbattimento degli inquinanti.

5.3.2 PAS 2050

Con riferimento alla CF di prodotto/servizio, mancano ancora *standard* internazionali condivisi. Il principale riferimento esistente è il PAS 2050:2008 "*Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*" redatto congiuntamente da BSI (*British Standard Institution*), DEFRA (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*), e CARBON TRUST

Oltre alla PAS 2050 è stata pubblicata una guida che illustra come applicare la norma "*Guidance to PAS 2050*"

La PAS 2050 prevede le fasi di:

- mappatura del ciclo di vita del prodotto definendo i vari passaggi e lo schema di flusso dettagliato, con bilanci di proprietà, fissando i confini dell'analisi;
- raccolta dati sulle quantità coinvolte nei vari passaggi e i relativi "*emission factors*";
- calcolo del *Carbon Footprint* vero e proprio;
- controverifica della precisione del risultato ottenuto.

La PAS 2050 si basa sull'approccio del ciclo di vita per il calcolo del *Carbon Footprint* e prende come riferimento la norma ISO 14040:2006 e la ISO 14044:2006 a garanzia della qualità complessiva della LCA effettuata per calcolare il CF associato ad un certo prodotto/servizio.

Vantaggi introdotti con l'applicazione della PAS 2050:

- permette la valutazione delle emissioni di GHG nel ciclo di vita del prodotto;
- permette un confronto di beni e servizi usando un approccio *standard* comune e riconosciuto per la valutazione delle emissioni;
- fornisce una base comune per le modalità in cui i risultati del ciclo di vita del prodotto possono essere riportati e comunicati;
- fornisce un'opportunità per una maggiore comprensione del ciclo di vita in base a cui prendere decisioni di acquisto e utilizzo di beni e servizi;
- fornisce un punto di riferimento per i programmi volti a ridurre le emissioni di GHG.

5.3.3 *Life Cycle Assessment* (LCA)

L'analisi LCA è una tecnica quantitativa che determina fattori d'ingresso e d'uscita dal ciclo di vita di ciascun prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali ed evidenziando alcuni aspetti altrimenti non visibili che consentano di rivedere e ottimizzare i processi migliorando le prestazioni ambientali e creando le premesse per la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (*Environmental Product Declaration*-EPD). Tale metodologia di valutazione ambientale applicabile in ogni settore industriale o di servizi fornisce una visione globale e dettagliata del sistema in osservazione, al fine di:

- evidenziare e localizzare le opportunità di riduzione degli impatti ambientali collegati alla vita dei prodotti;
- supportare decisioni interne in merito a interventi su processi, prodotti e attività;
- informare il pubblico in merito all'impatto ambientale legato al ciclo di vita dei prodotti mediante successiva convalida della Dichiarazione Ambientale di Prodotto;
- identificare linee strategiche per lo sviluppo di nuovi prodotti o servizi;
- paragonare tra loro prodotti con la medesima funzione;
- migliorare le relazione con le istituzioni;
- valutare e confrontare gli effetti legati a diverse politiche ambientali e di gestione delle risorse;
- ottenere il marchio di qualità ecologica per il sistema prodotto cui l'analisi si riferisce;
- approfondire la valutazione ambientale del sistema di prodotto nel contesto di un'analisi ambientale per il Sistema di Gestione Ambientale-EMAS o ISO 14001.

La struttura di un'analisi LCA è suddivisa in quattro momenti principali:

1. definizione degli obiettivi e del campo di applicazione: è la fase preliminare in cui sono definiti gli obiettivi e il campo di applicazione dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno di dati, le assunzioni e i limiti, chi esegue e a chi è indirizzato lo studio, quale funzioni o prodotti si studiano, i requisiti di qualità dei dati. Questa fase preliminare è indubbiamente critica in quanto determina tutta la successiva impostazione LCA. E' evidente infatti che ad ogni applicazione del metodo corrisponderà un approccio diverso al problema e quindi una diversa esecuzione dell'LCA stessa: diverso è il modo di procedere a seconda che al centro della valutazione ci sia un processo produttivo o un prodotto o ancora se l'uso è di pianificazione aziendale o strategica. In questa fase problematica sarà la scelta dell'unità funzionale intesa come parametro cui riferire tutti gli elementi che compongono il bilancio ambientale del sistema in esame. La scelta dovrà esser fatta ricordando che per unità funzionale occorre intendere la prestazione quantificata e per questo misurabile e oggettivamente riscontrabile di un prodotto, da utilizzare come unità di riferimento in uno studio di LCA;

2. analisi d'inventario (*Life Cycle Inventory*-LCI): consiste nella raccolta di dati e nelle procedure di calcolo volte a quantificare i flussi in entrata e in uscita rilevanti di un sistema di prodotto, in accordo all'obiettivo e al campo di applicazione. Verranno quindi identificati e quantificati i consumi di risorse (materie prime, acqua, prodotti riciclati), di energia (termica ed elettrica) e le emissioni in aria, acqua e suolo, arrivando così al termine a strutturare un vero e proprio bilancio ambientale. Per la redazione di quest'ultimo dovrà essere controllata la qualità dei dati, in quanto è su quest'ultima che si fonda la validità e l'attendibilità di tutto lo studio di LCA. I dati raccolti potranno essere distinti in 3 categorie: dati Primari (provenienti da rilevamenti diretti); dati Secondari (ricavati dalla Letteratura come data base e da altri studi); dati Terziari (provenienti da stime e da valori medi);

3. valutazione degli impatti (LCA): la valutazione dell'impatto del ciclo di vita ha lo scopo di valutare la portata dei potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. La valutazione che occorrerà compiere prevede: a.) la classificazione e l'aggregazione degli impatti come i consumi di materie e di energia così come i composti che formano le emissioni in aria acqua e suolo vengono aggregati in funzione degli effetti che possono procurare sull'ambiente e in funzione della rilevanza di ciascuno; b) la valutazione degli impatti: una volta individuati e aggregati gli impatti sarà necessario stabilire delle scale di valore per ciascun impatto;

4. interpretazione: è un procedimento sistematico volto all'identificazione, qualifica, verifica e valutazione dei risultati delle fasi di inventario e di valutazione degli impatti, al fine di presentarli in forma tale da soddisfare i requisiti dell'applicazione descritti nell'obiettivo e nel campo di applicazione, nonché di trarre conclusioni e raccomandazioni. Questa fase può essere suddivisa nei seguenti punti:
   - identificazione: i dati provenienti dalle prime fasi dell'LCA (principali *input*, *output* e impatti potenziali) vengono analizzati e comparati con quanto previsto nella "*Goal Definition and Scooping*";
   - valutazione: lo studio di LCA compiuto viene sintetizzato e i suoi risultati diffusi e resi noti. La valutazione si fonderà sulle seguenti verifiche:
     - ✓ verifica della completezza dei dati e dei risultati;
     - ✓ verifica delle analisi di sensitività, si faranno cioè variare i parametri utilizzati (*input, output*, categorie d'impatto potenziale) per osservare poi gli effetti che si generano sul risultato finale;
     - ✓ verifica della consistenza: si accerta il livello di rispondenza tra i risultati conseguiti e gli obiettivi dello studio posti in fase preliminare e durante le fasi d'inventario e valutazione;
     - ✓ conclusioni-raccomandazioni - rapporto finale: si traggono le conclusioni dello studio fatto e si raccomanda circa la stesura del report finale dell'LCA: in base a quanto eventualmente emerso si predispongono eventuali azioni di miglioramento al prodotto o sistema considerato.

Rispetto alla metodologia descritta, sarà possibile poi affrontare il problema in modo più o meno approfondito e decidere, di conseguenza per uno dei seguenti tipi di LCA:

1. LCA Concettuale: viene utilizzata in modo strategico solo nelle prime fasi, tralascia di conseguenza numerosi aspetti della vita del prodotto e non entra in dettaglio nelle differenze con altri prodotti;
2. LCA Preliminare: pur non prendendo in considerazione tutta la vita del prodotto, entra sufficientemente nel dettaglio permettendo così la comparazione tra più prodotti;
3. LCA Completa: rappresenta la metodologia applicata in ogni suo punto, rappresenta la miglior base per sviluppare, come vedremo, etichette ecologiche e approntare miglioramenti di propri prodotti.

L'LCA, quindi, è fondamentalmente una tecnica quantitativa che permette di determinare fattori d'ingresso (materie prime, uso di risorse, energia, ecc) e d'uscita (scarichi idrici, produzione di rifiuti, emissioni inquinanti) dal ciclo di vita di ciascun prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali. Attraverso lo studio di un LCA si finiranno allora con l'individuare le fasi e i momenti in cui si concentrano maggiormente le criticità ambientali, i soggetti che dovranno farsene carico (produttore, utilizzatore, ecc) e le informazioni necessarie per realizzare gli interventi di miglioramento.

A differenza d'altri metodi di valutazione ambientale, la LCA si concentra sul tema economico e sui risultati che esso produce che possono essere definiti in termini di benefici, funzioni o servizi. Per produrre tali risultati, il sistema economico richiede risorse di materiali ed energia e genera emissioni nell'aria, nell'acqua e nel suolo. L'insieme delle risorse e delle emissioni rappresenta l'impatto ambientale del sistema economico. Da ciò discende il ruolo della gestione ambientale: aumentare l'efficienza del sistema economico diminuendo l'impatto ambientale.

Le applicazioni di LCA riguardano:

- confronto tra sistemi alternativi di prodotto e produzione con la medesima funzione;
- confronto degli impatti ambientali di un prodotto con uno *standard* di riferimento;
- ~~i~~dentificazione degli stadi del ciclo di vita di un prodotto che presenta l'impatto ambientale dominante;
- confronto tra sistemi alternativi per la gestione di rifiuti;
- riduzione dei costi tramite l'individuazione d'aree dove realizzare economie o livelli maggiori d'ottimizzazione;
- comunicazione d'informazioni ambientali.

Diretta conseguenza della valutazione del ciclo di vita è la Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD), uno schema di certificazione volontaria di prodotto, nato in Svezia ma di valenza internazionale, sviluppato in applicazione della UNI ISO 14025:2006 "Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure": in essa sono contenuti i requisiti e, quindi, le modalità e i contenuti del sistema EPD.

A livello internazionale la metodologia LCA è regolamentata dalle norme ISO 14040 in base alle quali uno studio di valutazione del ciclo di vita prevede: la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'analisi (ISO 14041), la compilazione di un inventario degli *input* e degli *output* di un determinato sistema (ISO 14041), la valutazione del potenziale impatto ambientale correlato a tali *input* ed *output* (ISO 14042) e infine l'interpretazione dei risultati (ISO 14043).

5.3.4 ISO 14040

Il riferimento normativo internazionale per l'esecuzione degli studi di LCA è rappresentato dalle norme ISO della serie 14040 che descrive come realizzare uno studio di LCA completo per qualsiasi tipologia di prodotti, non si tratta dunque di norme specifiche di prodotto, ma di norme contenenti requisiti generali applicabili a tutti i prodotti, indipendentemente dalla loro natura.

La UNI EN ISO 14040 è la norma principale della serie in quanto specifica la struttura dello studio di LCA, i principi e i requisiti per condurre lo studio e per poi diffonderlo mediante *report*, non entra però nel merito dei dettagli specifici delle tecniche di valutazione.

La definizione dell'obiettivo dello studio di LCA e dei suoi confini è trattata, insieme alla successiva fase di analisi dell'inventario dei flussi in entrata ed in uscita dal sistema, nella UNI EN ISO 14041. È in questa fase che prende forma lo studio di LCA, andando innanzitutto ad individuare la ragione per la quale si effettua lo studio, identificando poi il sistema attorno al quale costruire lo studio, con le opportune limitazioni, e tutti i dati utili alla compilazione dell'inventario dei flussi, prendendo in considerazione tutti i processi che caratterizzano il sistema.

La UNI EN ISO 14042 tratta la valutazione degli impatti associati ai flussi dell'inventario della fase precedente. In questa fase si studia la significatività degli impatti ambientali del prodotto, costruendo così un modello basato su indicatori di categoria rappresentativi degli impatti legati alle emissioni (flussi in uscita) oppure all'utilizzo delle risorse naturali (flussi in ingresso).

La conclusione del processo è la fase di interpretazione dei risultati, trattata nella UNI EN ISO 14043, in cui si quantificano gli impatti permettendo dunque eventuali studi comparativi per valutare la maggiore sostenibilità ambientale di un prodotto rispetto ad un altro, o di un rinnovato ciclo produttivo rispetto al ciclo precedente. È la fase in cui la valutazione del ciclo di vita conduce a risultati misurabili che possono essere di supporto al processo decisionale, soprattutto se utilizzati in combinazione alle opportune valutazioni tecnico-economiche.

La serie ISO 14040 si completa infine con alcuni rapporti tecnici che costituiscono ottimi supporti per l'applicazione delle norme: l'ISO/TR 14049 riporta esempi di analisi dell'inventario secondo la ISO 14041, l'ISO/TR 14047, in fase di elaborazione a livello internazionale, riporta esempi di valutazione degli impatti, mentre per l'interpretazione dei risultati l'ISO/TR 14048, anch'esso ancora allo studio, definisce il formato dei dati per la presentazione dei risultati dello studio in maniera omogenea.

5.3.5 *Carbon Footprint* e *marketing*

Il *Carbon Footprint* può diventare un forte strumento di *marketing*. Comunicando, attraverso le etichette, le attività relative alla riduzione delle emissioni si può offrire evidenza dello sforzo fatto dall'organizzazione per migliorare il rapporto efficienza/riduzione dei costi portando elementi nuovi di differenziazione rispetto alle imprese concorrenti e soprattutto consolidando sia il posizionamento dei marchi di impresa, sia la sua stessa reputazione.

Nell'ambito della comunicazione relativa al *Carbon Footprint* è da segnalare l'istituzione da parte delle *Authority* inglese *Carbon Trust*, di due marchi uno legato alle organizzazioni ed uno ai prodotti (entrambi già abbondantemente applicati al settore agroalimentare):

1. Il marchio *Carbon Trust Standard* (per le organizzazioni);
2. Il marchio *Carbon reduction Label* (per i prodotti/ servizi).

Il riferimento metodologico per il marchio *Carbon Trust Standard* (per le organizzazioni) è costituito dalle "*the Carbon Trust Standard Rules*" che fanno riferimento alla norma ISO 14064 o al *GHG Protocol Corporate Standard* che rappresenta lo *standard* di riferimento per le organizzazioni nelle fasi di inventario, contabilizzazione e reporting dei 6 gas serra coperti dal protocollo di Kyoto. Le organizzazioni che adottano lo *standard* intraprendono reali azioni per ridurre le proprie *Carbon Footprint*.

Il marchio *Carbon reduction Label* (per i prodotti/servizi) comunica la quota di CO_2 e altri gas serra emessi lungo l'intero ciclo di vita di un prodotto. Il riferimento metodologico per tale certificazione è rappresentato dalla PAS 2050. Le aziende che etichettano i loro prodotti e servizi si impegnano a ridurre il loro *Carbon Footprint*.

Altro strumento utilizzabile per la comunicazione della *Carbon Footprint* è la Dichiarazione Ambientale di Prodotto, uno strumento di comunicazione regolato dalla norma ISO 14025: Etichette e dichiarazioni ambientali. Dichiarazioni ambientali di III tipo.

6 Settore Forestale

Autori: Romano Raoul, Alisciani Federica, Barbati Anna, Carbone Francesco, Cesaro Luca, Colletti Lorenza, Corona Piermaria, D'Aprile Fabrizio, Di Pietro Fabio, Marchetti Marco, Perugini Lucia, Pettenella Davide, Pompei Enrico.

6.1 Le Foreste e il settore forestale in Italia

Le risorse forestali e in particolare la loro gestione, hanno nei secoli rappresentato per le economie dell'Italia rurale e montana, una importante fonte di ricchezza e occupazione. Ad iniziare dalla metà del XX secolo le foreste hanno gradualmente assunto un ruolo sempre meno rilevante nell'economia nazionale e locale, a seguito del minore interesse e utilizzo dei prodotti e degli assortimenti legnosi e del progressivo abbandono delle aree rurali e montane, che hanno comportato una progressiva diminuzione delle attività imprenditoriali legate alla selvicoltura e alla pastorizia, con conseguenti problemi nella gestione del territorio e di dissesto. Va comunque ricordato che al progressivo aumento della superficie forestale – quasi raddoppiata in meno di un secolo (ISTAT- Annuario statistico italiano) si è associata una riduzione nelle utilizzazioni e negli investimenti privati.

Alla funzione produttiva, storicamente riconosciuta al bosco, si affiancano oggi altre funzioni a cui la società moderna attribuisce un valore sempre maggiore. I servizi richiesti alle foreste risultano profondamente diversificati e il un numero di "utenti" è sempre più crescente. Tali servizi risultano spesso non facilmente conciliabili tra loro e, soprattutto nei contesti fortemente antropizzati come quello italiano, non sempre possono integrarsi e trovare soluzioni favorevoli senza l'intervento pianificatorio e gestionale dell'uomo (Cesaro, 2009).

Come sintetizzato nella tabella successiva, si possono principalmente riconoscere i seguenti Servizi Ecosistemici (SE), o Funzioni principali, intimamente collegate tra loro e svolte dai boschi e dalle foreste

SE - Funzione	Principali esternalità generate
Produttiva (storica)	Produzione di materie prime rinnovabili (legname, cellulosa, bioenergia) Fornitura di prodotti non legnosi;
Protettivo-ambientale	Depurazione dell'aria e filtro degli inquinanti e delle polveri; Emissione di ossigeno e assorbimento di anidride carbonica; Miglioramento del microclima e stabilizzazione climatica; Depurazione e regimazione delle risorse idriche; Limitazione dell'erosione dei suoli e dei versanti;
Ecologico-conservativa e paesaggistica	Contenimento dei fenomeni di desertificazione; Conservazione della biodiversità animale e vegetale; Mantenimento del valore del paesaggio;
Socio-culturale	Servizi storico-culturali, turistico-ricreativi e igienico-sanitari.

Affinché queste funzioni possano essere assicurate e i boschi italiani possano fornire beni e servizi a un numero di utenti sempre maggiore, risulta necessario:

- incentivare una gestione forestale attiva secondo i criteri di Gestione Forestale Sostenibile definiti dalla MPCFE (*Ministerial Conference for Protection of Forest in Europe*, oggi *Forest Europe);*
- promuovere un Approccio Ecosistemico (*Ecosystem Approach*) per la conservazione e l'utilizzo delle risorse naturali.

Inoltre, è necessario perfezionare le metodiche di stima del valore economico totale (VET) del bosco, riconoscendo ai proprietari e gestori forestali i valori indiretti riferiti ai servizi senza prezzo erogati da una corretta gestione forestale. In particolare le improcrastinabili azioni per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici devono trovare oggi, il giusto equilibrio tra sviluppo socioeconomico e salvaguardia dell'ambiente, tra utilizzo economico delle risorse naturali e tutela del territorio e del paesaggio nel lungo periodo, ponendo particolare attenzione alla maggiore criticità nazionale legata alla degradazione del suolo delle pianure e delle aree costiere, in contrasto con l'abbandono degli spazi rurali di collina e di montagna.

6.1.1 Caratteristiche principali delle risorse forestali nazionali

L'inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio-INFC del 2005 ha rappresentato uno strumento importante per il riassetto delle informazioni relative alle caratteristiche delle risorse forestali nazionali (fino ad allora incomplete o difformi tra le Regioni) e dell'indotto ad esse collegate, oltre che essere una fonte di primaria importanza per la realizzazione delle banche dati previste dal "Registro Nazionale dei serbatoi di carbonio Agro-Forestali". In questo senso l'Inventario rappresenta un primo importante strumento per l'armonizzazione delle statistiche nazionali del settore forestale, soddisfacendo inoltre la domanda informativa posta dalle esigenze dell'attività di *reporting* ad organismi internazionali, europei e globali tra cui il *Forest Resources Assessment* (FRA) della FAO.

L'aggiornamento previsto dell'Inventario permetterà di valutare l'evoluzione non solo della superficie forestale, ma anche della diversità fisionomica delle formazioni dovuta a caratteristiche geografiche, geomorfologiche, pedologiche e climatiche del territorio, nonché delle superfici soggette a vincolo e della natura delle proprietà forestali.

Nella tabella 6.1 riportiamo una sintesi dei principali risultati emersi dal processo inventariale, rimandando per maggiori approfondimenti al sito ufficiale in cui vengono presentati in dettaglio i dati rielaborati dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio.

(http://www.sian.it/inventarioforestale/jsp/risultati_introa.jsp.)

Superficie Forestale Nazionale (10.467.533 ha 34,74% della superficie totale nazionale)
Paesaggio forestale diversificato. Vicinanza di aree agricole in prossimità di margini forestali (44,4%), di praterie, pascoli e incolti (28,0%), di zone aperte con vegetazione rada o assente (8,7%) di acque (4,7%), di zone umide (0,9%).
Superficie forestale interessata dalla presenza di "infrastrutture": 1.854.659 ha, corrispondente al 17,7% della superficie totale.
Proprietà: 63,5% privata, 32,4% pubblica (di cui 65,5% Comuni e Province, 23,7% Demanio statale e regionale, 8,3% altri enti pubblici), (il 4% della superficie non è stata classificata).
Pianificazione: l'86,6% della superficie è regolamentata da forme di pianificazione - Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale (PMPF), presenza di pianificazione di orientamento oppure presenza di pianificazione di dettaglio.
Vincolo idrogeologico: 80,9% della superficie.
Disponibilità al prelievo legnoso: l'81% della superficie nazionale (8.510.104 ha) non è soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali dovute a norme, vincoli o a cause di tipo fisico.
Macrocategoria Bosco (8.759.200 ha, 83,7% della superficie forestale nazionale)
Densità boscosa: dal 62,6% della Liguria (Trentino 60,5%) al 7,5 % della Puglia (Sicilia 10,0%). Il 67,5% della superficie a Bosco è costituito da formazioni con copertura totale superiore all'80%;
Proprietà: 66,2% privata (individuale per oltre il 79%; società e imprese per il 6,2%, altri enti privati per il 4,5%).
Vincolo idrogeologico: 87,1% della superficie. Il 76,9% dei soprassuoli Bosco non risultata interessata da "fenomeni di dissesto".
Possibilità di prelievo legnoso: 88,4% non soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali.
Cedui: , 41,8% (3.663.143 ha) della superficie Bosco nel Centro Italia (predominanza di castagno, carpino e querce nei boschi di collina, di faggio nei boschi montani, sia alpini sia appenninici).
Proprietà dei cedui: 69% privata.
Fustaie: 36,1% (3.157.965 ha) della superficie Bosco, di cui quasi il 50% costituito da formazioni pure di conifere, (abete rosso, abete bianco, larice e pini montani e mediterranei). Le fustaie di conifere più produttive, sono localizzate nelle Regioni del Nord-Est (Veneto, Trentino Alto Adige e Friuli Venezia Giulia).
Proprietà delle fustaie: 47% privata.
Tipi colturali speciali: 1,3% (118.311 ha) della superficie Bosco e con marcata localizzazione in senso geografico(castagneti da frutto, noceti e sugherete).
Boschi alti: 8.584.016 ha, 98% della superficie macrocategoria Bosco;
Cedui matricinati: 28%, popolamenti prossimi al turno di utilizzazione o invecchiati (gli stadi adulto e invecchiato rappresentano infatti l'89% dell'intera superficie governata a ceduo).
Cedui a sterzo: 21.471 ha, marcata localizzazione in senso geografico (otto Regioni su ventuno);
Fustaie coetanee: 15,8% dei Boschi alti, di cui il 55,6% si trova in uno stadio di sviluppo giovane o adulto, il 35,1% mature o stramature, con circa 530.000 ha.
Fustaie disetanee: 13,5% dei Boschi alti.
Popolamenti a prevalenza di latifoglie: 68% della superficie categoria Boschi alti;
Formazioni più diffuse: Boschi di rovere, roverella e farnia, Faggete, Castagneti e Boschi di cerro, farnetto, fragno e vallonea, che superano ciascuna il milione di ha. La predominanza dei boschi di latifoglie è comune in tutte le regioni, ad eccezione di alcuni contesti alpini (Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige).
Popolamenti a prevalenza di conifere: 13,3% della superficie categoria Boschi alti;
Formazioni più diffuse: l'Abete rosso con un'estensione di 586.082 ha corrispondono al 6,7% della superficie totale della categoria Boschi alti.
Impianti di arboricoltura: 1,14% (122.252 ha) della superficie categoria Boschi alti, di cui 84% latifoglie in purezza con prevalenza di Pioppeti artificiali (66.269 ha), piantagioni di altre latifoglie con prevalenza di latifoglie nobili ed eucalipti (40.985 ha).
Altre terre Boscate (1.708.333 ha)
Arbusteti: Prevalentemente Macchia e Arbusteti mediterranei, in cui per il 60.3% della superficie prevalgono formazioni con copertura totale superiore al 50% e per il 38,6% copertura maggiore dell'80%.
Disponibile al prelievo legnoso: 45,1% non soggetta a limitazioni significative delle attività selvicolturali.
Aree boscate inaccessibili o non classificate (398.000 ha).

Tabella 6.1 – Caratteristiche dei boschi in Italia

6.1.2 Parametri socio-economici delle foreste

L'ISTAT rappresenta la fonte quasi esclusiva per i dati riguardanti i parametri socio-economici dei boschi italiani e della filiera foresta-legno (utilizzazioni boschive, prezzi dei prodotti forestali, *import-export*, occupazione, dati sulle imprese, ecc.). A causa delle difformità presenti nei procedimenti amministrativi condotti a livello regionale (in quanto si tratta spesso di informazioni su scala regionale e/o sub regionale), i dati sui prelievi legnosi a disposizione, sebbene ufficiali, risultano poco affidabili e sensibilmente sottostimati (in particolare quello dell'utilizzazione dei cedui). Una riorganizzazione di questi processi sarebbe sicuramente opportuna quanto necessaria e urgente, anche avvalendosi delle nuove metodologie informatiche oggi disponibili. A parziale integrazione, pur non trattandosi di fonti statistiche ufficiali, vanno ricordati i dati di produzione industriale e di performance economica pubblicate annualmente dalle principali associazioni di categoria nel settore legno-mobile, carta ed editoria.

Il patrimonio boschivo nazionale costituisce la base della complessa filiera foresta-legno, in cui si possono distinguere due entità separate: le utilizzazioni forestali e le industrie di lavorazione del prodotto legno. Il mercato che ad esse afferisce è cambiato radicalmente negli ultimi 50 anni, caratterizzato sempre più dalla forte crescita di richieste sia di assortimenti pregiati per l'industria del mobile che di legna da ardere. In particolare il consumo di quest'ultimo prodotto è in realtà notevolmente maggiore di quanto risulti dall'analisi dei dati ufficiali. Infatti, a fronte di un consumo stimato - su base campionaria e a livello domestico – pari a circa 20 milioni di tonnellate l'anno, il consumo apparente basato sulle statistiche ufficiali di produzione, importazione ed esportazione è pari solamente a circa un quarto rispetto al precedente dato, circa 5 milioni di tonnellate.

Con riferimento alle utilizzazioni forestali (circa 6-10 Mm^3/anno, secondo le statistiche ufficiali) i dati disponibili evidenziano negli ultimi decenni una progressiva e continua diminuzione nell'approvvigionamento nazionale. Nel solo quinquennio, 2000-2004, vi è stato un calo di oltre il 10% rispetto al decennio precedente della quantità di materiali legnosi prelevati dai boschi, arrivando nel 2007 a un prelievo di 5,5 milioni di metri cubi (di cui 3,6 legna da ardere), con una riduzione del 24,2% rispetto all'anno precedente. L'unica categoria in costante aumento è quella delle utilizzazioni fuori foresta, che passa dal 2% nel 1985, a quasi 20% delle utilizzazioni forestali nazionali, a testimonianza del sempre più scarso tasso di prelievo dalle foreste naturali e seminaturali, e nell'utilizzo delle produzioni legate alle piantagioni (soprattutto la pioppicoltura). Per il 2009, l'ultimo anno disponibile, il prelievo si attesta sui 7,5 milioni di metri cubi (di cui 5,0 di legna da ardere).

La produzione interna di legname è in grado di alimentare solamente il 20% del fabbisogno nazionale, sebbene l'incremento annuale della massa legnosa dei boschi italiani sia molto maggiore della quantità di massa annualmente utilizzata. Peraltro, ciò non va semplicisticamente interpretato deducendo che nel nostro Paese esista attualmente la possibilità di un aumento generalizzato dei prelievi legnosi: sotto il profilo bioecologico, le provvigioni legnose sono infatti ancora relativamente deficitarie per una significativa parte del patrimonio forestale nazionale. In varie situazioni esistono comunque condizioni idonee e potenziali per una valorizzazione qualitativa nel lungo periodo, dei prodotti, e per un calibrato aumento delle utilizzazioni legnose, sia in foresta che fuori foresta. Ciò deve ovviamente essere valutato caso per caso, in una logica di sostenibilità e attraverso gli strumenti della pianificazione forestale (Corona e Berti, 2010).

Esistente quindi, un evidente squilibrio tra i dati annuali di utilizzazioni e l'elevato consumo interno di materia prima. Ciò ha comportato un incremento nell'approvvigionamento dall'estero del materiale legnoso grezzo e semilavorato, che negli ultimi 10 anni ha riguardato principalmente tronchi e segati di conifere (6 a 8 milioni di m^3/anno), seguito da latifoglie provenienti da aree temperate e tropicali (rispettivamente da 3 a 5 milioni di m^3/anno e da 500 a 700 mila m^3/anno).

Negli ultimi anni si è però registrato un progressivo e significativo calo nell'*import* di legname grezzo e semilavorato (circa il 20% in meno nel 2008 rispetto al 2007), e un aumento nelle importazioni di prodotti finiti. Questo *trend* assume i maggiori valori nella filiera legna-mobile, l'eccellenza nazionale del settore italiano, per la quale si osserva anche una crescente scelta nella delocalizzazione delle industrie di trasformazione verso paesi esteri. Questa "migrazione" genera un processo sempre più critico sull'occupazione di settore e sulle utilizzazioni, con conseguente degrado e abbandono dei boschi nazionali storicamente e potenzialmente produttivi.

6.2 Il ruolo delle foreste nel ciclo del carbonio

Il ciclo del carbonio è il ciclo biogeochimico attraverso il quale il carbonio viene scambiato tra la geosfera, l'idrosfera, la biosfera e l'atmosfera della terra, quest'ultime considerate a tutti gli effetti riserve di carbonio (*carbon sink*), dove le dinamiche di interscambio sono legate a processi chimici, fisici, biologici e geologici. Il bilancio del carbonio di un sistema biologico e del suo ambiente fisico, ovvero il bilancio degli scambi di massa, tiene conto degli ingressi (*input*), delle uscite (*output*) e dell'immagazzinamento (*storage*) del carbonio nei suoi vari compartimenti. I confini del sistema possono riferirsi a organismi semplici (singoli alberi), a popolamenti ed ecosistemi forestali arrivando fino a intere regioni e all'intero pianeta (Apps *et* Price, 1996). Fra tutti questi livelli esistono connessioni ed interrelazioni sia a livello eco-biologico che di scambi (Ehleringer e Field, 1993).

Un attento esame del bilancio di carbonio di uno specifico ecosistema e/o di una determinata area può fornire informazioni utili sul suo funzionamento come "fonte e consumatore" di biossido di carbonio. In questo contesto, gli ecosistemi forestali svolgono un ruolo fondamentale grazie alla fotosintesi e alla respirazione, essendo in grado di immagazzinare nella biomassa viva e morta e nel suolo una maggiore quantità per unità di superficie di carbonio atmosferico. Le foreste costituiscono infatti delle popolazioni naturali di organismi vegetali il cui accrescimento, in termini di biomassa e numero di individui, è strettamente connesso ai fattori ambientali limitanti. In generale la determinazione del contributo degli ecosistemi forestali al ciclo globale del carbonio deve confrontarsi con le difficoltà legate ad una stima di tutte le sue componenti, sia epigee (fusto, rami, foglie) che a livello del suolo (lettiera, *humus*, radici).

Le foreste agiscono quindi come *carbon sink* quando il bilancio netto tra la CO_2 assorbita e quella emessa in atmosfera è positivo; per esempio ciò avviene quando il soprassuolo forestale ristabilisce una condizione di equilibrio dopo una perturbazione (taglio, incendio, ecc.). Al contrario le foreste divengono *carbon source*, cioè fonte di CO_2 e altri gas-serra (metano, ossido carbonio e ossidi di azoto) quando la respirazione e l'ossidazione totale delle piante, del suolo e del materiale organico eccedono la produttività primaria netta (per esempio nel caso dei processi di deforestazione e degradazione forestale, prelievi di legna da opera e da ardere e mortalità delle piante). Anche il legno prelevato dal bosco e trasformato in prodotti legnosi costituisce uno *stock* di carbonio (extraboschivo). Questo aumenterà (agendo pertanto da *sink*) fino a quando il deperimento e la distruzione dei vecchi prodotti resterà inferiore alla fabbricazione di nuovi (cfr.6.5.1).

L'interesse scientifico per una quantificazione più dettagliata del contributo degli ecosistemi vegetali al bilancio del carbonio globale, ha avuto un particolare impulso negli anni '70, quando, nell'ambito del Programma Biologico Internazionale (*International Biological Programme* - IBP), furono iniziati gli studi per la stima della produttività primaria della biosfera (Lieth e Whittaker, 1975). Da allora, tramite perfezionamenti successivi si è determinato che le foreste, pur ricoprendo poco più del 30% della superficie delle terre emerse, contengono oltre l'80% del carbonio epigeo e circa il 40% di quello presente nel suolo e sono sede di circa il 50% della produttività delle terre emerse (De Angelis e Scarascia Mugnozza, 1995).

I risultati provenienti dai vari siti installati in Italia nell'ambito del progetto *FISR CarboItaly*, che formano una rete estesa per lo studio della funzionalità degli ecosistemi forestali, hanno consentito alla ricerca forestale italiana di assumere un ruolo di rilievo a livello europeo e mondiale (Valentini *et al*., 2000; Ciais *et al*., 2005; Magnani *et al*., 2007). Sulla base di serie pluriennali di dati, la capacità di sequestrare carbonio da parte delle nostre foreste (NEP)[43] è stata mediamente stimata intorno a 4 t C per ha ad anno (Matteucci e Scarascia Mugnozza, 2007). Le oscillazioni interannuali sono molto ampie in funzione dell'andamento climatico ed in risposta agli *stress*. Ci sono, ovviamente, anche notevoli differenze in funzione della specie forestale, della fertilità e dell'impatto degli interventi gestionali. Il monitoraggio continuo e di lungo termine delle foreste potrà fornire informazioni interessanti sui processi di adattamento e/o acclimatazione, consentendo di determinare quanto e se l'assorbimento di carbonio sia duraturo e non transiente. Inoltre, questo monitoraggio permetterà di verificare in termini qualitativi e quantitativi l'impatto degli eventi estremi e della gestione forestale sul ciclo del carbonio.

Il bilancio della fissazione di CO_2 in ambiente forestale è di complessa determinazione. Il ciclo del carbonio è soggetto a repentine variazioni che dipendono soprattutto dagli interventi antropici cui la foresta è sottoposta. In particolare esistono delle differenze in termini di "*storage capacity*" tra i diversi soprassuoli forestali, in relazione alla forma di

43 Produttività netta di ecosistema.

gestione di questi (Ciccarese, 2011). Come si può osservare nella figura 6.1 si possono riconoscere, per un nuovo soprassuolo forestale gestito al fine di ottenere *sink* di carbonio, quattro fasi d'accumulo del carbonio:

a) fase iniziale d'affermazione del soprassuolo;
b) fase di maggiore vigore;
c) fase matura;
d) fase d'equilibrio nel lungo periodo.

Sempre in figura 6.1 sono indicati due esempi di dinamica del C nel periodo d'equilibrio, con tendenza d'oscillazione ridotta (linea tratteggiata) e alta (linea continua). Non è stata considerata la dinamica del C nel suolo, nella lettiera e nei residui legnosi grossolani. Osservando l'evoluzione per lungo tempo è evidente che, dopo un aumento del C durante la fase iniziale di sviluppo del soprassuolo, il C dalla fase matura non aumenta né diminuisce, in quanto l'accumulo di C nella biomassa arborea incomincia ad essere bilanciato dalle perdite dello stesso, causate da fenomeni di disturbo naturali e dall'ossidazione che si verifica durante i processi di decomposizione del legno degli alberi che man mano muoiono e sono sostituiti da soggetti nuovi.

Nella figura 6.2 si osserva invece come, in un soprassuolo periodicamente tagliato per fornire legname ed eventualmente bio-energia, in cui si prevede una successione di turni con pronti reimpianti dopo ogni taglio, l'aumento dell'accumulo di C durante la fase iniziale d'affermazione del soprassuolo è bilanciato dalla rimozione dovuta a taglio ed esbosco. Nella pratica forestale questo avviene quando un bosco è costituito da tanti soprassuoli piantati e utilizzati in tempi diversi (compresa forestale). Per il bosco nel suo complesso, quindi, l'accumulo di C si può rappresentare più debitamente con la linea tratteggiata. La dinamica del C nel suolo, nella lettiera, nei residui legnosi grossolani e nei prodotti legnosi non è qui considerata. Anche l'impatto al di fuori della foresta (prodotti legnosi e bioenergia) è stato escluso.

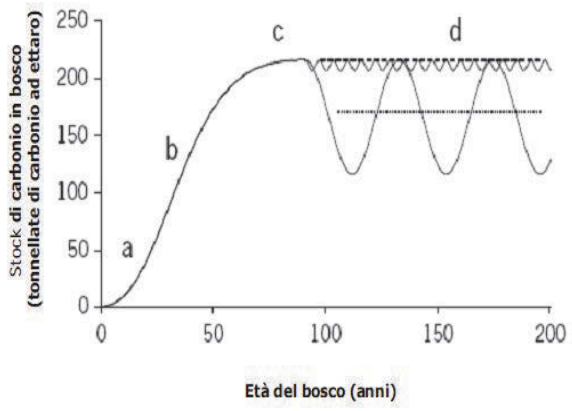


Figura 6.1 Accumulo di C in un nuovo soprassuolo forestale gestito per avere effetto di *carbon sink*

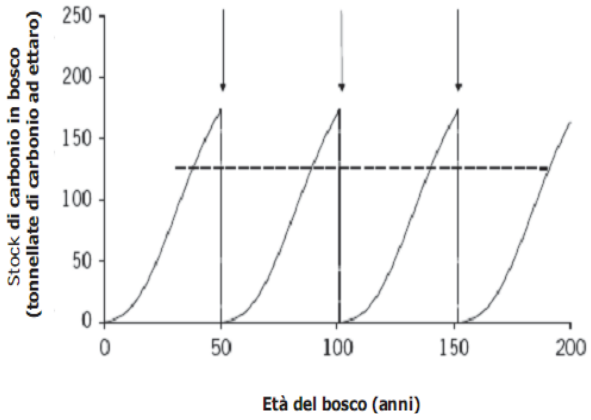


Figura 6.2 – Accumulo di C in una nuova piantagione forestale creata per la produzione di legname

Ai fini di una riduzione e stabilizzazione delle concentrazioni di C in atmosfera, le foreste svolgono un ruolo strategico, in cui la gestione attiva favorisce il continuo rinnovamento del soprassuolo forestale, sfruttando cosi la maggiore capacità di assorbimento che si verifica nelle fasi precedenti la maturità (nel grafico di fig. 6.1 punto c), oltre la quale la capacità di accumulo raggiunge l'equilibro naturale.

Dove l'ecosistema bosco è il frutto delle secolari attività selvicolturali, una scelta di gestione che preveda la cessazione dell'attività colturale, (oggi nel nostro paese principalmente dovuta l'abbandono del bosco), causerebbe un aumento temporaneo dell'effetto di stato, ma solamente fino al raggiungimento della fase di saturazione carbonica epigea e ipogea dello *steady state*. La gestione forestale per la produzione di biomassa forestale legnosa che viene raccolta, esboscata e almeno a fine carriera, bruciata in sostituzione di un combustibile fossile, rappresenta un fattore indispensabile nel contrasto all'accumulo di CO_2 in atmosfera.

Altro aspetto di non secondaria importanza è rappresentato dal fatto che le foreste sottoposte ad utilizzazioni programmate e pianificate nel tempo, forniscono prodotti di qualità per le industrie del legno, che permettono di stoccare il C per tempi lunghi, pari alla durata del ciclo di vita del prodotto, contribuendo ulteriormente all'immagazzinamento di CO_2. Le foreste assumono quindi, sempre più decisamente, non solo la funzione di accumulo

della CO_2 atmosferica, ma anche di produzione di prodotti di qualità e di materiali sostenibili negli usi domestici e nelle applicazioni industriali e di biomasse da destinare alla produzione d'energia pulita e rinnovabile.

Al fine di perseguire gli obiettivi di riduzione della concentrazione di CO_2 atmosferica sottoscritti nel Protocollo di Kyoto, è indispensabile considerare, tra le azioni attivate nei riguardi delle foreste, anche i fondamentali passaggi successivi della filiera "foresta, legno, artigianato e industria", che attengono ai comparti collegati (trasporto, commercio ed attività di trasformazione). Il ruolo delle foreste è necessario a tutte le altre azioni previste dal Protocollo di Kyoto volte a ridurre l'impiego dei combustibili fossili.

Tali funzioni possono essere armonizzate e mantenute nel tempo in modo equilibrato, attraverso la pianificazione di sistemi colturali razionali e la promozione sul territorio di destinazioni d'uso sostenibili. In questo senso la gestione attiva, basata su criteri ed azioni sostenibili, è fondamentale per migliorare la capacità di stoccaggio di carbonio degli ecosistemi forestali poiché più sane e in pieno sviluppo sono le foreste tanto più è il carbonio da queste assorbito.

6.3 Le risorse forestali nelle politiche di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico

Con la legge 1° giugno 2002, n.120 "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, tenutosi a Kyoto l'11 dicembre 1997" il Governo italiano si è impegnato nell'attuazione del PK riconoscendo nei *sink* (serbatoi) forestali (e anche in quelli agricoli di applicazione post 2012), uno dei principali strumenti per il raggiungimento degli obiettivi di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici. Il contributo delle foreste italiane è stato chiaramente evidenziato nel "Piano Nazionale per la riduzione dei gas serra 2003-2010" laddove è stato attribuito, per le attività *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF), un potenziale di assorbimento pari a 16,2 Mt di CO_2 per il periodo di impegno 2008-2012 (MATT, 2002).

Articoli del protocollo di Kyoto	Assorbimento ($MtCO_2$/anno eq.)
Art. 3.com. 4: Gestione forestale	10,2
Art. 3.com. 3: Riforestazione naturale	3,0
Art. 3.com. 3: Afforestazione e riforestazione (vecchi impianti)	1,0
Art. 3.com. 3: Afforestazione e riforestazione (nuovi impianti)	1,0
Art. 3.com.3: Afforestazione e riforestazione (nuovi impianti) su aree soggette a dissesto idrogeologico	1,0
Totale	16,2

Fonte - Delibera CIPE 123/2002 e s.m.i.; Lumicisi, 2006 (I termini Afforestazione e Riforestazione usati nell'articolo 3 comma 3 di ratifica del PK sono riconducibili ai termini di Imboschimento e Rimboschimento)

La delibera è stata aggiornata nel corso del 2007 solo per la parte riguardante i valori di emissione del 1990 e dello scenario tendenziale al 2010, mentre non sono stati ancora pubblicati gli aggiornamenti delle azioni e delle misure necessarie per raggiungere l'obiettivo della riduzione, seppur ci troviamo ormai vicini alla conclusione del primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto.

Il dato sul contributo annuale del settore, stimato per il 2008, agli obiettivi nazionali di riduzione di emissione fornito dall'Inventario Nazionale dei Gas Serra (NIR 2010), indica un contributo corrispondente a 11,5 $MTCO_2$[44], che equivale alla compensazione del 2,1% delle emissioni totali italiane (che risultano essere 541,48 $MTCO_2$). Seppur si tratta di valori minimi rispetto a quelli indicati in delibera CIPE 123/2002, il contributo del settore rimane significativo, corrispondendo al 19% dell'impegno di riduzione delle emissioni, che grazie al settore forestale, verranno detratti al conteggio delle emissioni.

44 Tenendo in considerazione il limite per la contabilizzazione della gestione forestale, che per l'Italia corrisponde a 10,2 $MTCO_2$ all'anno.

Al fine di contabilizzare il carbonio assorbito e compilare le tabelle di *Reporting e Accounting*, necessità definita dalle attività descritte nei commi 3[45] e 4[46] dell'Art. 3 del protocollo, è stato istituito il Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agro-Forestali. Il registro è costituito da 4 strumenti tecnici tra loro "coordinati":

- **Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia** (IUTI), necessario per la realizzazione di una serie temporale delle aree soggette, in modo predominante, ad uso forestale, in cui siano distinte le aree in cui l'uso forestale è divenuto predominante dopo il 31 dicembre 1989, e di una serie temporale delle aree in cui l'uso forestale non è più predominante dalla stessa data;
- **Inventario degli *Stock* di Carbonio d'Italia** (ISCI), necessario per la quantificazione degli *stock* di carbonio e della loro dinamica nelle aree identificate nell'Inventario dell' IUTI;
- **Censimento degli Incendi Forestali d'Italia** (CIFI), necessario per l'identificazione e la quantificazione delle superfici percorse da incendio, nel periodo compreso tra il 1 gennaio 2008 e il 31 dicembre del 2012;
- **Inventario delle Emissioni da Incendi Forestali** (IEIF), necessario per la quantificazione delle emissioni degli altri gas ad effetto serra (CH_4 e N_2O) dalle sorgenti riportate nel CIFI, nel periodo compreso tra il 1 gennaio 2008 e 31 dicembre 2012.

Il registro così concepito, di fatto, mette in conto tutto il carbonio sequestrato dai boschi esistenti in Italia, indipendentemente dalla proprietà di tali foreste e dall'origine delle attività di gestione. Infatti l'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI) si basa su di un sistema di campionamento statistico - inventariale che fornisce una stima dell'ammontare totale delle aree sottoposte a gestione forestale e a rimboschimento/imboschimento/deforestazione dal 1990 su scala regionale. Ciò non permette l'identificazione geografica univoca delle aree sottoposte a tali attività e di conseguenza la proprietà dei terreni su cui vengono svolte. Infatti, il decreto d'istituzione del registro[47], prevede che l'approccio di rendicontazione si basi sull'assunzione implicita che la proprietà dei crediti non sia del proprietario del bosco ma dello Stato.

Di conseguenza, è al momento escluso un riconoscimento ai proprietari e gestori dei boschi per le attività di normale gestione forestale. Riconoscimento che permetterebbe una remunerazione diretta per l'attività di impresa incentivando così la gestione attiva e pianificata dei boschi nazionali. Ciò non esclude che il Registro si possa dotare, in un secondo momento, di un sistema per l'attribuzione dei crediti al singolo proprietario terriero, pubblico o privato. Il crescente interesse da parte degli enti pubblici locali coinvolti e degli stessi proprietari dovrebbe portare a esercitare una reale pressione sul MATTM affinché si possano creare condizioni di mercato per i crediti agro-forestali a livello nazionale (ufficialmente) che di natura volontaria.

In questo contesto è doveroso ricordare che l'attuazione del PK può rappresentare, inoltre, un importante strumento per una migliore pianificazione, programmazione, gestione e tutela del territorio nazionale.

45 Riguardano le attività di Afforestation/Reforestation derivanti da formazioni arboree artificiali (piantagioni), che generano crediti utilizzabili al 100%, al netto delle emissioni legate a fenomeni di riduzione della copertura forestale (Deforestation).

46 Individua tutte le attività addizionali che ciascuno Stato può eleggere facoltativamente ai fini della contabilizzazione dei crediti di CO_2, tra cui la gestione forestale.

47 Istituito presso la direzione generale competente del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con il decreto ministeriale del primo aprile 2008 (GU n. 104 del 5-5-2008); Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare è responsabile della realizzazione, della tenuta e della gestione del Registro, nonché delle attività di archiviazione e implementazione delle sue banche dati, avvalendosi, per l'espletamento di attività aventi carattere coordinato e strumentale, dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, ex-APAT) e del Corpo Forestale dello Stato (C.F.S.), sotto la vigilanza della competente Direzione generale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, mentre il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (MIPAAF) contribuisce alla realizzazione e gestione del Registro attraverso le attività istituzionali del Corpo Forestale dello Stato. Le modalità di costruzione del Registro nazionale dei serbatoi di carbonio, basate su rilievo statistico campionario, non consente al momento di attribuire ad unità territoriali (esempio particelle catastali o forestali) titolo di possesso ed entità delle quote di assorbimento di CO_2 di spettanza;

6.3.1 Vulnerabilità del patrimonio forestale italiano

Un aumento della concentrazione atmosferica di CO_2 potrebbe, in linea teorica, essere di benefico per la crescita dei popolamenti vegetali del pianeta, ma il contestuale effetto nell'aumento delle temperature e nel verificarsi di periodi di siccità comporta una maggiore vulnerabilità agli attacchi patogeni, e ai danni da *stress* idrico e termico sia per le singole specie che per interi popolamenti forestali.

Se la vegetazione terrestre globale continuerà a funzionare come "bacino di carbonio", dipenderà quindi dalla risposta della vegetazione ai cambiamenti climatici (Groot N., 2011).

A livello scientifico è ormai comprovato il generale incremento nella frequenza e persistenza delle alte temperature, rilevato a scala mondiale (Horton *et al*., 2001; Manton *et al*., 2001; Beniston and Stephenson, 2004) europea (Yan *et al*., 2002; Klein Tank and Konnen, 2003), mediterranea e italiana (Brunetti *et al*., 2006; Kumar *et al*., 2005). Secondo Gualdi *et* Navarra (2005), la temperatura della Terra è oggi circa 0,6°C più alta rispetto agli inizi del XX secolo e le precipitazioni continentali sono maggiori del 5%-10% con particolari incrementi nel periodo 1995-2000. A questo nuovo scenario di riscaldamento globale contribuiscono in buona parte le emissioni di gas serra di origine antropica rilasciate nel corso degli ultimi 60 anni.

Sebbene tutti questi risultati derivano da studi condotti su grande scala, differenze significative possono comparire tra le regioni e le stagioni. Per queste motivazioni L'*Intergovernmental Panel on Climate Change,* sottolinea il bisogno di informazioni più dettagliate sui modelli locali e regionali del cambiamento climatico. Questo aspetto risulta di notevole interesse per la valutazione degli impatti o delle influenze che le variazioni climatiche possono avere sulle risorse naturali ed in particolar modo su quelle forestali. Infatti, su piccola scala, le variazioni di temperatura risultano maggiormente influenzate dalla conformazione locale del territorio (pendenza, esposizione, ventosità, altitudine) rispetto alle precipitazioni (Douguédroit *et* De Saintignon, 1970). Ciò suggerisce che a scala locale gli andamenti e/o la variabilità di precipitazioni e temperatura possano mostrare modificazioni che potrebbero non essere rilevate dai modelli di cambiamento climatico operanti su larga scala.

Dalle ricerche e dalle analisi climatiche effettuate su grande e piccola scala è possibile proiettare il futuro delle foreste agli scenari prospettati a livello europeo per le foreste della regione Mediterranea, che risulta caratterizzata da incrementi delle temperature medie e della frequenza ed intensità di severe siccità. In questo contesto, e tenuto conto dei naturali tempi biologici (nell'ordine delle centinai di anni) di risposta delle cenosi boschive, il patrimonio forestale italiano, potrebbe presentare (in alcuni casi già evidenti) elevati livelli di vulnerabilità dovuti a:

- incremento del rischio di siccità per aumento delle temperature e diminuzione delle precipitazioni, con conseguente riduzione dell'attività fotosintetica e della produttività dei soprassuoli forestali;
- diminuzione delle produzioni legnose, che potrebbero complessivamente ridursi, in quanto l'effetto negativo dell'aumento della temperatura sarà probabilmente non compensato dagli effetti positivi della crescente concentrazione atmosferica di CO_2. Anche la produzione di prodotti non legnosi, in particolare funghi, sarà influenzata negativamente dalla diminuzione delle precipitazioni dall'aumento della siccità;
- migliore capacità di adattamento e diffusione di specie resistenti agli eventi climatici in atto a discapito delle cenosi attualmente esistenti;
- ondate di calore e prolungate siccità aggraveranno ulteriormente il rischio di incendi, nonché la diffusione di insetti patogeni termofili favoriti da condizioni ecofisiologiche di *stress* determinate dalla siccità.

6.3.2 Risposta delle foreste italiane

La dipendenza dal clima delle composizioni floristiche, delle associazioni vegetali e dei gruppi funzionali di specie forestali è un fatto ormai noto (Lenoir *et al*. 2008, D'aprile, 2010). Se in una determinata zona si verificano variazioni climatiche che comportano il superamento dei *pattern* di variabilità o soglie limite di un dato tipo climatico, si possono verificare dei cambiamenti floristico-strutturali, fitosociologici o spostamenti geografici e/o altitudinali delle formazioni forestali (Kern e Popa, 2006; Manetti e Cutini, 2006; Rolland, 1993 Becker *et al.,* 1989; Pedersen, 1998; Yeh et al., 2000; Wimmer, 2002; Bigler *et al*., 2004; Cook *et al*., 2001; Magnani et al., 2004, Gentilesca e Todaro, 2008).

Le associazioni vegetali e forestali tendono a organizzarsi secondo le caratteristiche climatiche e microclimatiche, pedologiche, stazionali, e alle relazioni dinamiche tra individui e popolazioni delle diverse specie. (D'Aprile, 2003d). In generale, nel tempo si dovrebbe assistere – salvo situazioni di impatti, alterazioni o squilibri oltre la resilienza e

capacità portante dell'ecosistema[48] – a una organizzazione delle strutture e composizioni floristiche secondo un equilibrio più o meno ottimale rispetto alle condizioni ecologiche e fisiche della stazioni, del mesoclima e del microclima e ai rapporti funzionali fra popolazioni. In tal modo, si dovrebbe arrivare a un equilibrio dinamico tra energia e materiali presenti e struttura funzionale dell'ecosistema. In natura, si assiste a cicli, variazioni e *trend* – ad esempio quelle delle condizioni climatiche locali – che possono implicare delle pressioni modificative delle composizioni floristico-strutturali delle foreste. È cosi importante distinguere tra la variabilità intrinseca di una tipologia climatica (quello mediterraneo-montano, ad esempio) alla quale le tipologie forestali sono adattate e le modificazioni climatiche vere e proprie.

Queste ultime possono costituire condizioni climatico-ambientali sempre meno idonee – o più stressanti – per una data tipologia forestale (ma forse più idonee per altre). Ad esempio, l'alta variabilità di precipitazione annua, stagionale e mensile e le oscillazioni periodiche delle temperature medie stagionali sono tratti del clima mediterraneo-montano che fanno parte dell'ambiente fisico "normale" dell'*Abies-Fagus*, mentre un lento ma continuo innalzarsi delle soglie termiche altitudinali (es.: quelle delle fasce fitoclimatiche) può portare a una risalita delle formazioni più esigenti o più resistenti al calore e una restrizione – o spostamento - in alto di quelle necessitanti temperature più miti. In generale, come evidenziato anche dai dati precedentemente presentati e in coerenza con gli scenari proposti da IPCC (*Special Report on Emissions Scenarios* (SRES)), in Italia potremmo assistere a un generale aumento dei limiti altitudinali di distribuzione di tutte le specie forestali, creandosi condizioni sfavorevoli, con minacce di estinzione a livello locale per specie più mesofile e microterme (faggio, castagno, carpino bianco, farnia) e lo sviluppo di un progressivo processo di mediterraneizzazione delle zone interne della penisola.

La rapidità del cambiamento climatico in atto si ripercuote sulla lenta capacità di adattamento naturale degli ecosistemi forestali alle perturbazioni esterne, con la probabile conseguente progressiva disgregazione degli ecosistemi forestali e delle specie vegetali e animali a essi associati. Vi è inoltre da evidenziare l'azione di altri fenomeni in atto che influenzeranno direttamente e/o indirettamente i processi di adattamento delle risorse forestali agli scenari di cambiamento climatico. In primo luogo l'innalzamento del livello del mar Mediterraneo con il rischio di inondazione delle aree costiere e di pianure, a cui si aggiunge un maggiore rischio di intrusione sotterranea di acque saline con successivo rischio di contaminazione delle acque dolci. In secondo luogo l'incremento della frequenza e dell'intensità di eventi meteorologici estremi (alluvioni o periodi di siccità) aumentano i processi di degrado e desertificazione dei suoli.

Processi di questo tipo necessitano di essere analizzati e verificati sia in chiave ecologico-selvicolturale che climatico-ambientale. In virtù di queste osservazioni e tenendo conto che a oggi si discute sull'entità delle possibili modificazioni del clima nel lungo periodo, appare opportuno implementare un sistema che permetta di prendere in considerazione gli effetti che possono essere provocati dalle variazioni climatiche, che poi dovranno essere considerati nella pianificazione e gestione dei boschi nazionali, al fine di non dover affrontare drastici mutamenti nella composizione e nella struttura del patrimonio forestale del Paese (Giordano, 2009). Infatti un approccio "generalizzato" nella pianificazione e gestione forestale basata su modelli di cambiamenti climatici pur realistici, a scala non consona può condurre a errori o quantomeno distorsioni significative nella comprensione degli effetti od impatti sui dinamismi floristici e strutturali delle popolazioni forestali e quindi nell' individuazione degli usi più consoni alla conservazione e possibilmente al miglioramento di questa grande risorsa economico-ambientale. In altre parole, ci sono forti evidenze circa la necessità di verificare i cambiamenti climatici a livello locale con analisi climatiche e misurazioni specifiche più che basarsi su modelli più generali per ciò che riguarda gli effetti almeno sulle risorse forestali.

6.4 Obiettivi generali di mitigazione e adattamento degli impatti del cambiamento climatico

Le strategie di mitigazione e adattamento sono gli strumenti principali nella lotta ai cambiamenti climatici che, con gli impegni sottoscritti con il Protocollo di Kyoto, vedono tutti i Paesi firmatari impegnati a ridurre le loro emissioni secondo regole e *standard* precisi. Gli impatti delle possibili evoluzioni del clima nel lungo periodo, avranno importanti ripercussioni ambientali e socio economiche, ma rimangono poco prevedibili. In questo contesto le strategie di mitigazione e di adattamento rappresentano gli strumenti principali nella lotta ai cambiamenti climatici.

48 Indica il numero massimo di individui (o di biomassa) presenti in un dato ecosistema.

Le misure di mitigazione in atto prevedono in generale un uso razionale dell'energia e dell'efficienza energetica, la produzione da fonti alternative, la riduzione delle emissioni di gas serra, l'aumento degli assorbimenti accrescendo l'accumulo di carbonio nella biomassa vegetale e nel suolo agricolo e forestale, attraverso la "forestazione", "riforestazione", "afforestazione", etc.

Nelle strategie di mitigazione le foreste e i boschi, per la loro naturale capacità di fissazione della CO_2, concorrono quindi attivamente nel ridurre e stabilizzare le concentrazioni atmosferiche dei gas serra.

Le strategie di mitigazione non possono prescindere peraltro dall'attuazione di adeguate misure di adattamento per ridurre la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici per gli ecosistemi forestali e le economie ad essi legate del nostro Paese. L'Italia è al momento priva di una strategia per l'adattamento e deve dunque affrettarsi ad affrontare anche in termini operativi questo tema.

In particolare, per la regione mediterranea, che rappresenta una delle aree più critiche del globo, è necessario intraprendere misure concrete, elaborate in una strategia integrata di mitigazione e adattamento, che salvaguardino gli ecosistemi forestali e che coinvolgano direttamente il settore produttivo a essi collegato. Obiettivo principale rimane quello di stabilizzare e/o ridurre progressivamente, le concentrazioni di gas effetto serra presenti nell'atmosfera. Non di secondaria importanza è la predisposizione di piani, programmi, azioni e misure specifiche che minimizzino le conseguenze negative e i danni causati dai possibili cambiamenti climatici sia agli ecosistemi naturali che ai sistemi sociali ed economici.

In entrambi i casi le foreste sono chiamate a svolgere un ruolo chiave; quindi possono svolgere un'azione diretta nel mitigare in parte gli effetti dei cambiamenti climatici, ma allo stesso tempo li subiscono con livelli di tolleranza variabili. Ciò significa, e ne è imprescindibile presupposto, garantire il mantenimento dello stato di salute e vitalità dei sistemi naturali per consentirne e supportarne l'adattamento ai cambiamenti già in atto e "indirizzare" successioni evolutive utili a contenere gli effetti di desertificazione, cuneo salino, risorse idriche ed erosione del suolo. Infatti, dove i sistemi naturali e in particolare quelli forestali, risultano degradati e vulnerabili, oltre ad abbassarsi significativamente le capacità di fissazione del carbonio, si assiste ad una riduzione della resilienza e delle capacità di risposta, con inevitabili conseguenze sia nell'assetto idrogeologico e regimazione delle acque, che per i sistemi sociali ed economici ad essi collegati. I progressi della geobotanica, della paleobotanica e climatologia mostrano come le formazioni forestali fino ad ere recenti fuori dall'azione antropica, siano state capaci di adattarsi ai cambiamenti climatici del passato (evoluzione, differenziazione, mutazione, spostamenti latitudinali e longitudinali).

L'adattamento è un processo che deve essere valutato nello spazio e nel tempo e, in una strategia condivisa a livello internazionale, far fronte agli impatti in aree specifiche e di ambito locale. Strategie di risposta agli impatti nell'immediato devono anche rispondere ai bisogni di adattamento nel lungo periodo. Tale interesse si è manifestato con l'approvazione del Libro bianco da parte della Commissione europea (2009a), in cui viene tracciato un quadro volto ad aumentare la resilienza dei territori dell'Unione agli impatti provocati dal cambiamento climatico. Il Libro Bianco sottolinea come la gravità degli impatti del cambiamento climatico vari significativamente tra le diverse regioni, e come le regioni più vulnerabili si trovino nell'Europa del Sud e nel bacino del Mediterraneo. Le aree montane, le isole, le zone costiere e le pianure ad alta densità di popolazione sono le zone che presumibilmente dovranno affrontare gli impatti più consistenti e conseguenze più gravi.

Tuttavia gli impatti sono complessi e hanno una forte dimensione locale e regionale. Per sviluppare e coordinare le più efficaci strategie di adattamento è necessario consolidarne il sapere scientifico, attualmente frammentario, e l'analisi economica. In questa direzione il Libro Bianco enfatizza il bisogno di creare entro il 2011 un meccanismo di *Clearing House*, ovvero facilitare lo scambio di informazioni sui rischi, gli impatti e le *best practice* sul cambiamento climatico fra i governi, le agenzie e tutte le organizzazioni che lavorano sulle politiche di adattamento.

Individuare delle possibili azioni di intervento per la mitigazione ed il sostegno all'adattamento dei nostri boschi nei confronti del cambiamento climatico in atto e prevedere quali saranno gli eventuali scenari futuri è un problema complesso. Per prevenire, ridurre o almeno contrastare parzialmente le problematiche forestali emergenti è opportuno approfondire una serie di conoscenze relative ai fattori ambientali presenti in un dato territorio (regime termico ed udometrico *in primis*) e poi collegare i relativi valori a parametri che tengano conto delle capacità idriche dei suoli ed idrauliche dei corsi d'acqua e di come questi, in ultimo, influenzano la distribuzione delle associazioni vegetali nel lungo periodo. Tutto ciò richiede conoscenze in termini di:

- distribuzione della capacità idrica utile, della velocità di infiltrazione e della presenza di corpi drenanti dei terreni per tipo geopedologico, tipo e modalità d'uso, e relative superfici;
- reticolo idrografico naturale ed artificiale;
- coefficienti e/o modelli di erodibilità dei suoli, determinandone le componenti a livello di bacini e sottobacini idrografici;

- regime termico ed udometrico dei suoli non coperti da vegetazione (senso lato) in estate, più caldi ed esposti alle perdite per evaporazione, rispetto a quelli con copertura permanente, compresa la pacciamatura;
- stima e determinazione dei fattori costituenti il Deflusso Minimo Vitale (DMV) dei corsi d'acqua;
- stima dei deflussi superficiali di bacini e sottobacini idrografici, anche in riferimento alle possibilità e modalità di sistemazione idraulico-forestale ed idraulico-agraria;
- stima, distribuzione e portate/volumi dei corpi idrici profondi (pozzi, falde, altro, ecc.), volumi di rimpinguamento, modalità e tempi di ricarica;
- bilanci idrici per tipo di coltura, di suolo, modalità di irrigazione e superfici; volumi richiesti e volumi disponibili;
- localizzazione, livello di efficienza e funzionalità di varie opere idrauliche e di approvvigionamento (briglie, canali, fognature, drenaggi, pozzi, ecc.);
- dinamismo dell'alveo fluviale (interrimento o scavo; portata solida) almeno dei corsi d'acqua principali e di altri tratti critici;
- tipologia e distribuzione della vegetazione spontanea, secondo le esigenze e caratteristiche di igrofilia, mesofilia, ecc.;
- distribuzione di sintomatologie di *stress* idrici (non temporanei) della vegetazione forestale (anche riparia) rispetto alla distribuzione geopedologica e dei corpi idrici superficiali ed emergenti;
- spostamenti, modificazioni di associazioni fitosociologiche in senso caldo arido.

Solamente dopo un'attenta analisi preliminare che tenga conto dei fattori sopra descritti è possibile delineare i livelli pianificatori, progettuali e gestionali utili al contenimento degli impatti sulle risorse forestali dovute alle modificazioni del clima. La politica forestale (e di conseguenza i livelli pianificatorio, progettuale e gestionale), al fine di intervenire efficacemente, e nel lungo periodo, nella prevenzione e/o contenimento degli impatti del cambiamento climatico devono oggi mirare a:

- ridurre l'intensità e la durata del periodo di *deficit* idrico;
- individuare forme e modalità di controllo dell'erosione, riducendo il potere erosivo e di scavo di piogge e piene soprattutto nel periodo di maggior piovosità;
- aumentare la possibilità di infiltrazione e penetrazione delle piogge per la ricostituzione delle riserve idriche profonde;
- costituire riserve idriche plurifunzionali per i periodi di *deficit*, od almeno ridurre significativamente gli sprechi e dispersioni;
- aumentare il deflusso e le disponibilità idriche nei periodi di minima portata, e la riserva idrica utile dei suoli;
- ridurre l'impatto sugli ecosistemi acquatici e ripari favorendone il ripristino;
- diminuire il dissesto idrogeologico e l'instabilità di versanti;
- localizzare e progettare la viabilità evitando che possa comportarsi come un drenaggio; *idem* per movimenti di terra vari, sbancamenti, ecc.;
- prevedere, in sede di nuove opere intensive, le modalità di ripristino della piezometrica, di corpi idrici profondi e/o superficiali, od altro, secondo le caratteristiche preesistenti (o migliori);
- preservare e/o recuperare ampie zone di paesaggio e natura;
- effettuare una pianificazione preventiva antincendio di tipo attivo e passivo;
- stimare le disponibilità irrigue per l'agricoltura e varie industrie agrarie;
- effettuare scelte colturali ed arboricolturali secondo modalità idonee al quadro climatico-ambientale presente e previsto nel breve-medio termine;
- gestire i suoli agrari e forestali e le opere idrauliche varie, anche per usi civili, in modo che abbiano fra le priorità la corretta regimazione idrica per la riduzione degli eccessi durante il periodo autunnale e la miglior conservazione e penetrazione (ricarica) in tempi di deficit idrico;
- indirizzare gli interventi selvicolturali mettendo in rilievo le finalità idrologiche ed idrogeologiche (conservazione ed incremento risorse idriche, difesa suolo), anche estendendo le opere di riforestazione

secondo particolari reticoli (comprese le siepi ed i filari per il recupero agro-ambientale e la diversità biologica);

- favorire la presenza di barriere frangivento;
- organizzare bacini secondo criteri progettuali funzionali di raccolta e conservazione delle acque in modo che fungano da riserva estiva, da contenimento di deflussi eccessivi e da siti idonei alle comunità vegetali ed animali legate alla presenza di acqua; possono essere coordinati all'uso turistico ed agrituristico;
- contenere l'abbandono dei soprassuoli e delle aree rurali soprattutto dove il mosaico ambientale sia adeguato e sufficientemente stabile e in equilibrio;
- differenziare le linee gestionali per i boschi gestiti ordinariamente e quelli abbandonati/saltuari, i boschi di neoformazione e quelli lasciati alla libera evoluzione;
- favorire l'ecocertificazione.

6.4.1 Il ruolo del settore forestale

I boschi italiani, se valorizzati con pratiche di gestione sostenibile, possono rappresentare non solo il serbatoio naturale di assorbimento del carbonio, ma anche un fondamentale strumento di investimento per la crescita dell'indotto produttivo ad esso collegato, garantendo cosi lo sviluppo socio-economico delle aree marginali, rurali e di montagna. La produzione di legname proveniente dai boschi italiani, secondo le statistiche ufficiali, risulta essere ancora fortemente deficitaria per coprire i fabbisogni nazionali, sia per il legname da opera che per la legna da ardere.

Secondo l'INFC la superficie forestale nazionale è di circa 10,4 milioni di ettari. L'incremento complessivo, vale a dire la quantità di legname che sarebbe possibile utilizzare ogni anno, è molto elevato, pari a 35,9 milioni di metri cubi. Si tratta di un valore stimato per eccesso, che comprende molte formazioni forestali che, per le condizioni orografiche o a causa della mancanza di strade, non sono economicamente utilizzabili. Le statistiche ufficiali stimano infatti che le utilizzazioni annue siano pari a soli 7-8 milioni di metri cubi, circa un quarto dell'incremento complessivo. La variazione congiunturale delle utilizzazioni forestali, cioè della quantità di legname tagliato e commercializzato nel 2009, è negativa (-12,5%). Anche la variazione delle utilizzazioni per usi energetici risulta, per la prima volta dopo un quinquennio di crescita, in sensibile diminuzione (-12,2% nel complesso).

L'unico dato in aumento è quello delle utilizzazioni di resinose per usi energetici, generalmente utilizzate in impianti di riscaldamento a biomassa, impianti che negli ultimi anni stanno prendendo piede soprattutto grazie agli incentivi previsti nell'ambito dello Sviluppo Rurale. Ampliando l'analisi anche ai flussi commerciali con l'estero, i dati congiunturali del sistema legno-arredo (la principale filiera produttiva basata sulla materia prima legnosa) evidenziano la situazione di estrema crisi iniziata nel 2008 e culminata nel 2009. Il fatturato alla produzione è calato nel 2009 del 18,2%. Sono drasticamente diminuite sia le esportazioni (-21,9%) che le importazioni (-19,1%).

Il saldo, pur rimanendo positivo per quasi 6 milioni di euro, è anch'esso peggiorato del 24%. Va detto che, già nel 2008, si erano sentite le prime avvisaglie della crisi, con la produzione in calo del 5,6%. Con il 2009, purtroppo, al sopra menzionato crollo delle esportazioni si è affiancata anche una contrazione rilevante dei consumi interni (-16,8%). Nella filiera della carta e cartoni la situazione è meno grave rispetto a quella del mobile, ma pur sempre piuttosto preoccupante.

Nell'ultimo anno la produzione mondiale dell'industria cartaria è diminuita del 7%. Tale andamento ha scontato gli effetti di un ridimensionamento della domanda nei paesi industrializzati, ma anche nella gran parte dei paesi emergenti. A livello nazionale la produzione complessiva di carte e cartoni si è attestata a 8,4 milioni di tonnellate, con una diminuzione, rispetto al 2008, dell'11,2% (Cesaro, Romano, 2010)

Allo stato attuale esistono situazioni idonee per un calibrato aumento delle utilizzazioni legnose nazionali, sia in foresta che fuori foresta, da valutare caso per caso, in una logica di sostenibilità e attraverso gli strumenti della pianificazione forestale.

6.5 I gestori delle aree forestali nella riduzione delle emissioni

L'insieme delle moderne tecniche selvicolturali normate e pianificate che "l'imprenditore forestale" mette in atto, consentono oggi di ottenere dal bosco grandi servigi collettivi oltre ai benefici non solo economici per proprietari e/o gestori. Quest'ultimi, attraverso la gestione selvicolturale garantiscono per la società e il territorio nazionale, un importante funzione di salvaguardia ambientale e paesaggistica, tutela dell'assetto del territorio e delle risorse idriche e non ultimo contenimento dei cambiamenti climatici. Tutte queste esternalità positive, legate ai servizi ecosistemici oggi sono sempre più riconosciute ma non remunerate, non potendo cosi da un lato compensare la scarsa realtà produttiva del settore nazionale, e dall'altro garantire un'efficiente gestione del territorio con indubbi benefici per la società.

Al fine di migliorare la capacità produttiva di assortimenti legnosi di qualità del nostro Paese, sarebbe opportuno incentivare nuovi sistemi selvicolturali che richiamino i principi della "selvicoltura ad albero". Tale metodica (sviluppata in Germania e Francia negli ultimi 30-40 anni) nasce dalla necessità di conciliare le esigenze dei proprietari e gestori e le sensibilità ambientaliste, cercando di aumentare il reddito ottenibile dai boschi attraverso:

- l'aumento del valore unitario dei prodotti legnosi ottenibili;
- la riduzione dei costi di gestione.

Per quanto riguarda il primo aspetto è possibile aumentare il valore unitario ottenendo legname di grosse dimensioni e con buone caratteristiche tecnologiche, così da facilitare una migliore collocazione del prodotto sul mercato a prezzi più elevati. Per quanto riguarda invece i costi di gestione è necessario concentrare tutte le operazioni che vanno dall'allestimento all'esbosco fino alla lavorazione finale in un raggio chilometrico il più ridotto possibile, incrementare l'utilizzo di tecnologie innovative e a basso impatto ambientale (es. gru a cavo) permettendo così ai gestori di ridurre i costi ed aumentare i profitti, senza tralasciare gli indubbi benefici legati alla riduzione dei mezzi ad alto potenziale di emissione.

Nello specifico le strategie perseguibili dai gestori delle aree forestali per la riduzione delle emissioni di CO_2 possono essere schematicamente inquadrate in funzione delle seguenti finalità (Corona e Barbati, 2010):

- **preservazione da fattori di disturbo e conservazione dei boschi esistenti**;
- **rinaturalizzazione boschiva;** favorendo il pieno ripristino dei processi naturali e dell'integrità funzionale;
- **uso produttivo in realtà forestali in buon equilibrio bioecologico;** il gestore si pone al servizio del sistema e ne trae benefici economici diretti, contenendo i prelievi legnosi entro i limiti del tasso naturale di accrescimento dei soprassuoli forestali per mantenere comunque positivo il bilancio di CO_2 dell'ecosistema;
- **ampliamento delle superfici forestali** attraverso:
    - la rinaturalizzazione di terreni privi di copertura forestale, tramite rimboschimento;
    - la realizzazione di piantagioni da legno (terreni di buona fertilità e privi di copertura forestale).

Gran parte degli studi forestali in Italia sino a oggi ha interessato temi selvicolturali relativi alle modalità e tecniche colturali secondo gli schemi e obiettivi "classici" come protezione idrogeologica, produttività, conversioni e, in anni relativamente recenti, trattamenti selvicolturali basati su forme di pianificazione che contemplano la conservazione o il miglioramento della biodiversità e un miglior equilibrio dell'ecosistema forestale. Mancano invece riferimenti organici alle varie componenti della foresta che, come noto, nella realtà operano all'unisono. Ne consegue un quadro di difficile interpretazione tanto più si desideri affrontarne anche i risvolti economici (ambientali, produttivistici, qualitativi, di conservazione e produzione di risorse idriche, di miglioramento della biodiversità, paesaggistici e turistico-ricretativi) se non nel quadro ristretto di forme di approccio alla gestione forestale che tendono a ripetere se stesse, quindi con poco spazio per l'innovazione o l'esplorazione di sistemi e modalità che penetrino altri campi e/od amplino le potenzialità dell'esistente.

In tale direzione la Strategia nazionale definita con il Programma Quadro per il Settore Forestale sottolinea la necessità di promuovere e incentivare forme di gestione attiva del patrimonio forestale, in una visione di lungo termine, adottando le tecniche selvicolturali più idonee alle esigenze di salvaguardia, conservazione e tutela del patrimonio forestale non solo secondo le specifiche caratteristiche ecosistemiche delle diverse realtà forestali presenti nel territorio nazionale, ma anche nel rispetto delle necessità ed esigenze socioeconomiche locali e nel rispetto dei vincoli e delle norme vigenti (Romano, 2009).

A sua volta la Strategia Nazionale per la Conservazione della Biodiversità (Andreella *et al.*, 2010) sottolinea la necessità di incentivare, in particolare per le aree naturali protette e i siti Natura 2000, un approccio ecosistemico alla gestione forestale teso a favorire l'aumento della complessità strutturale e compositiva dei processi naturali di adattamento al cambiamento climatico (Barbati *et al*., 2010).

Occorre quindi stabilire una solida correlazione tra gli strumenti di pianificazione forestale e gli strumenti di gestione del territorio, anche al fine di permettere l'individuazione di aree di collegamento ecologico e di assicurare continuità spaziale tra le tessere naturali e seminaturali del mosaico territoriale su vaste aree.

6.5.1 L'industria del legno e le filiere forestali

Una valutazione corretta delle funzioni di stoccaggio collegate al settore forestale dovrebbe includere anche il carbonio fissato nei prodotti legnosi (C "extra-boschivo") dal momento che l'impiego finale (legname utilizzato in edilizia ad uso strutturale, mobili, oggettistica in legno, carta, cartoni, compensati, truciolati, ecc.) comporta la fissazione di carbonio per un periodo di tempo equivalente alla durata del ciclo di vita del prodotto stesso, variabile a seconda dell'impiego cui viene destinato (mesi, anni o addirittura secoli), e prosegue successivamente attraverso il loro riutilizzo e riciclaggio. Più lunga risulta la vita di un prodotto, migliore risulta la qualità dell'ambiente in relazione all'energia necessaria alla loro sostituzione.

Purtroppo i bilanci sulle emissioni di gas serra formulati in base alle indicazioni dell'IPCC si basano sulla semplice assunzione che il legname prelevato dai boschi venga immediatamente ossidato, rilasciando il C in esso immagazzinato direttamente in atmosfera.

L'ISPRA (ex APAT) ha stimato che in Italia i prodotti costruiti con materiali legnosi sono in grado di immagazzinare ogni anno da 3 a 12 milioni di tonnellate di CO_2 conservandoli fino alla loro distruzione. Essendo inoltre una fonte di materiale rinnovabile relativamente efficiente dal punto di vista energetico, si possono utilizzare al posto di altri, a maggiore intensità d'energia, prevenendo così a monte le emissioni di gas serra. Diversi studi condotti sull'energia richiesta per costruire edifici con varie combinazioni di materiali, dimostrano che, massimizzando l'impiego del legno nelle nuove costruzioni, si avrebbe una riduzione delle emissioni causate dalla produzione di materiali edili, da un minimo del 30% fino ad un massimo dell'85%.

Nel mercato nazionale i "prodotti legnosi a lunga durata", trovano un impiego ancora piuttosto modesto come ad esempio quelli destinati al settore dell'edilizia per usi strutturali. Promuovere l'impiego del materiale legno in tali settori produttivi determinerebbe indubbi risvolti significativi sull'effetto di assorbimento temporaneo di carbonio, con risultati positivi per le emissioni immediate in atmosfera (APAT, rapporti 21/2002).

In Italia i prodotti dell'industria del legno, in primis il mobile, possono contare su una tradizione storica pluridecennale con caratteristiche culturale e di *know-how* radicate sul territorio e su una forte connotazione derivante dall'etichetta "*made in Italy*". Questi sono elementi importanti ma non più determinanti se considerati da soli in un mercato sempre più globale. Risulta quindi necessario intervenire sia sulla domanda che sull'offerta, in modo da rendere il mercato maggiormente efficiente. In particolare con riferimento all'offerta bisogna puntare sempre di più su una selvicoltura di qualità, che favorisca l'instaurarsi sul territorio nazionale di attività produttive ad alto valore aggiunto.

Particolare rilevanza per l'economia nazionale hanno le diverse filiere di trasformazione del prodotto legno rispetto alla produzione di legname, che rappresenta il gradino più alto nella filiera produttiva, contribuendo al PIL nazionale con un valore di circa lo 0,04% medio annuo. Nel complesso la filiera foresta legno assorbe circa l'1,5% del totale nazionale degli occupati e interessa un totale di quasi 126.000 imprese, comprendendo tutte le attività che vanno dalla produzione (impianti arborei e foreste) e utilizzazione del legname, alla sua trasformazione in prodotti semilavorati, fino alla realizzazione del prodotto finito e alla sua commercializzazione. Risultano invece sottodimensionati i dati riguardanti gli addetti operanti nel settore delle utilizzazioni boschive a causa della forte stagionalità dell'attività e di un crescente utilizzo di "lavoro nero".

Al fine di implementare ulteriormente lo sviluppo della filiera foresta-legno, è auspicabile una maggiore diffusione della certificazione forestale nella fasi di utilizzazione e di tracciabilità dei prodotti forestali. I processi di certificazione vanno diffondendosi sempre più sul territorio nazionale, ma andrebbero incentivati e promossi presso il grande pubblico, sensibilizzando l'opinione pubblica sul valore delle attività di gestione forestale corrette e sostenibili. La certificazione fornisce la prova che il legname utilizzato nell'industria proviene da foreste gestite in modo sostenibile secondo *standard* ambientali, sociali ed economici riconosciuti a livello internazionale. Tutto ciò da un lato può determinare un valore aggiunto che può facilitare il commercio e aumentare la redditività del prodotto o servizio offerto, dall'altro può rappresentare un incentivo all'uso sostenibile delle foreste.

6.5.2 Utilizzo delle biomasse legnose nella riduzione delle emissioni di CO_2

Le politiche europee e nazionali, negli ultimi anni, hanno rivolto un particolare interesse alle biomasse forestali come fonti alternative ai combustibili fossili, sottolineando l'importanza dei vantaggi non solo ambientali ma anche economici e di sviluppo locale (filiere corte), capaci di creare fonti alternative di reddito per il settore agricolo e forestale. Il Piano d'Azione per le foreste dell'UE (2005) individua nelle biomasse forestali "una fonte energetica sostitutiva dei combustibili fossili, una possibile strategia per attenuare i cambiamenti climatici potenziando l'autosufficienza energetica e la sicurezza dell'approvvigionamento, offrendo cosi possibilità occupazionali nelle aree rurali". Le biomasse da utilizzare a fini energetici possono provenire, da:

- coltivazioni arboree dedicate in foresta (cedui) e fuori foresta con colture specifiche a ciclo breve (*Short Rotation Foresty*, SRF);
- scarti delle utilizzazioni forestali e agricole (potature di siepi, fasce tampone, arboreti da legno, frutteti, vigneti, alberature stradali, parchi e giardini, ramaglie, scortecciature, ecc);
- scarti delle utilizzazioni dell'industria e dell'artigianato legati al legno (segatura, truciolo, refili e scarti vari, bancali, cassette, imballaggi, ecc), il quale riuso per la produzione di energia, è una forma competitiva ad altre produzione (pannello, carta, ecc);
- dal riciclaggio di prodotti a fine ciclo produttivo, il cui utilizzo per la produzione di energia entra tuttavia in competizione con la produzione di pannelli di particelle e MDF (*Medium Density Fiberboard*) e di paste ad uso cartario.

Un efficace sfruttamento delle biomasse ligno-cellulosiche implica l'attivazione di una complessa e diversificata filiera con il coinvolgimento e il coordinamento di competenze e relazioni sul territorio, appartenenti a diversi settori non sempre contigui (agroforestale, industriale, servizi, tecnologie, ecc). Successivamente lo sviluppo della filiera foresta-legno-energia basata su una gestione attiva delle foreste, realizzata attraverso forme sostenibili e pianificate del territorio, rappresenta un'opportunità per la tutela del patrimonio forestale nazionale. A questo vanno aggiunte tutte le ricadute positive che si possono generare, traducibili in un aumento degli assortimenti legnosi ritraibili, una migliore qualità per le altre filiere produttive legate al legno, una valorizzazione dei prodotti utilizzati a fini energetici con indubbie ricadute positive dal punto di vista ambientale e un miglioramento delle condizioni socio-economico per le aree rurali e montane. La valutazione della sostenibilità nell'utilizzo delle biomasse legnose è il concetto cardine del sistema e si basa essenzialmente su due aspetti:

1. la previsione del risparmio di "CO_2 equivalente" ottenibile con le filiere bioenergetiche (compresa quella forestale);
2. Il dimensionamento degli impianti per la conversione in energia (termica e/o elettrica).

Per quanto riguarda il primo aspetto, si fa riferimento a due documenti dell'UE che probabilmente influenzeranno il mercato delle bioenergie nel prossimo futuro, quali:

- la direttiva 2009/28/CE (RED – *Renewable Energy Directive*) sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;
- il Report della Commissione europea al Consiglio e al Parlamento europeo (SEC(2010)65-66), sui requisiti di sostenibilità raccomandati per l'utilizzo di biomasse solide e gassose impiegate per la produzione di energia elettrica, calore e raffreddamento.

In riferimento al secondo punto, il dimensionamento degli impianti di conversione da biomasse forestali rappresenta un aspetto di non secondaria importanza; per ottenere benefici ambientali, economici e sociali risulta fondamentale progettare impianti economicamente auto-sufficienti dall'approvvigionamento della materia prima fino all'utilizzo e distribuzione dell'energia, dimensionandoli sulle necessità energetiche territoriali e sulla reale disponibilità e possibilità di forniture continue e costanti di materiale legnoso per la produzione di energia e calore da utilizzare poi per il riscaldamento civile e industriale, o per la generazione di forza motrice o energia elettrica. Si possono ottenere adeguati livelli di remunerazione dalla filiera foresta-energia e impatti (locali e globali) ambientali sostenibili quando l'uso energetico della biomassa prodotta (legna, cippato, *pellet*), avviene in impianti di piccola e media taglia (fino a 1-4 MW). Questo è possibile solamente attraverso la promozione e valorizzazione di una filiera corta che, in base alla normativa vigente in materia, preveda la raccolta di materiale legnoso a una distanza massima di 70 Km dall'impianto, evitando da un lato l'importazione di biomassa agro-forestale dall'estero e dall'altro garantendo il presidio del

territorio e l'acceso a un sistema di incentivazione, come ad esempio i Certificati Verdi[49], capace di generare occupazione locale e coprire i costi di gestione.

A riguardo vi sono interessanti esempi di sviluppo rurale, avviati in particolare con l'iniziativa comunitaria *Leader+* e i Programmi di Sviluppo Rurale regionali, attraverso progetti locali per la produzione energetica delocalizzata e sostenibile. Inoltre lo sviluppo della filiera bosco-legno-energia ha ottenuto nelle forme di collettivismo forestale ottimi risultati permettendo di offrire, oltre a nuovi e integrativi sbocchi imprenditoriali, il miglioramento dell'efficienza economica nelle attività selvicolturali. Infatti, il funzionamento di una filiera foresta-energia, se dimensionata correttamente, dipenderà unicamente dal flusso di biomassa legnosa (dalla produzione all'utilizzo), e di conseguenza dalla gestione delle risorsa legnosa e dall'organizzazione strategica e logistica del sistema (Romano, 2009). Può essere così raggiunto un equilibrio tra la domanda di energia e offerta di biomassa, riducendo anche l'oneroso costo delle reti per il trasporto di calore. I piccoli impianti di teleriscaldamento, alimentati a biomassa legnosa stanno diventando una realtà sempre più consolidata per molti piccoli comuni alpini della Lombardia, del Piemonte, del Veneto e del Trentino Alto Adige.

6.5.3 Convivenza e coordinamento tra *sink* e produzione di energia da biomasse forestali

Gli impegni su clima ed energia assunti dall'UE per il post Kyoto hanno portato alla determinazione di chiari obiettivi nazionali da raggiungere entro il 2020, di riduzione dei gas serra (-13% per l'Italia, -20% per l'UE) e di obiettivi differenziati per l'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, (+17% per l'Italia, +20% per l'UE)[50]. Questo ha portato l'Italia a dover necessariamente "calibrare" la propria politica energetica attraverso l'approvazione della prima versione del Piano d'Azione Nazionale (PAN) elaborato dal ministero dello Sviluppo Economico. In pratica questo strumento fissa la strategia del Governo Italiano nello sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili e ne descrive le principali linee d'azione per raggiungere i risultati sopra riportati.

In questo senso il settore delle biomasse riveste una notevole importanza; infatti sommando gli obiettivi di energia da fonte rinnovabile per il 2020 ripartiti in elettricità, calore/raffrescamento e trasporti, al complesso delle biomasse solide (in larga parte legnose) viene richiesto di produrre il 44% di tutta l'energia da fonti rinnovabili. Per raggiungere tale obiettivo è auspicabile il miglioramento dei meccanismi di pianificazione a livello regionale e locale, attraverso l'interazione tra gli indirizzi di programmazione ed i piani settoriali territoriali, in conformità ai principi comunitari e internazionali sullo sviluppo sostenibile.

6.6 Priorità strategiche

Nei paragrafi precedenti è stato evidenziato il ruolo centrale che i boschi nazionali e il settore produttivo ad essi collegato svolgono per contrastare gli effetti del cambiamento climatico. Tale ruolo è stato ulteriormente evidenziato con la diffusione da parte della Commissione europea del Libro verde dal titolo "La protezione e l'informazione sulle foreste nell'UE: preparare le foreste al cambiamento climatico" (2010b). Obiettivo principale è quello di avviare un dibattito volto a definire delle strategie di protezione che dovrebbero puntare oggi e per il prossimo futuro, a garantire la continuità dei servizi e delle funzioni che le foreste svolgono.

Tale necessità nasce dai risultati presentati nella relazione IUFRO[51](*International Union of Forest Research Organizations*) del 2009 nella quale si dichiarava come, negli ultimi cinquant'anni, a fronte di un trend di accrescimento delle foreste europee positivo, i cambiamenti climatici in atto abbiano già presentato ripercussioni sugli ecosistemi forestali. Ciò porterebbe al rischio reale di una forte riduzione nella capacità dei boschi e delle foreste di regolare la concentrazione di carbonio in atmosfera determinando un aumento di quest'ultima e accelerando in questo modo gli effetti provocati dal cambiamento climatico. In particolare per la regione mediterranea che

49 Decreto legge n. 159, convertito con la legge n. 222/07, all'art. 26 viene disciplinata direttamente la materia dei certificati verdi.

50 Commissione Europea (CE), "20 20 by 2020 - Europe's climate change opportunity", Comunicazione N. 30/2008.

51 Making forests fit for Climate Change, a global view of climate-change impacts on forests and people and options for adaptation.

rappresenta una delle aree più critiche del globo negli scenari dei futuri cambiamenti globali, è quindi necessario intraprendere misure concrete, elaborate in una strategia integrata di mitigazione e adattamento, che salvaguardino gli ecosistemi forestali del nostro paese e che coinvolga il settore produttivo ad essi collegato. I benefici economici derivanti dagli interventi di mitigazione e di adattamento superano di gran lunga i rispettivi costi, e consentono di ridurre in modo considerevole i costi complessivi di riparazione dei danni provocati dai cambiamenti climatici.

In questo contesto la gestione attiva delle foreste e la valorizzazione dei prodotti forestali rappresentano uno dei principali strumenti per ridurre i costi nella tutela delle risorse forestali e dei connessi aspetti ambientali, paesaggistici e ricreativi, compresa la mitigazione e l'adattamento degli effetti negativi del *climate change*. Inoltre per il nostro Paese ciò può rappresentare una importante opportunità per lo sviluppo economico e sociale delle aree rurali e montane.

È importante ricordare che, per gli ecosistemi forestali e le economie ad essi legate del nostro Paese, le strategie di mitigazione non possono prescindere dall'attuazione di adeguate misure di adattamento e non possono essere affrontate separatamente per ridurre la vulnerabilità agli impatti dei cambiamenti climatici.

Pertanto le priorità di adattamento a supporto e complemento delle strategie di mitigazione devono mirare a:

- mantenere ed incrementare una gestione multifunzionale dei sistemi forestali migliorando lo stato produttivo e di salute delle risorse forestali esistenti nel medio lungo periodo, riconoscendo e incentivando il ruolo dei gestori anche dove l'azione produttiva sia indiretta;
- incentivare forme di utilizzazione forestale che riducano al massimo i processi di degradazione del suolo;
- favorire la conversione di impianti monospecifici alloctoni con specie autoctone in sistemi tipici delle forme di vegetazione locale;
- favorire i dinamismi ed evoluzione dei meccanismi di resilienza dei boschi nei confronti delle modificazioni climatiche in atto;
- incrementare la diversità biologica forestale e degli ecotoni agrosilvopastorali tutelando i patrimoni genetici locali;
- prevenire e ridurre i danni alle foreste e alla rinnovazione naturale da eccessivo carico antropico e animale (domestico e selvatico negli ecosistemi forestali).

Attraverso un'azione coordinata e tenendo conto delle strategie sopra elencate, le **priorità strategiche di mitigazione** devono quindi contribuire a:

- incentivare e incrementare la gestione attiva del patrimonio forestale secondo i criteri di gestione forestale sostenibile e multifunzionale;
- monitorare e intervenire tempestivamente nella difesa e prevenzione da fitopatie e incendi boschivi, tutelando e migliorando la resistenza e lo stato di salute delle foreste;
- incentivare e incrementare la produzione nazionale di legname di qualità, da opera e per usi energetici;
- favorire azioni e processi produttivi in favore della riduzione dei fenomeni di deforestazione nei Paesi terzi;
- valorizzare la realizzazione di opere di imboschimento e rimboschimento in aree degradate e abbandonate, utilizzando specie autoctone di provenienza certificata e locale.

6.6.1 Misure di mitigazione e di adattamento: interventi operativi

Sotto il profilo operativo gli interventi realizzabili per migliorare la capacità di adattamento dei sistemi forestali al cambiamento climatico, la salvaguardia degli aspetti ecologici e gli interessi socioeconomici delle economie locali, possono essere molteplici.

La politica di Sviluppo Rurale oggi rappresenta in Italia il principale strumento per il finanziamento di azioni indirizzate alla mitigazione e all'adattamento dei cambiamenti climatici. Le misure di adattamento rivolte al settore forestale sono riconducibili agli interventi previsti nell'Asse 2 (misure dalla 221 alla 227) del Reg. (CE) n.1698/2005 nei Programmi di Sviluppo Rurale regionali, cofinanziati dal FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale). In particolar modo, con la recente riforma dell'*Health Check*, nella quale viene data maggiore coerenza ed un più chiaro indirizzo alle politiche, sono state individuate sei nuove sfide, a cui vengono destinate risorse aggiuntive. Di queste sfide, due sembrano essere di particolare importanza per il settore forestale:

- cambiamenti climatici: sono 15 le Regioni italiane che hanno attivato questa sfida con misure concentrate negli assi 1 e 2 dello sviluppo rurale;
- energie rinnovabili; pur essendo una sfida che viene considerata strategica per il raggiungimento degli obiettivi del Protocollo di Kyoto, risulta essere scarsamente valorizzata dal punto di vista economico, in quanto sul totale delle risorse aggiuntive (pari a 743 milioni di euro), solamente il 5,3% è stato destinato a tale settore.

Un primo contributo è arrivato dal Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali con il decreto pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana 74 del 30 marzo 2010, che ha emanato i "Criteri minimi concernenti le buone pratiche forestali[52]". In particolare gli interventi proposti dalle *baseline* sono rivolti a tutte le forme di governo (boschi cedui, alto fusto, di neo-formazione, impianti produttivi di pianura) per il raggiungimento degli obiettivi previsti dalle politiche di Sviluppo Rurale con particolare riferimento a:

- mitigazione degli effetti negativi dei cambiamenti climatici;
- sostenere e favorire la capacità di adattamento forestale in relazione ai cambiamenti climatici;
- maggiore resistenza e/o capacità di reazione, specifica e di sistema, a incendi e calamità naturali.

Entrando nello specifico di questo documento un approfondimento risulta necessario per i boschi di neo-formazione, che possono essere definiti come tutte quelle formazioni boschive di origine naturale e autoctona che si sono recentemente insediate a seguito della contrazione delle superfici agricole e dell'abbandono delle aree pascolive. Tali "neoformazioni", se correttamente gestite e indirizzate, rappresentano un'opportunità nella salvaguardia ambientale e nello sviluppo economico per le aree rurali e montane. Infatti, una corretta gestione selvicolturale potrebbe contribuire a valorizzare le potenzialità di queste formazioni non solo nella mitigazione dei cambiamenti climatici e nella salvaguardia della biodiversità, ma anche nel mantenimento e miglioramento dell'assetto idrogeologico del territorio, e dal punto di vista produttivo potrebbero rappresentare, in tempi medio - lunghi, una risorsa economica per le aree rurali e montane.

Oltre agli interventi proposti nel documento *baseline* e al fine di poter contribuire alla definizione di una strategia di adattamento efficace, si propone:

1. **Interventi selvicolturali mirati a potenziare la naturale capacità d'adattamento dei popolamenti forestali al cambiamento climatico, attraverso:**
   - forme di trattamento che agevolino la rinnovazione naturale, in particolare nelle formazioni forestali artificiali realizzate con specie alloctone o fuori areale;
   - forme di trattamento che favoriscano l'evoluzione naturale dei boschi di neo-formazione, cosi da definire strutture più stabili e capaci di garantire i servizi ecosistemici potenziali dell'area di formazione;
   - forme di trattamento che aumentino la diversificazione compositiva e strutturale e quindi il livello di stabilità del bosco e di difesa da fattori abiotici (in particolare, incendi) e biotici di disturbo che possono comportare un aumento dei rilasci di carbonio nell'atmosfera;
   - diradamenti per ridurre la competizione interna ai popolamenti e l'esposizione dei popolamenti forestali al rischio di siccità, facilitando la conservazione di una copertura continua nel tempo anche se temporaneamente più rada; inoltre possono fornire biomassa intercalare per fibre e/o energia;
   - aumento calibrato delle provvigioni e, in taluni boschi coetanei, allungamento del turno, con conseguente maggiore accumulo di sostanza organica nel suolo e produzione di assortimenti legnosi di maggiori dimensioni e ciclo di vita più lungo;
   - modalità di taglio ed esbosco a basso impatto ambientale, tali da favorire la conservazione degli elementi minerali e da limitare il compattamento del suolo e l'erosione superficiale.
2. **Tenere conto dei cicli di minima e di massima precipitazione, e della concentrazione autunnale delle piogge:**
   - nella progettazione;
   - nella selvicoltura e coltivazione;

52 Criteri che definisce a livello nazionale la base giuridica (baseline), mediante la quale può essere concesso, nell'ambito della Misura 225 dello Sviluppo Rurale un pagamento ad ettaro di superficie forestale a quei beneficiari che assumono volontariamente, nel rispetto delle vigenti norme in materia, impegni silvo-ambientali al di là dei pertinenti requisiti obbligatori vigenti.

- nella gestione ed uso dei suoli (es. lavorazioni suoli, regimazione idrica, viabilità, costruzioni, ecc.);
- nella stabilità dei versanti.

3. **Misure di stabilizzazione del Deflusso Minimo Vitale** per la salvaguardia e conservazione, inclusa quella biologica, del reticolo idrico superficiale. Come strumento per la valutazione ecosistemica può essere utilizzato l'indice di funzionalità fluviale (IFF)[53];
4. **Definire interventi selvicolturali specifici e stimare l'attitudine alla rinaturalizzazione ed ai rimboschimenti** per tipo climatico-ambientale, microclimatico e geopedologico, le modalità d'uso e relative superfici in relazione alla distribuzione della capacità idrica utile, della velocità di infiltrazione e della presenza di corpi drenanti nei terreni.
5. **Tecniche di uso e conduzione dei suoli forestali e agrari che comprendano gli effetti sulla:**
   - conservazione o miglioramento della capacità d'infiltrazione e di ritenzione idrica utile del terreno;
   - massima riduzione rispetto allo stato presente e nel tempo dell'erosione;
   - distribuzione e rallentamento delle acque "correnti";
   - riduzione effettiva ed efficace di rigonfiamenti, appesantimenti, instabilità di suoli anche in relazione alla pendenza.
6. **Misure di riduzione del rischio di incendi;** le strategie di prevenzione degli incendi dovranno tener conto dell'esigenza di affrontare stagioni di rischio più prolungate, incendi sempre più frequenti e intensi e superfici più vaste esposte al pericolo d'incendio. Le misure di mitigazione e adattamento comprendono:
   - attuazione di politiche volte a limitare l'abbandono delle aree forestali e l'acuirsi di fenomeni di degrado percorse da incendio;
   - incentivare la gestione attiva nelle aree ad alto rischio di incendio, applicando strategie su vasta scala di tecniche di riduzione del combustibile per garantire un contenimento del potenziale di innesco e una mitigazione dei danni conseguenti, prevedendo anche forme agropastorali e di pascolamento brado;
   - gestire le modalità pianificatorie e tecniche della conservazione delle risorse idriche e del deflusso superficiale anche in funzione della rapida disponibilità per il soccorso antincendio e la minimizzazione dei tempi tra ricarica dei mezzi aerei (elicotteri di rapido intervento) e terrestri del fronte d'incendio;
   - diradare e riordinare biologicamente e strutturalmente gli ex rimboschimenti;
   - favorire la diversificazione degli stadi di sviluppo e delle tipologie forestali presenti nel mosaico paesaggistico privilegiando specie con ridotta infiammabilità ed autoctone sulla base di zonizzazioni del rischio di incendio;
   - progettazione di infrastrutture per l'attacco diretto al fuoco (viabilità, viali parafuoco) calibrate in relazione al comportamento atteso dell'incendio, da definire in base ai modelli di combustibile per tipologie forestali ubicate nei territori.
7. **Progettare strade forestali, viabilità rurale, movimenti di terra, sbancamenti, cave, edificazioni, ecc.,** prevedendo con indagini geopedologiche ed idrologiche, gli effetti sull'abbassamento della linea piezometrica nel versante a monte, le modifiche al bilancio idrico dei suoli ed il drenaggio a fine opera, gli effetti a valle e, la riduzione effettiva ed efficace di rigonfiamenti, appesantimenti, instabilità di suoli e versanti anche in relazione alla pendenza.
8. **Determinare l'efficienza funzionale dei suoli e delle strutture forestali,** ai fini idrogeologici, idraulici e di conservazione delle risorse idriche.

Per valutare complessivamente l'effetto della gestione selvicolturale sulla fissazione di carbonio occorre tenere ovviamente conto dell'intera filiera dei prodotti legnosi ritraibili. Ad esempio, nel caso di soprassuoli a crescita relativamente lenta (quali tipicamente quelli di origine naturale, almeno in ambito mediterraneo) non è conveniente indirizzare la produzione verso assortimenti legnosi con ciclo di vita breve (come avviene, ad esempio, per fini energetici).

53 E' un metodo di valutazione dello stato di salute ecologica degli ambienti fluviali, basato sull'analisi speditiva dei parametri morfologici, strutturali e biotici dell'ecosistema preso in considerazione. Può essere applicato in qualunque ambiente d'acqua corrente, sia di montagna che di pianura, ambienti alpini e appenninici, insulari e mediterranei in genere.

In linea generale per i soprassuoli coetanei, se il ciclo di vita degli assortimenti prodotti è mediamente più breve del turno fisiocratico è conveniente adottare turni più lunghi di esso, mentre, al contrario, se il ciclo di vita degli assortimenti prodotti è mediamente più lungo del turno fisiocratico è conveniente adottare turni più brevi di esso, ammesso che possano essere raggiunte le soglie dimensionali per la produzione degli assortimenti desiderati (Corona *et al*., 1997). In pratica, considerando l'effetto di massimizzazione complessiva del carbonio atmosferico fissato nel legno e senza tenere conto dell'immagazzinamento di carbonio nel suolo, ne consegue il paradosso, non del tutto avvertito dai tecnici e dai ricercatori, che, come orientamento generale, in Italia potrebbe essere conveniente un allungamento dei turni per buona parte dei cedui e una loro riduzione per buona parte delle fustaie coetanee con benefici anche sulla commerciabilità del materiale ritraibile.

Sono note d'altra parte le molteplici difficoltà che condizionano le effettive possibilità di utilizzazione delle risorse forestali, limitando così le potenzialità di sviluppo d'imprese in grado di garantire i servizi ambientali e sociali del bosco. La diffusione dell'associazionismo rappresenta in tal senso uno strumento indispensabile per la gestione delle aree forestali, in grado di permettere, tra l'altro, l'uso di macchine e attrezzature tecnologicamente avanzate e a limitato impatto ambientale (Baldini *et al*., 2009).

In questo senso è opportuno sviluppare forme di gestione in grado di valorizzare la produzione di beni capaci di soddisfare consumi responsabili, di qualità e con forti legami con il territorio (Corona e Berti, 2010), in riferimento alla domanda di:

- legno come materiale da costruzione ottimale per le esigenze del costruire e dell'abitare sostenibile (a es., bioedilizia e arredo con legno massiccio/lamellare);
- prodotti non legnosi capaci di favorire la crescita di reddito sfruttando la fruizione turistico-ricreativa e culturale dei boschi, incentivando la loro certificazione e la tracciabilità;
- biomassa legnosa per energia, pur nella consapevolezza che la quantità di biomasse forestali utilizzabili a tal fine è comunque significativamente inferiore rispetto al consumo, e che è preferibile sostenere un uso a "cascata" del legno partendo dai suoi usi più nobili fono a quelli meno nobili.

6.6.2 La pianificazione forestale come strumento per la mitigazione e l'adattamento delle foreste al cambiamento climatico

Affinché la pianificazione forestale possa tener conto di eventuali cambiamenti provocati da situazioni climatico - ambientali differenti, è opportuno che le fasi di pianificazione, progettazione e gestione oltre che essere perfettamente integrate tra loro, siano realizzate in base ad una zonizzazione omogenea, dal punto di vista ecologico, dei cicli di precipitazione massima e minima, relativi alle tendenze stagionali e mensili (D'Aprile, 2003a e b).

La zonizzazione dovrebbe essere messa in relazione alle caratteristiche bio-ecologiche e fisionomiche delle vegetazioni, tratto non solo paesaggistico e/o naturalistico ma anche idoneo ad indicare, tramite il monitoraggio, quelle dinamiche e risposte rilevanti ai sensi delle modificazioni geomorfologiche, idrografiche e climatico-ambientali, (quindi di assetto del territorio), che scaturiscono sia dalle modificazioni climatiche riscontrate, sia dal variare delle destinazioni e modalità d'uso del territorio rurale e ambientale-forestale. Si ritiene necessario a tal fine effettuare aggiornamenti, adeguamenti e verifiche perché il clima e gli ecosistemi sono per natura dinamici.

6.6.2.1 **Criteri gestionali**

La variabilità delle variazioni climatiche che si registrano a livello locale e la necessità di seguire le modificazioni indotte e gli effetti sulle foreste richiede una sintesi operativa efficace e soprattutto non preordinata ad usi stabiliti a priori, ma basata sulle reali capacità produttive, non solo legnose. Nello scenario relativo agli adattamenti e/o agli impatti del clima, le fasi di programmazione e pianificazione della gestione forestale verificano ed elaborano la realtà di un dato ecosistema forestale.

In questo senso uno dei principali strumenti di pianificazione forestale idoneo potrebbe essere la "Norma Ecologica" (D'Aprile, 2003b, 1998a, 1998b, 1994). Prime applicazioni parziali e graduali dei principi, criteri e metodi hanno evidenziato risultati forse superiori alle attese (D'Aprile, 2001, 2000).

Mettere in relazione tra loro classici indici di classificazione strutturale delle piante forestali come per esempio la "posizione sociale" con il "grado di sviluppo" (condizioni di vigoria x salute = tendenza alla progressione, stazionarietà

o regressione) rivelano dinamismi a volte noti quanto inattesi, rispetto alla conoscenze "canoniche" o codificate. Queste consentono di stimare quale e quanta massa netta può essere asportata a livello di unità forestale.

Un tipo di approccio come la "Norma Ecologica" quale tecnica pianificatoria aperta consente di implementare non solo le forme d'uso rivolte alla produzione legnosa ma anche quelle inerenti la stima della produzione idrologica e protezione idrogeologica, la stima del'assorbimento di CO_2, la stima della variabilità e dinamismo della biodiversità vegetale e altro.

6.7 Proposte di indicatori di impatto

Per monitorare e valutare le azioni intraprese dalle politiche globali e locali nella mitigazione e adattamento delle foreste ai cambiamenti climatici sarebbe opportuno sviluppare idonei indicatori di adattamento. In questo senso la Commissione europea coadiuvata dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA), ha avviato i lavori per l'elaborazione di indicatori finalizzati a fornire informazioni sulla vulnerabilità di un determinato settore o regione e a dare un riscontro sulle modalità in cui le politiche e i sistemi in atto affrontino i problemi, valutandone così l'idoneità, l'efficienza e la flessibilità. Il primo adeguamento potrebbe avvenire dopo la conclusione dell'accordo UNFCCC su ulteriori interventi di mitigazione, visto che il grado di ambizione degli interventi futuri di riduzione delle emissioni inciderà sull'entità dell'adattamento in tutta l'UE.

Il Libro verde citato nei paragrafi precedenti adottato dalla Commissione europea (2010b), evidenzia che è possibile ridurre, grazie a un approccio integrato, intersettoriale e globale della ricerca, le incertezze per quanto concerne la precisione delle previsioni sugli impatti dei cambiamenti climatici, nonché sui costi e i benefici delle misure di mitigazione e adattamento. Tra i lavori di ricerca da svolgere, la Commissione raccomanda, tra l'altro, l'elaborazione di metodi globali e integrati, di indicatori e modelli a lungo termine per il miglioramento delle previsioni su scala regionale e locale. Questo consente una maggiore accessibilità ai dati disponibili e l'analisi approfondita degli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi, le modalità per aumentare la capacità di resistenza di questi ultimi, la promozione dei sistemi di informazione, o ancora il rafforzamento dei legami tra i ricercatori in Europa e nei paesi terzi.

Nella realtà operativa, gli obiettivi e criteri di gestione forestale volti a ridurre l'impatto delle modificazioni climatiche possono essere valutati e realizzati applicando indicatori pratici e tecniche relativamente semplici. Le foreste si inseriscono in uno scenario più ampio, e l'impatto delle variazioni climatiche richiederebbe la verifica sperimentale degli effetti delle forme d'uso forestale in tale scenario, ancorché la condizione climatica attuale e preesistente. Questa è condizione necessaria per capire quali sono le spinte e i fattori prioritari che influiscono, condizionano o causano impatti sulle diverse tipologie forestali, quali siano le "risposte" di queste ultime, e quindi su cosa basare gli interventi.

È necessario identificare a livello regionale, zonale, o di paesaggio, nonché per aree omogenee, quali sono le reali modificazioni climatico-ambientali avvenute e/o in corso a cui uno o più tipi di vegetazione sono suscettibili. Questo perché le variazioni climatiche ed i relativi effetti in ambito forestale non dovrebbero essere dedotti per similarità né generalizzati, ma identificati talvolta anche caso per caso (D'Aprile, 2010). Per identificare e quantificare la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, si potrebbero impiegare indicatori di monitoraggio distinti in tre livelli:

- **alto livello tecnologico**, scientifico ed informativo, di vasto raggio d'applicazione, necessario alla comprensione dei processi e dinamismi climatico-ambientali ed ecologico-forestali soggetti a variazioni ed alterazioni sia antropogeniche che non;
- **verifiche e misurazioni "in campo"**, sia come dati interfacciabili che di riscontro con quanto rilevato a livello di alta tecnologia, sia per il controllo e la selezione di fenomeni, processi e fattori che potrebbero confonderne i risultati, o che possono non essere rilevabili da tecnologie avanzate;
- **monitoraggio a terra** di parametri ambientali e forestali: per tipi forestali secondo i sistemi di nomenclatura europea e nazionali esistenti (Barbati *et al*., 2008) con e senza interventi, e loro comparazione nel tempo al fine di comprendere:
    - la risposta delle formazioni forestali ai fattori abiotici e degli interventi e azioni condotte dall'uomo;
    - gli effetti, al fine di prevenire degradi o danni a varia scala e capire quali interventi ed azioni siano più efficaci nella realtà operativa.

In ogni caso, è fondamentale accettare che i cambiamenti climatici e/o ambientali incidono su variabili e fattori e risorse più ampi che la vegetazione forestale in sé, la quale ne può però essere fortemente influenzata o anche subirne degli impatti.

Queste metodologie sono abbastanza avanzate, relativamente poco costose una volta che la strumentazione è acquisita, richiedono poco personale di elevata qualità professionale e possono coprire tutta la superficie nazionale. Una volta impostato il sistema, la maggior parte del lavoro consiste nell'aggiornare i database onde seguire l'evoluzione, o monitorare, l'evoluzione delle relazioni tra i parametri rilevati, le variazioni climatico-ambientali e gli interventi, di varia scala, adottati (o non adottati ma comunque esistenti sul territorio). Questa attività, che presiede a verifiche, accertamenti, valutazioni, programmazioni e controllo del settore appare di competenza pubblica e istituzionale sia per gli oneri, sia per le finalità e funzioni.

6.8 Indicatori pratici per la gestione forestale

È opportuno raccogliere una serie di informazioni utili volte a misurare la stabilità e l'efficienza ecologico-funzionale delle foreste. Quindi la valutazione dello stato fitosanitario, l'andamento dei regimi termo-udometrici, le caratteristiche quali-quantitative dei suoli nonché una serie di parametri ecologici e selvicolturali, rappresentano la base per la creazione di indicatori di impatto.

In prima analisi il confronto dei dati inventariali, forniti dall'ultimo Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio (INFC) e dal suo prossimo aggiornamento, permetterà di avere a disposizione una fonte informativa fondamentale sulla stima delle superfici del bosco. In particolare, avremmo a disposizione la variazione della superficie boscata nazionale (ha) ripartita nelle diverse categorie forestali, oltre ad informazioni dettagliate, tra cui i valori totali e per unità di superficie del volume della biomassa arborea nelle diverse tipologie colturali dei boschi. Particolare importanza assume la serie storica della superficie forestale media annua percorsa da incendio e della superficie media dell'evento incendio (ha) (Fonte: Registro Nazionale dei Serbatoi di Carbonio Agroforestale - database per il rilevamento annuale su base vettoriale delle superfici forestali percorse da incendio nel periodo 2008-2012 (Rilievo Aree boscate Percorse dal Fuoco-RAPF).

La salvaguardia del suolo contribuisce notevolmente a conservare e migliorare sia la sostenibilità degli usi forestali, sia la capacità idrica che la produttività ecologica della foresta, in cui rientra quella legnosa. In generale è quindi necessario monitorare, variando le priorità a seconda dei casi:

- rilevare i danni, le condizioni fitosanitarie riguardo sia alle sintomatologie diffuse di *stress* o danno per cause note e non note, e di deperimento;
- le possibili modificazioni del regime termo-udometrico dei suoli;
- le dinamiche di specie animali sia vertebrati che invertebrati, potenzialmente o realmente dannosi alla foresta;
- carico di ungulati non limitativo per la rinnovazione della foresta;
- il degrado del suolo per fenomeni erosivi o di costipamento oppure legato a modalità gestionali, quali attività selvicolturali e di utilizzazione forestale;
- il miglioramento del suolo in relazione all'uso, alla struttura ecologico - forestale;
- la presenza e/o il livello di inquinanti anche nel suolo (es. alluminio libero);
- l'andamento della rinnovazione da seme (mortalità, natalità, distribuzione, età, dimensioni, condizioni fitosanitarie e di crescita) in relazione alle condizioni di *humus*, erosione, struttura e composizione floristica, pascolo da parte di ungulati;
- la spontanea diffusione e distribuzione delle specie secondo le caratteristiche stazionali e/o sopravvenute modificazioni climatico-ambientali;
- le evoluzioni floristiche e strutturali della foresta in assenza di interventi, anche a livello fitosociologico e di *humus*;
- le densità di diradamento, di avviamento all'alto fusto, o altri interventi cui corrisponde l'inizio della rinnovazione e/o un minor impatto sul suolo, con particolare riferimento all'innesco di fenomeni erosivi ed all'ingresso di vegetazione protettiva;
- gli effetti dei vari tipi d'uso locale (es. turismo, ricreazione, attività selvicolturale, raccolta prodotti non legnosi) e non-locale (es. modificazioni del regime idrico, inquinamento, ecc.) e ricalibratura della gestione forestale;

- le correlazioni fra caratteri e/o proprietà stazionali e pedologici legati alle tipologie floristiche soprattutto nell'ambito della gestione a fustaia.

Ciò si può ottenere mediante strumenti ed indicatori applicativi quali ad esempio:

- la formazione di aree permanenti di monitoraggio quali "testimoni" delle tendenze evolutive del bosco in totale assenza di disturbo;
- zonizzazione della foresta basata su aree con caratteri di similarità climatica (esposizione, altitudine, morfologia), stazionale e pedologica nei caratteri e/o proprietà influenzanti la tipologia vegetazionale *in primis* e secondariamente l'indice di qualità stazionale (altezza dominante) mediante una progressiva delimitazione di "comprese ecologiche";
- interventi selvicolturali basati su analisi strutturali fitosociologiche utili nella identificazione dei criteri di intervento (posizione sociale e tendenza di sviluppo/condizioni fitosanitarie);
- ai fini della biodiversità e dell'adattamento a condizioni climatiche e/o ambientali modificate, il rilascio di specie diverse indipendentemente dalla posizione sociale e dallo stadio di sviluppo se non regressive o deperienti;
- l'assenza di un limite superiore di accrescimento diametrico;
- il prelievo di materiale legnoso inferiore all'accrescimento corrente;
- il sondaggio delle caratteristiche tecnologiche dei legnami qualora si delinei la richiesta di una produzione legnosa a più alto valore aggiunto;
- l'uso di sistemi di esbosco a minimo impatto sul suolo come criterio principale di scelta delle tecniche e tecnologie di utilizzazione forestale;
- progettare e/o sistemare la viabilità secondo caratteristiche idonee alla tipologia forestale ed al regime di precipitazioni;
- applicazione di analisi economiche secondo appropriati criteri di stima, multicriteri e multiobiettivo nella valutazione della realizzazione opere e/o destinazioni d'uso (es. analisi costi-benefici, "*goal programming*", Valore Attuale Netto, matrice del bilancio contabile, disponibilità a pagare, metodo della valutazione contingente, saggio di sconto sociale, ecc.).

6.9 Le associazioni forestali come indicatori

Le variazioni delle disponibilità idriche dovute alla riduzione delle precipitazioni e/o all'aumento delle temperature, può essere utilizzato come un importante indicatore di impatto dovuto a modificazioni climatiche (es.: abbassamento delle falde, riduzione della quantità di acqua nei suoli, maggior aridità, diminuzione delle portate dei corsi d'acqua, soprattutto di quelli più direttamente dipendenti dalle precipitazioni locali e regionali per il reintegro dei corpi idrici sotterranei, ecc.). Le associazioni vegetali e forestali, allorché riunite sulla base di simili caratteristiche, esigenze, o capacità possono formare dei validi indicatori ambientali che, tramite il monitoraggio, consentono di verificare e quando materialmente possibile prevenire od attenuare gli effetti o le conseguenze di cambiamenti nella disponibilità di fattori fisico-ambientali direttamente od indirettamente dovuti a fenomeni non controllabili a livello di gestione ambientale-forestale.

Si osservano sempre di più casi di variazioni delle composizioni floristiche ed in particolare forestali dovute ad uno scarso apporto idrico, determinando:

- scomparsa o forte contrazione di ecosistemi specializzati come quelli ripari;
- riduzione marcata di biodiversità;
- impoverimento del paesaggio;
- grave danno alla regimazione idraulica; gli alvei in cui i flussi idrici si sono modificati tendono a essere colonizzati da specie arbustive ed arboree in lunghi tratti, creando pericolose ed estesi intasamenti del reticolo idrografico;
- scomparsa dell'azione di fitodepurazione delle acque.

7 SETTORE ENERGETICO

Autori: Andrea Costantini Scala, Francesco Asdrubali, Andrea Presciutti

7.1 Situazione attuale e best practice

7.1.1 Analisi della domanda del settore

Dall'analisi dei dati resi disponibili da Terna nell'anno 2009 e relativi all'anno 2008, si può osservare come in Italia i consumi energetici finali siano attribuibili per circa il 47,5% al settore industriale (manifattura, costruzioni, energia), per il 29,3% al terziario (trasporti, commercio), per il 21,4% al settore domestico e residenziale, mentre il settore dell'agricoltura è responsabile di solo l'1,8% dei consumi finali di energia (Fig.7.1).

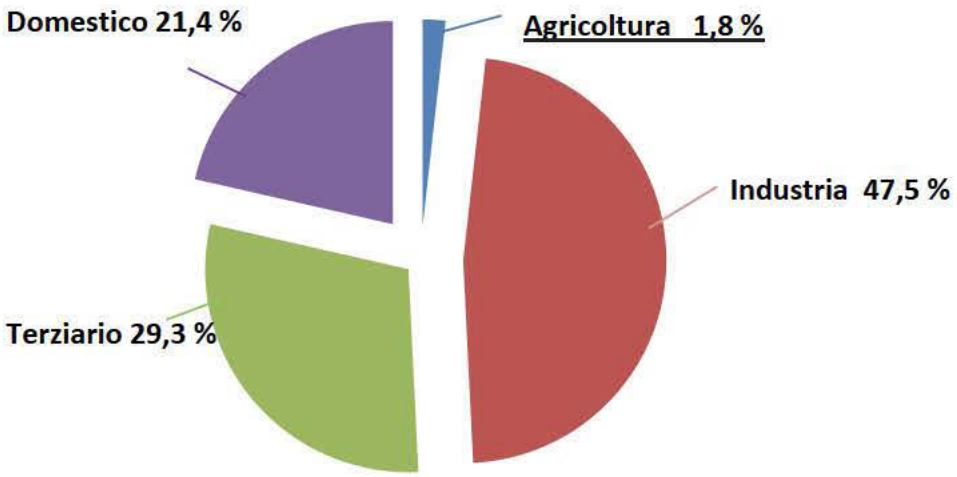


Fig 7.1: Quote di uso finale dei consumi nazionali di energia per settore (2008) (Terna spa, dati statistici 2008)

Il valore totale del consumo di energia elettrica in Italia nel 2008 è stato pari a pari a 319 TWh; per il comparto agricolo il consumo è stato pari a 5,67 TWh, con un aumento rispetto all'anno 2007 dello 0,2%.

Dal 2001 i consumi energetici totali del settore agricolo si sono attestati, al di là di piccole variazioni, attorno ai 3.300 ktep; il dato di consumo per l'anno 2007 è stato di 3.321 ktep. Per quanto riguarda le fonti energetiche sfruttate, si può osservare una netta preponderanza dei prodotti petroliferi (74% dei consumi) anche se si segnala una leggera riduzione della loro rilevanza relativa. Risulta essere in aumento il *trend* di utilizzo di gas che pesa per il 4,7% sugli impieghi totali di energia del settore, così come il consumo di energia elettrica, che rappresenta il 14,7% dei consumi energetici totali in agricoltura (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile - ENEA Rapporto Energia ambiente 2008).

Tra le fonti rinnovabili viene evidenziato il consumo di biomassa che ai fini energetici risulta quasi raddoppiato nel 2007 rispetto al valore del 2001, con un valore che si attesta attorno a 220 ktep, ossia il 6,6% dei consumi totali del settore.

7.1.2 Analisi della domanda per tipologia di filiera e per fonte

Grazie ad uno studio effettuato dalla regione Piemonte (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999), è possibile identificare e quantificare le principali attività energivore legate al settore della zootecnia e dell'agricoltura. Nei paragrafi successivi si riporta una sintesi del documento che individua le principali attività che necessitano di un elevato quantitativo di energia, suddivise per filiere:

- filiera zootecnica da latte;
- filiera zootecnica da carne;
- allevamenti avicoli da uova;

- coltivazione protetta;
- coltivazione estensiva.

7.1.2.1 **Filiera zootecnica da latte**

I consumi energetici della filiera zootecnica da latte sono principalmente quelli di energia elettrica e sono attribuibili ai seguenti processi:

- ventilazione degli ambienti,
- illuminazione,
- preparazione alimenti,
- governo,
- distribuzione alimenti,
- mungitura,
- refrigerazione latte.

I consumi di energia termica invece sono dovuti a:

- riscaldamento acqua per il lavaggio (impianto e mammelle),
- riscaldamento sala mungitura.

Altra voce significativa di consumo energetico nella filiera zootecnica da latte, è quella relativa alla ventilazione e al riscaldamento degli ambienti, variabile in base al numero e alla tipologia dei ventilatori installati.

Nella tabella 7.1, in base allo studio menzionato (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999), vengono riassunti i valori medi dei consumi elettrici e termici specifici (per tonnellata di peso vivo, per capo o per Kg di latte prodotto relativi alle diverse attività in una filiera di allevamento di bovini da latte.

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo elettrico (kWh/gg. t pv)**
	Illuminazione	valori min estivi valori max invernali	0,01-0,1
	Utenza	**Note**	**Consumo elettrico (kWh/gg. capo)**
	Governo	valori min stabulazione libera valori max stabulazione fissa	0,06-0,22
	Distribuzione alimenti		0,075
	Mungitura	kWh/capo: 0,06-0,08 (secchio); 0,08-0,10 (lattodotto); 0,12-0,20 (sala)	0,05-0,20
	Utenza	**Note**	**Consumo elettrico (kWh/gg. Kg latte)**
	Refrigerazione latte	da 35 a 4 °C	0,02
CONSUMI TERMICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo termico (kWh/gg. capo)**
	Lavaggio (impianto, mammelle)		0,5
	Riscaldamento sala mungitura	10-12 °C (solo invernale)	0,25

Tabella 7.1: Consumi elettrici e termici giornalieri per un allevamento di bovini da latte (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999).

7.1.2.2 **Filiera zootecnica da carne**

Nell'analisi relativa alla filiera zootecnica da carne i principali allevamenti energivori risultano gli allevamenti

- bovini,
- suini,
- avicoli.
-

7.1.2.2.1 ***Bovini***

In generale, gli allevamenti di animali da carne non necessitano di impianti di riscaldamento se non nel caso dei capi di giovane età che hanno bisogno di temperature più elevate di quelle tipiche invernali per garantire la sopravvivenza. Per migliorare il *comfort* termico, è utile prevedere un'area con soffitto più basso e strutture che trattengano l'aria, come ad esempio pareti plastiche. Nel dimensionamento di eventuali interventi di risparmio e razionalizzazione dell'energia per il riscaldamento occorre tener conto della reale necessità di calore, che sarà proporzionale al numero di capi partoriti durante la stagione fredda, e alla scalarità delle nascite.

Gli animali sono molto sensibili allo *stress* da caldo del periodo estivo, per cui è importante favorire la ventilazione naturale ed intervenire anche con sistemi di raffrescamento (ventilatori, doccette, *cooling*) a convezione forzata che comportano un consumo elettrico. (Si veda quanto riportato nel capitolo 3 dedicato al "*Settore zootecnico*").

Nella tabella 7.2 vengono riportati i valori medi dei consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di vitelli a carne bianca.

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo elettrico (kWh/gg·t pv)**
	Ventilazione ambientale	350-400 m3/h·t pv (invernale); 950-190 m3/h·t pv (estiva)	0,5-1,4
	Illuminazione	Valori min estivi – valori max invernali	0,01-0,1
	Preparazione alimenti	Latte in polvere rigenerato a 45°C	7

Tabella 7.2: Consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di vitelli a carne bianca

7.1.2.2.2 ***Suini***

I principali consumi energetici nel settore dell'allevamento suinicolo sono dovuti a:

- riscaldamento;
- ventilazione;
- pompaggio acque.

Nella stagione invernale si ha in genere la necessità di circa 20.000 m^3/h di ricambio d'aria, consumando energia per il relativo riscaldamento e movimentazione. In inverno generalmente la temperatura interna dell'allevamento deve essere mantenuta superiore ai 17°C, per cui l'aria entrante deve subire un riscaldamento medio di circa 15 °C. Il calore prodotto dagli animali è di 45.000 kcal/h, sufficiente a riscaldare di 16 gradi una quantità di aria di circa 11.500 Kg (9.400 m^3). In questa situazione il sistema sarebbe autosufficiente dal punto di vista termico per un ricambio d'aria pari a circa 9.000 m^3/h, pari al 45% di quanto richiesto dalla buona tecnica di allevamento: per sopperire alla quota di calore mancante generalmente si ricorre alla combustione di fonti convenzionali, per lo più gasolio bruciato in caldaia. Il fabbisogno di calore, per i quantitativi di aria richiesti, è pari a 50.600 kcal/h e si può ottenere bruciando 6 Kg di gasolio, per un consumo totale giornaliero di 144 Kg, pari a circa 170 litri, che equivale a un consumo termico specifico di circa di 1,2 kWh a capo, al giorno.

Uno studio approfondito (tabella 7.3) dei consumi del settore è stato condotto dal Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA) e riportato nell'Allegato al documento IPPC del 31-5-2007 "Linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili per allevamenti di pollami e suini" (IPPC D. Lgs 372/99: "Linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili Categoria IPPC 6.6: impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini, G.U. 31/5/2007).

Fonte Energetica (Wh/gg)	**Tipo di allevamento**		
	Ciclo chiuso	**Riproduzione**	**Ingrasso**
Consumi elettrici	117	108	62
Gasolio	178	177	35
Metano	13	17	0
Olio combustibile	27	11	77
Gas liquido	26	65	1
Totale consumi termici	243	270	113
Totale consumi energetici	**360**	**378**	**175**

Tabella 7.3: Entità media del consumo energetico per tipologia di allevamento suino e per fonte energetica impiegata

Si è stimato che il consumo energetico medio per capo di suino in Italia è pari a 319 Wh al giorno. I valori massimi si sono riscontrati per allevamenti di riproduzione mentre quelli più bassi negli allevamenti ad ingrasso.

Il consumo dipende anche dalle dimensioni dell'azienda, in quanto per aziende con un numero di capi inferiore a 500 si riscontra un consumo di 236 Wh/giorno, mentre per aziende con un numero di suini superiore a 3000 si evidenziano consumi unitari medi di 444 Wh al giorno. Tale differenza di consumi è legata all'incremento delle tecnologie adottate all'aumentare del numero di capi allevati. In tabella 7.4 si riporta il consumo energetico in funzione del tipo di allevamento suino e per fonte energetica utilizzata in Italia.

Dalle analisi condotte dal CRPA si evince come negli allevamenti suini il gasolio copra il 45% dei fabbisogni energetici, fatta eccezione per gli allevamenti ad ingrasso dove la quota scende al 20%, poiché per questa tipologia sono il gas e l'olio combustibile a coprire oltre il 44% del fabbisogno aziendale. Il consumo di energia elettrica rappresenta il 35% dei consumi globali, la quota può salire notevolmente se all'interno dell'azienda si inseriscono depuratori per il trattamento dei liquami.

Generalizzando i dati menzionati per differenti valori di temperatura esterna, tipologia di allevamento e dimensione aziendale si perviene ai valori di consumo specifico riportati in tabella 7.4.

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo elettrico**
	Ventilazione ambientale	35-40 m3/h·capo (estiva)	0,040-0,180 kWh/gg·capo
	Preparazione alimenti	Via liquida (pastone), via secca	0,020 – 0,040 kWh/gg·tpv
CONSUMI TERMICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo termico (kWh/gg·scrofa)**
	Riscaldamento	Solo invernale	1,1 – 1,2 kWh/gg·capo

Tabella 7.4 : Consumi energetici specifici giornalieri ed annui per allevamenti di suini da ingrasso (20 – 120 Kg)

7.1.2.2.3 *Avicoli*

Il controllo della temperatura all'interno degli allevamenti avicoli risulta di fondamentale importanza in quanto un ambiente termicamente controllato massimizza la crescita degli animali e permette di avere una minore incidenza di malattie.

Pertanto, nell'allevamento dei volatili in capannoni, gli scambi termici con l'esterno possono causare consumi energetici molto elevati. Il sistema di isolamento e coibentazione delle superfici disperdenti è quindi il discriminante nell'ottimizzazione dei consumi per riscaldamento negli allevamenti avicoli. Nel documento IPPC vengono riportati nello specifico consumi dell'ordine di 13 – 20 Wh/giorno a capo per il riscaldamento nella fase iniziale del ciclo effettuato con "madri artificiali" e un ulteriore consumo di 4-9 Wh al giorno per ventilazione, preparazione e distribuzione degli alimenti (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999).

Come per gli allevamenti di suini e bovini da carne, i consumi si differenziano su base stagionale: se in inverno è prevalente il consumo termico per riscaldamento, durante il periodo estivo la maggiore incidenza è imputata al consumo elettrico per la ventilazione mantenendo pressoché costante il consumo medio mensile totale dell'azienda. Una sintesi dei consumi energetici (IPPC D. Lgs 372/99: "Linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili Categoria IPPC 6.6: impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini, G.U. 31/5/2007) in allevamenti avicoli da carne (allevamento a terra) è riportata in tabella 7.5.

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo elettrico**
	Incubazione		5,0 – 12,0 (kWh/gg·1000 uova)
	Madri artificiali		13 - 20 (kWh/gg·1000 pulcini)
	Preparazione e distribuzione alimenti		0,4 – 0,6 (kWh/gg·1000 capi)
	Ventilazione	2.000 m^3/h per 1.000 capi (invernale); 1.200 m^3/h per 1.000 capi (estiva)	0,10 – 0,14 (kWh/gg·1.000 capi)
CONSUMI TERMICI GIORNALIERI	**Utenza**	**Note**	**Consumo termico**
	Riscaldamento acqua (invernale)		1,2 – 1,4 (kWh/gg·1.000 capi)

Tabella 7.5: Consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di avicoli da carne (allevamento a terra)

7.1.2.3 **Filiera zootecnica per la produzione di uova**

Per quanto riguarda gli allevamenti di ovaiole, il riscaldamento artificiale dei ricoveri non viene di norma praticato data l'elevata densità dei capi. I consumi elettrici per illuminazione diventano per tali tipologie di allevamenti la voce sicuramente più rilevante.

Il parametro da tenere in considerazione è sempre la quantità di luce da fornire agli animali (o illuminamento ottimale) che in questo caso è di 11 lumen a metro quadro (11 lux) a livello degli occhi degli animali.

Nei mesi invernali, quando il periodo di illuminazione naturale è più breve, i consumi elettrici giornalieri per illuminazione artificiale raggiungono i valori di 0,15-0,4 Wh per capo.

Ulteriori consumi elettrici significativi sono legati all'impiego di nastri trasportatori (1 kW per 50-60 m di Nastro e di 1,5 kW per l'azionamento dei servizi di banco) (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999).

Nella tabella 7.6 vengono riportati i valori medi (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999) dei consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di avicoli da uova (allevamento in batteria).

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	Utenza	Note	Consumo elettrico (kWh/gg·1.000 capi)
	Illuminazione	Modifica del fotoperiodo, fino a 10 – 12 h/gg	150 - 400
	Conservazione uova		0,30 – 0,35
	Altre (preparazione distribuzione alimenti, ventilazione ecc)		2,3 – 3,0

Tabella 7.6. Consumi energetici specifici giornalieri ed annui per allevamenti di avicoli da uova (allevamento in batteria)

7.1.2.4 **Filiera colture protette**

Nel termine filiera delle colture protette si includono quelle tipologie di aziende che impiegano mezzi di protezione quali *tunnel* e serre. La distinzione fra le due tipologie è riferita alle attrezzature utilizzate per la protezione ed ai volumi coperti per metro quadro di superficie. In particolare i *tunnel* sono realizzati con materiale più economico, sono strutture mobili, dotate di riscaldamento occasionale, in base alle necessità, ed hanno un rapporto volume/superficie minore di 1,8.

Al contrario le serre sono strutture fisse dotate di sistemi di riscaldamento, di isolamento, cui si affiancano sistemi d'irrigazione, d'illuminazione artificiale e di controllo climatico; richiedono investimenti mediamente elevati e hanno volumi specifici superiori a 1,8 m^3/hm^2.

Circa il 20-30% delle serre italiane sono dotate di impianti di riscaldamento, di solito alimentati da caldaie a gasolio. E' stato calcolato (fertirrigazione.it) che, per la sola climatizzazione, il consumo diretto di energia si aggira intorno ai 140.000 TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio), che corrispondono a circa il 90-95% dell'energia globalmente necessaria alla produzione.

Il D.M. 26 febbraio 2002 (D.M. 26 febbraio 2002: " Determinazione dei consumi medi dei prodotti petroliferi impiegati in lavori agricoli, orticoli, in allevamento, nella silvicoltura e piscicoltura e nelle coltivazioni sotto serra ai fini dell'applicazione delle aliquote ridotte o dell'esenzione dell'accisa."), riporta un consumo medio giornaliero per il riscaldamento delle colture protette di 0,6 kWh al metro quadro per le serre del Nord Italia e di 0,3 kWh per il Sud.

Tenendo conto delle variazioni stagionali, colturali e d'ubicazione della serra, il consumo energetico può variare moltissimo in funzione delle epoche di coltivazione, dei fabbisogni termici della coltura e del prezzo del combustibile utilizzato, rappresentando comunque una voce consistente dei costi dell'azienda, visto che i consumi di gasolio possono raggiungere valori anche di 40 Kg/m^2/anno per una serra utilizzata tutto l'anno.

Il metodo solitamente utilizzato per il riscaldamento delle culture protette è l'impiego di teli per la copertura del terreno sopra i quali viene riportato uno strato di sabbia dello spessore di circa 5 cm nel quale vengono annegati i tubi di riscaldamento caratterizzati da una temperatura di esercizio di circa 50°C.

Nella tabella 7.7 vengono riportati i valori medi dei consumi specifici elettrici e termici per la climatizzazione ambientale di una serra (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999).

CONSUMI ELETTRICI GIORNALIERI	Utenza	NOTE	Consumo elettrico (kWh/gg·m^2)
	Ventilazione	15 – 20 m^3/h·m^2 (se praticata)	0,070 – 0,160
	Illuminazione	Valori minimi fotoperiodica in relazione al mese; valori massimi continua	0,030 – 0,10 0,30 – 0,35
	Irrigazione	A goccia frequentemente continuativa	12,0 – 13,0
CONSUMI TERMICI ANNUI	**Utenza**	**NOTE**	**Consumo termico (Kg_{ep}/anno·m^2)**
	Riscaldamento	Variabile in relazione alla coltura e alla località	3 – 50

Tabella 7.7: Consumi elettrici giornalieri ed annuali specifici per la climatizzazione di una serra

7.1.2.5 **Filiera colture estensive**

Una delle voci principali di consumo energetico per le colture in pieno campo è quello destinato all'irrigazione. Si stima, infatti, che nel mondo vi sia solo il 15% di superficie irrigata, ma che essa fornisca il 30% della produzione mondiale. L'energia utilizzata a fini irrigui si divide in energia diretta, usata per sollevare e spingere l'acqua in pressione nelle tubazioni, e energia indiretta, usata per realizzare le sistemazioni idrauliche, per la posa delle tubazioni, ecc. La relazione tra queste due entità varia moltissimo da tipologia a tipologia di impianto. Ad esempio per un'irrigazione a scorrimento, l'energia indiretta utilizzata per la sistemazione del terreno è molto più rilevante di quella diretta, in quanto in questo caso non viene richiesta pressione per inviare l'acqua sulla coltura. Viceversa, in un sistema con irrigazione a pioggia, non vengono fatte sistemazioni, per cui l'energia diretta è molto superiore a quella indiretta.

L'efficienza irrigua ha una grossa influenza sui consumi energetici per metro cubo di acqua effettivamente utilizzabile dalla pianta: in particolare (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999) l'irrigazione a scorrimento comporta consumi notevolmente inferiori rispetto allo stesso volume di acqua distribuito con l'irrigazione a pioggia.

In sintesi, in base alla tipologia di sistema di irrigazione, si possono considerare i valori di consumo energetico specifico evidenziati in tabella 7.8:

TIPOLOGIA IMPIANTI	ENERGIA CONSUMATA (kWh/ha)	ENERGIA CONSUMATA (kWh/m^3)
impianto stanziale	659	0,45
rotolone gigante	968	0,73
rotolone con barra	677	0,71
pivot	530	0,64

Tabella 7.8 Consumi energetici di alcuni sistemi irrigui

Con riferimento al DM 26/02/2002 (D.M. 26 febbraio 2002: "Determinazione dei consumi medi dei prodotti petroliferi impiegati in lavori agricoli, orticoli, in allevamento, nella silvicoltura e piscicoltura e nelle coltivazioni sotto serra ai fini dell'applicazione delle aliquote ridotte o dell'esenzione dell'accisa.") si riportano in tabella 7.9 i consumi irrigui in kWh per ettaro necessari per le diverse tipologie di coltivazione e il loro peso percentuale rispetto al consumo totale.

Coltivazione	**Energia consumata (kWh/ha anno)**	**% su consumi totali (**compreso combustibile per macchine agricole**)**
Cereali	960	36
Mais da granella	1320	19
Mais foraggero	1320	42
Erbai	660	20
Barbabietole e patate	2150	41
Vite Olivo	4000	36

Tabella 7.9 Consumi energetici di energia primaria (gasolio) di alcuni sistemi irrigui

7.1.2.6 **Essiccazione e conservazione dei cereali**

Il processo di conservazione dei cereali richiede come primo atto la rimozione dell'umidità dal prodotto, in quantità tale da garantirne la sua conservazione, riducendo i rischi di attacchi di funghi, insetti, fermentazioni e respirazioni. L'umidità del prodotto viene generalmente ridotta a valori inferiori al 15% (umidità commerciale 15,5% per grano e mais) nel caso di granella e di foraggi. Vi sono poi casi particolari, come i semi oleosi, che vengono conservati con contenuto di umidità inferiore al 12%, per preservare la frazione oleosa del seme. Tale processo viene normalmente effettuato con aria calda (essiccazione) oppure con aria ambiente, quando consentito (aerazione). In casi particolari, una parziale essiccazione si ottiene con aria fredda o a temperatura più bassa (*dryaeration*, refrigerazione della granella).

Il processo di essiccazione è altamente dispendioso in termini energetici, in quanto deve provocare l'evaporazione dell'acqua inglobata nella struttura del prodotto, pertanto non è sufficiente somministrare un quantità di calore pari al calore latente di vaporizzazione dell'acqua (595 kcal/Kg di acqua) ma va aggiunta una ulteriore quota di energia.

Nel caso dell'essiccazione del mais, per portare l'umidità della granella dai valori tipici del momento della raccolta, pari a 26-28% (a volte può arrivare al 30-35%), fino ai valori richiesti per la conservazione (13-14%), i consumi energetici unitari, per tonnellata di prodotto essiccato, sono pari al 40% dell'energia consumata per l'intera produzione del cereale, incluse le lavorazioni ed i fertilizzanti impiegati, ovvero comportano richieste termiche per 170.000-180.00 kcal/t di granella verde, che equivalgono a circa 200-250 Kg di gasolio per ettaro, nel caso di coltivazioni di mais in Piemonte. L'essiccazione tuttavia, pur garantendo migliori condizioni di conservazione a lungo termine, comporta svantaggi quali:

- la perdita di peso di prodotto vendibile: nel caso del mais e del grano l'umidità commerciale è del 15,5%, e vendere il prodotto più secco comporta perdite economiche fino al 3%.
- i maggiori consumi energetici: per asportare 1 punto percentuale di umidità al disotto del 16% i consumi energetici sono maggiori del 30% rispetto alla stessa perdita di acqua da un cereale al 20%.

In particolare si può notare come una riduzione minima del tasso finale di umidità del prodotto (-0,7% di umidità passando da 15,5% a 14,8%) comporta un aumento dei consumi specifici del 9% passando da 925 a 1.014 kcal per chilogrammo di acqua evaporata. Viceversa, una aumento del 2,6% del tasso finale di umidità (da 15,5% a 18,1%) comporta una riduzione dei consumi specifici del 21% circa.

Un semplice accorgimento per migliorare l'efficienza del processo di essiccazione e ridurre i consumi è quello di effettuare l'essiccazione in due passaggi, oppure con una fase di riposo nella quale il prodotto riequilibra l'umidità all'interno e all'esterno del seme. Soprattutto nei processi molto veloci, il seme si essicca facilmente nelle parti esterne, mentre conserva un grado di umidità più elevato all'interno; lasciando riposare la granella per qualche ora prima di effettuare una seconda essiccazione, l'umidità si dispone più uniformemente e viene facilitata la fase successiva. È inoltre conveniente asportare gli ultimi punti di umidità a spese del calore sensibile e latente del cereale: dopo la fase di assestamento e di migrazione dell'umidità, il cereale già stoccato viene fatto attraversare da un flusso d'aria con un contenuto di umidità inferiore a quella del cereale appena essiccato. L'aria ambiente che attraversa la granella calda assorbe umidità a spese del calore latente e sensibile della granella stessa. Questo processo viene attuato ormai in tutti gli essiccatoi di nuova concezione, dove il calore recuperato dall'aria viene reimmesso nell'essiccatoio previo riscaldamento. Vi sono poi tecniche complementari all'essiccazione come la refrigerazione e la

dryaeration. Per quanto riguarda la refrigerazione, l'aerazione della granella con aria refrigerata ha lo scopo di raffreddare e deumidificare il cereale appena essiccato, per consentirne lo stoccaggio senza fermentazioni e senza attacchi di insetti, anche con un'umidità del prodotto superiore a quella del prodotto conservato in modo tradizionale. Tale operazione viene fatta con macchine mobili, che vengono connesse ai condotti di aerazione del prodotto stoccato e immettono aria con temperature e umidità controllate. Si riportano nella tabella seguente (tab. 7.10) i consumi specifici relativi al processo di essiccazione.

CONSUMI ELETTRICI	**Utenza**	**Note**	**Consumo elettrico (kWh/t prodotto)**
	Ventilazione	Essiccazione a bassa temperatura: Q_{aria} = 80-150 m^3/Kg H_2O da evaporare Essiccazione ad alta temperatura: Q_{aria} = 50-70 m^3/Kg H_2O da evaporare	15 – 20
CONSUMI TERMICI	**Utenza**	**Note**	**Consumo termico (kWh/Kg H_2O evap)**
	Calore di evaporazione	T aria essiccazione: 40°C (semente), 120°C (mangime)	1,105 – 1,512

Tabella 7.10: Valori medi dei consumi specifici elettrici e termici per il processo di essiccazione dei cereali

I valori relativi al consumo di energia per processi di essiccazione sono riportati nel D.M. 26/02/2002 (D.M. 26 febbraio 2002: "Determinazione dei consumi medi dei prodotti petroliferi impiegati in lavori agricoli, orticoli, in allevamento, nella silvicoltura e piscicoltura e nelle coltivazioni sotto serra ai fini dell'applicazione delle aliquote ridotte o dell'esenzione dell'accisa.") per diverse coltivazioni, insieme al peso percentuale che esse hanno dei consumi totali dell'azienda (Tab. 7.11).

Coltivazione	**ENERGIA CONSUMATA (kWh/ha anno)**	**% su consumi totali** (compreso combustibile per macchine agricole)
Riso	1.320	36
Mais da granella	2.630	43
Erbai	660	50
Soia	2.150	28

Tabella 7.11: Valori medi annuali di consumo di gasolio per processi di essiccazione

In tabella 7.12 sono riportati, in sintesi, i consumi totali medi annuali e giornalieri di gasolio per la coltivazione ed eventuale essiccazione di diversi prodotti agricoli. Per lavori straordinari sono intesi i processi di irrigazione e di essiccazione.

		All'anno kwh/ha	Al giorno kwh/ha
Cereali	Lavori ordinari	1690	4,63
	Lav straordinari	1760	4,82
Riso	Lavori ordinari	2280	6,25
	Lav straordinari	1320	3,62
Mais e granella	Lavori ordinari	2040	5,59
	Lav straordinari	3950	10,82
Mais foraggero	Lavori ordinari	1770	4,85
	Lav straordinari	1320	3,62
Erbai	Lavori ordinari	960	2,63
	Lav straordinari	2290	6,27
Barbabietole e patate	Lavori ordinari	2150	5,89
	Lav straordinari	3550	9,73
Soia Colza e girasole	Lavori ordinari	1740	4,77
	Lav straordinari	2520	6,90
Vite da vino olivo e agrumi	Lavori ordinari	4480	12,27
	Lav straordinari	5070	13,89

Tabella 7.12 consumi totali medi annuali e giornalieri di gasolio per la coltivazione ed eventuale essiccazione di diversi prodotti agricoli (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999).

7.1.3 Quadro di Sintesi

Sula base di quanto riportato nei paragrafi precedenti, si possono riportare alcuni dati di sintesi relativi alle principali filiere esaminate (tabella 7.13).

TIPO DI ALLEVAMENTO	CONSUMO SPECIFICO
Bovino carne	0,1 – 0,2 kWh per capo al giorno
Bovino latte	0,8 – 1,6 kWh per capo al giorno
Suino	0,1 – 0,4 kWh per capo al giorno
Avicolo galline ovaiole	3,5 – 4,5 kWh per 1000 capi al giorno
Avicolo polli all'ingrasso*	7 – 11 kWh per 1000 capi al giorno

Tabella 7.13: Consumi specifici medi per allevamenti

* Il consumo medio per polli da carne è estremamente variabile in funzione dell'età degli animali allevati: si va da minimi di circa 2 kWh per 1.000 capi al giorno per i polli a metà ciclo, a massimi di circa 20 kWh per 1.000 capi al giorno per i pulcini riscaldati con le madri artificiali.

In base ai dati di TERNA (Trasmissione Elettricità Rete Nazionale), si evince come il comparto agricolo abbia consumato 5,67 TWh di energia elettrica nel 2008. Tale energia elettrica è pertanto principalmente consumata per:

- irrigazione,
- ventilazione ricoveri per suini e bovini da carne,
- illuminazione in ricoveri bovini e avicoli (ovaiole),
- mungitura,
- per la refrigerazione e conservazione di latte e uova,
- per il *management* e meccanizzazione degli allevamenti, come la distribuzione di cibo.

Nel seguito si propone una stima delle ripartizioni dei consumi. Si sottolinea, tuttavia, come i dati di consumi elettrici e termici relativi ai singoli processi impiegati nelle rielaborazione siano valori medi nazionali. Infatti, i periodi di riscaldamento, ventilazione e illuminazione variano in base alla zona climatica e le tecnologie di processo impiegano differenti fonti energetiche primarie. Tuttavia, le rielaborazioni possono fornirci l'ordine di grandezza della potenzialità di consumi elettrici e termici dei singoli processi.

7.1.3.1 **Irrigazione**

Dai dati del V censimento agricolo (V° Censimento ISTAT sull'agricoltura, 2000) si evince come al 2000 in Italia fossero irrigati circa 2.470.000 ettari di terreni agricoli. Il 63% di tali superficie è impiegata per le coltivazioni riportate in tabella 7.14. La restante superficie è destinata a coltivazioni ortive, soia, girasole, erba e a piantagioni minori. Nel processo di irrigazione non si hanno stime sulla tipologia di fonte primaria impiegata ma si può risalire all'energia elettrica necessaria conoscendo i consumi medi di gasolio impiegati per l'irrigazione di un ettaro di terreno per differenti tipologie di coltivazioni.

In base al D.M 26 02 2002 (D.M. 26 febbraio 2002: "Determinazione dei consumi medi dei prodotti petroliferi impiegati in lavori agricoli, orticoli, in allevamento, nella silvicoltura e piscicoltura e nelle coltivazioni sotto serra ai fini dell'applicazione delle aliquote ridotte o dell'esenzione dell'accisa."), infatti, si possono stimare i consumi di gasolio per ettaro e, in relazione ai rendimenti medi degli attuali gruppi elettrogeni, i rispettivi consumi elettrici per irrigazione per unità di superficie (Ha).

Tipi di coltivazioni irrigate	**10^3 Ha**	**GWhe**
Frumento	100	34
Granturco granella	623	288
Foraggere	267	123
Frutteti Agrumi vigne oliveti	470	658
Barbabietola	81	57
Patata	26	18
Erbai	677	34
TOTALE	**1567**	**1178**

Tabella 7. 14 Consumi elettrici per irrigazione ripartiti per tipologia di coltivazione

Sulla base dei dati di Tabella 7.14, risulta come in media per l'irrigazione si consumino 747 kWh/Ha all'anno di energia elettrica, valore congruente con il valore estrapolato dall'analisi energetica effettuata dalla regione Piemonte (Regione Piemonte, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, Agricoltura, n.15, Maggio 1999) per il proprio territorio.

7.1.3.2 **Ventilazione ricoveri**

L'energia elettrica viene impiegata principalmente negli allevamenti di suini e bovini e avicoli per i processi di ventilazione dei ricoveri, per il raffrescamento e riscaldamento degli stessi e per l'eliminazione di determinate concentrazioni di sostanze organiche volatili e di umidità.

In particolare, per i suini ad ingrasso si procede alla ventilazione principalmente durante il periodo estivo. Considerando una media nazionale di 135 giorni l'anno del processo, alla luce del censimento ISTAT che vede al 2007 oltre 6 milioni di suini in Italia, si può desumere che il sistema di ventilazione necessiti di circa 93 GWh elettrici.

Per i bovini da carne presenti sul territorio nazionale (oltre i 795.000 capi) il processo di ventilazione comporta, in estate, un consumo di 90 GWh all'anno per il raffrescamento ed il ricambio d'aria e di 54 GWh, in inverno, per il solo ricambio d'aria.

Per gli avicoli (oltre 96.760.000 unità) si stima un consumo annuale di 21 GWh per il solo processo di ventilazione.

7.1.3.3 **Illuminazione**

Anche relativamente ai consumi elettrici per l'illuminazione dei ricoveri si deve differenziare il consumo estivo da quello invernale. In base ai dati riportati nel presente lavoro per i bovini da carne si stimano consumi per illuminazione estiva pari a 0,6 GWh e pari a 11 GWh per quella invernale, mentre per i bovini da latte (1.771.800 capi) si stimano 1 GWh per l'illuminazione estiva e 24 GWh per quella invernale.

7.1.3.4 **Ulteriori processi**

Ulteriori processi energivori nel settore zootecnico dal punto di vista di energia elettrica sono:

- le operazioni di mungitura e le operazioni di *management* degli allevamenti bovini da latte ai quali si può imputare un consumo di 77 GWh del periodo estivo e 139 GWh di quello invernale;
- la conservazione del latte (oltre 46.000 tonnellate di latte al giorno vengono prodotte in Italia) necessita di circa 339 GWh di energia elettrica all'anno;
- la conservazione delle uova e relativi processi di *management* circa 50 GWh.

I dati sono riportati in sintesi in tabella 7.15.

Consumi elettici per processo agrozootecnico	**GWhe**
Ventilazione	
Bovini da carne stagione estiva	90
Bovini da carne stagione invernale	54
Suini ad ingrasso stagione estiva	93
Avicoli	21
Illuminazione	
Bovini da carne stagione estiva	0,6
Bovini da carne stagione invernale	11
Bovini da latte stagione estiva	1
Bovini da latte stagione invernale	24
Altro	
Conservazione del latte	339
Management e mungitura bovini periodo estivo	77
Management e mungitura bovini periodo estivo	139
Conservazione e management uova	50
TOTALE ZOOTECNIA	**899**
Irrigazione estensiva	**1.178**

Tabella 7.15 Consumi elettrici stimati per differenti processi agro-zootecnici

7.1.4 Produzione di energia dal settore agricolo

La comunicazione della Commissione europea sui cambiamenti climatici del 2005 (Commissione europea. 2005) aveva già fatto emergere con forza il legame clima-energia-innovazione da tradurre in precise scelte di politica pubblica incentrate sullo sviluppo e la diffusione delle nuove tecnologie e sul finanziamento delle attività di ricerca e sviluppo in campo energetico.

La Commissione stima il potenziale globale di risparmio energetico nei principali settori di uso finale in percentuali comprese tra il 25% e il 30% e definisce un quadro di interventi incentrato sull'obiettivo di riduzione degli "sprechi per inefficienza", che vengono valutati nella misura di oltre il 20% dei consumi totali dell'Europa .

Il Consiglio del 9 marzo 2007 ha individuato cinque settori attraverso i quali conseguire i risparmi: un'azione sui trasporti, l'introduzione di requisiti minimi nelle apparecchiature energetiche, la sensibilizzazione verso comportamenti virtuosi in tema di consumi, un maggiore ricorso a tecnologia ed innovazione e una maggiore attenzione all'efficienza nell'edilizia.

Il settore agricolo e zootecnico, pertanto, è stato del tutto omesso in queste argomentazioni alla luce del fatto che i consumi energetici elettrici e termici del settore sono, come già detto, una percentuale molto modesta rispetto al consumo globale nazionale (inferiori al 2% del totale).

Il settore agricolo tuttavia, pur avendo una minima incidenza sui consumi nazionali, ha un notevole potenziale in termini di sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili in rapporto al proprio consumo, considerato che le aziende agricole e zootecniche hanno a disposizione elevate superfici e consumi distribuiti temporalmente.

Uno dei principali ostacoli relativi all'impiego delle fonti rinnovabili (biomasse, solare, eolico) è infatti la bassa densità energetica e la conseguente necessità di disporre di ampie superfici.

7.1.4.1 **Produzione di energia da biogas e biomasse**

7.1.4.1.1 ***Produzione di energia elettrica (o cogenerazione)***

La produzione di energia elettrica da biomassa avviene essenzialmente secondo due modalità:

1) impiego di biomasse agro-forestali in impianti collegati alla rete;
2) impiego di biogas, prodotto da digestione anaerobica, in impianti collegati alla rete.

La maggior parte degli impianti di biogas italiani esistenti riguardano il trattamento dei rifiuti in discarica e, pertanto, non sono considerati nella presente trattazione. Gli impianti che trattano biomasse agricole e liquami zootecnici sono costituiti da reattori che lavorano in condizioni mesofile e che alimentano motori endotermici a gas. La maggior parte degli impianti operano con liquame suino, anche se è crescente l'interesse per impianti che utilizzino, assieme ai liquami, coltivazioni energetiche (es: mais) e cascami di industrie agroalimentari. Relativamente all'uso del biogas, la cogenerazione è prevalente, in genere sono annessi a caseifici per la produzione di Grana Padano o Parmigiano in quanto il recupero dell'energia termica rende tali sistemi estremamente vantaggiosi dal punto di vista economico. Sono ancora pochi gli impianti che trattano miscele di più reflui, non solo zootecnici: in alcuni impianti centralizzati vengono trattati anche fanghi di depurazione, reflui dell'agroindustria, in particolare, acque di vegetazione dell'industria olearia, e rifiuti organici domestici, derivanti da raccolta differenziata dei rifiuti urbani. Tra gli impianti aziendali prevalgono quelli di tipo semplificato e a basso costo, realizzati sovrapponendo una copertura di materiale plastico ad una vasca o laguna di stoccaggio dei liquami. Questi impianti operano "a freddo" o a temperatura più o meno controllata. Diversi impianti di biogas sono stati realizzati anche nell'agro-industria, in particolare in distillerie, zuccherifici, stabilimenti per la produzione di succhi di frutta e prodotti dolciari. La società TERNA riporta al 2008 352 impianti a biomassa, ma di questi 193 sono alimentati da biogas da rifiuti e 65 da rifiuti solidi urbani (tabella 7.16). Secondo uno studio effettuato da ITABIA (*Italian Biomass Association* - ITABIA Rapporto 2008), al 2005 sono 154 gli impianti realizzati e di prossima realizzazione alimentati da biogas prodotti da reflui e colture energetiche (Fig 7.2).

Risultano 35, al 2008, gli impianti a biogas alimentati da reflui zootecnici e residui da attività agricole forestali (Terna spa, dati statistici 2008) per una potenza di 52 MWe e una produzione annua di circa 230 GWh (4% del fabbisogno elettrico del settore agricolo). Dalla stessa fonte risulta come ulteriori 2.810 GWh sono prodotti da biomassa (senza RSU, Rifiuti Solidi Urbani) e bioliquidi portando la produzione di energia elettrica del settore a circa 3040 GWh, superiore al 50% del proprio fabbisogno.

	N impianti	Potenza lorda[kW]
Biomasse e rifiuti	**352**	1.555.342
Sola produzione di energia elettrica	**261**	940.447
1 -Solidi	59	549.115
- rifiuti solidi urbani	38	253.652
- biomasse solide	23	295.463
2 -Biogas	197	288.763
- da rifiuti	177	271.940
- da fanghi	4	1.162
- da deiezioni animali	9	7.494
- da attività agricole e forestali	7	8.167
Bioliquidi	6	102.569
Produzione combinata di energia elettrica e calore	**96**	614.895
1 -Solidi	50	519.370
- rifiuti solidi urbani	27	365.823
- biomasse solide	23	153.547
2 -Biogas	42	76.885
- da rifiuti	16	35.040
- da fanghi	7	4.660
- da deiezioni animali	*10*	*5.184*
- da attività agricole e forestali	*9*	*32.001*
Bioliquidi	6	18.640
- rifiuti liquidi biodegradabili	1	6.880
-altri bioliquidi	5	11.760

	Num. impianti a biomasse	Potenza MW
Piemonte	28	70,9
Valle d'Aosta	1	0,8
Lombardia	68	409,1
Trentino Alto Adige	14	22,0
Veneto	40	117,0
Friuli Venezia Giulia	5	18,9
Liguria	8	13,4
Emilia Romagna	50	299,2
Toscana	27	77,2
Umbria	10	25,5
Marche	13	13,8
Lazio	14	77,8
Abruzzo	4	5,1
Molise	3	40,7
Campania	16	42,8
Puglia	28	139,0
Basilicata	2	23,8
Calabria	9	123,6
Sicilia	5	19,0
Sardegna	7	15,8
ITALIA	**352**	**1.555,3**

	Numero	Potenza (KW)	Energia prodotta (GWh)
TOTALE Imp. alimentati a BIOGAS	239	365.648	1.599,5
alimentati da rifiuti	193	306.980	1.355,1
alimentati da fanghi	11	5.882	14,8
alimentati da deiezioni animali	19	12.768	69,8
alimentati da attività agricole e forestali	16	40.168	159,8

Tabella 7.16: Impianti a biomassa in Italia,suddivisi per tipologia e per regione (Fonte TERNA).

Figura 7.2 Ripartizione regionale, all'ottobre 2007, degli impianti di biogas operativi e/o in corso di realizzazione in Italia (306), ad esclusione degli impianti di recupero del biogas da discarica dei rifiuti urbani (ITABIA, rapporto 2008)

7.1.4.2 **Produzione di calore**

La produzione e l'uso di energia termica da biomasse è largamente diffusa in Italia, ma una precisa valutazione dei quantitativi prodotti ed utilizzati a livello nazionale è estremamente ardua, data la grande frammentazione delle utenze sul territorio: esistono milioni di abitazioni che utilizzano caldaie domestiche di piccola taglia o caminetti (mentre a livello nazionale gli impianti di teleriscaldamento a biomasse sono un centinaio) ed inoltre esistono medie/grandi utenze industriali (es: industria del legno) che utilizzano direttamente i residui delle proprie lavorazioni per la produzione dell'energia termica necessaria al loro fabbisogno. Ciò significa che gran parte dei quantitativi di biomassa utilizzata per la produzione di energia termica non è inclusa nei dati statistici, che si basano essenzialmente sulle quantità di prodotto ufficialmente commercializzate. E' quindi necessario un grosso sforzo per integrare i dati statistici ufficiali con dati ed estrapolazioni derivanti da specifiche indagini mirate.

Nell'ambito di un progetto europeo (K4RES-Heat) coordinato da AEBIOM (Associazione Europea Biomasse), ITABIA ha sviluppato una propria metodologia per giungere ad una definizione il più possibile aderente alla realtà italiana relativamente ai consumi di biomassa (come energia primaria) per la produzione di energia termica nell'anno 2005. La metodologia ha preso come riferimento i dati pluriennali sviluppati dall'ENEA, che giungono a definire, per l'anno 2004, un consumo totale nazionale di biomassa per usi termici pari a circa 4 Mtep. Questi dati sono stati incrociati con i risultati di altre recenti indagini (Comitato Termotecnico Italiano - CTI, Unione Nazionale Comunità ed Enti Montani - UNCEM, ITABIA, etc.) e con successive estrapolazioni hanno potuto quantizzare gli usi finali termici nazionali per l'anno 2005, nei diversi settori di applicazione.

I settori riguardano:

- **piccoli impianti** (5 kW-200 kW) per il riscaldamento di ambienti e altri usi domestici (caldaie, stufe, *boiler*, cucine, caminetti). Lo studio svolto nell'ambito del progetto europeo K4RES-Heat, fornisce un quadro di massima della situazione nazionale al 2005 sintetizzato nella tabella 7.17;

Numero di Apparecchi	6.000.000
Potenza installata (MW)	30.000
Energia primaria (Mtep/anno)	3,30
Efficienza media %	35,00
Energia utile finale (Mtep/anno)	1,16

Tabella 7.17*:* Situazione italiana dei piccoli impianti termici (2005)

- **impianti medio-grandi** (200 kW - 20 MW) per utenze industriali, con possibilità di cogenerazione.

Ad oggi non sono disponibili dati aggiornati che consentano una stima a livello nazionale sul numero di impianti installati per la produzione di energia termica da biomasse per usi industriali. L'ultimo studio analitico effettuato risale infatti ad un'indagine svolta dall'ENEA nel 1993 (ENEA e Ministero dello Sviluppo Economico: "Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS") da cui risultavano circa 1.300 impianti la cui produzione di energia termica, destinata pressoché completamente ad autoconsumo per usi di processo, raggiungeva una potenzialità pari a circa 2.600 MWt annui. Lo studio svolto nell'ambito del progetto K4RES-Heat porta, per il settore degli impianti industriali, alla situazione illustrata in tabella 7.18;

Numero di Apparecchi	1.500
Potenza installata (MW)	3000
Energia primaria (Mtep/anno)	1,10
Efficienza media %	70,0
Energia utile finale (Mtep/anno)	0,75

Tabella 7.18 Situazione italiana degli impianti industriali (2005)

- **impianti medio-grandi** (300 kW – 20 MW) per teleriscaldamento, con possibilità di cogenerazione.

Dall'annuario AIRU del 2004, (AIRU, Associazione Italiana Riscaldamento Urbano del 2004) si evince come il 23% dell'energia termica fornita per teleriscaldamento è stata prodotta da biomasse (500 GWh/anno, 0,03 Mtep/anno).

Da quanto riportato dagli studi menzionati si deduce come l'apporto di energia termica utile da biomassa si può quantificare in circa 1,9 Mtep all'anno che, tuttavia, tenendo presente anche i piccoli impianti domestici arriva a un valore presumibile di circa 4 Mtep (2005).

Si vuole infine riportate il dato riferito ai quantitativi di superficie impiegata e di produzioni dichiarata dagli agricoltori per colture destinate alla produzione di bioenergie (anno 2008 Fonte SIN, Sistema Informativo Nazionale per lo Sviluppo dell'Agricoltura) e quantificati rispettivamente in 3.457 ha e 29.134 tonnellate. Mentre 900 ettari sono censiti come terreni appositamente dedicati alla produzione di biomassa per scopo energetico (produzione di elettricità e calore) (Dato SIN 2008).

7.1.4.3 **Produzione da energia solare**

Al 31 dicembre 2009 la potenza elettrica installata in impianti fotovoltaici (incentivati) era pari a 1.142 MW (GSE rapporto 31 Dic 2009). Di questi, sempre in base ai dati riportati dal GSE (fig 7.3), circa 96 MW ossia l'8%, sono attribuibili al settore agricoltura, selvicoltura e pesca.

Grazie ai valori regionali di produzione media di energia elettrica da fotovoltaico (Gestore dei Servizi Elettrici - GSE 2009) riportati in tabella 7.19, si può stimare una produzione globale del settore di circa 115,79 GWh all'anno, pari al 2% del fabbisogno del settore stesso.

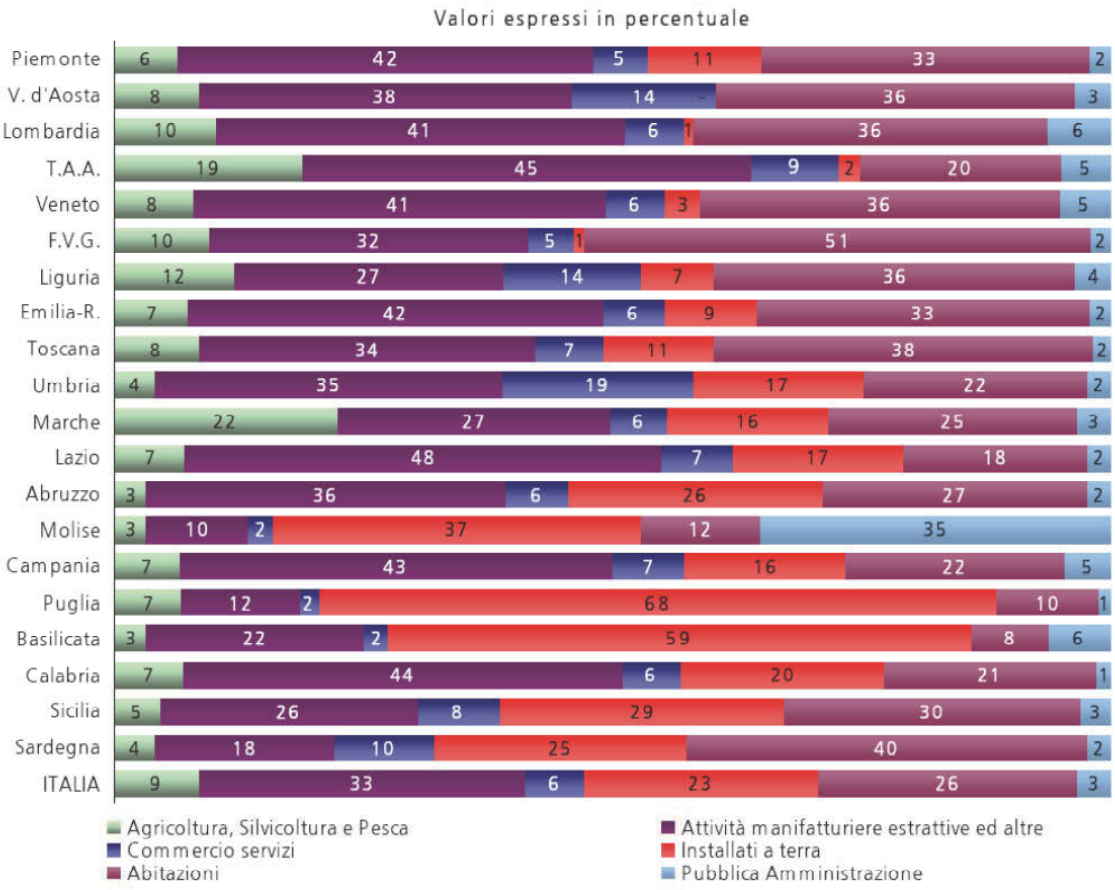


Figura 7.3. Potenza fotovoltaica installa per settori e per regioni (GSE 2009)

	MW tot	%	MW agricolo	kWh/kW	Prod GWh
Piemonte	81,3	6	4,9	1111,00	5,42
Valle d'Aosta	1	8	0,1	1109,00	0,09
Lombardia	126,3	10	12,6	1119,00	14,13
Trentino Alto Adige	63,7	19	12,1	1132,00	13,70
Veneto	78,3	8	6,3	1146,00	7,18
Friuli Venezia Giulia	29,1	10	2,9	1139,00	3,31
Liguria	7,8	12	0,9	1133,00	1,06
Emilia Romagna	95	7	6,7	1115,00	7,41
Toscana	54,8	8	4,4	1221,00	5,35
Umbria	33,9	4	1,4	1214,00	1,65
Marche	62	22	13,6	1221,00	16,65
Lazio	85,1	7	6,0	1278,00	7,61
Abruzzo	24,3	3	0,7	1211,00	0,88
Molise	8,5	3	0,3	1129,00	0,29
Campania	31,7	7	2,2	1226,00	2,72
Puglia	214,4	7	15,0	1285,00	19,29
Basilicata	29,2	3	0,9	1195,00	1,05
Calabria	29,1	7	2,0	1288,00	2,62
Sicilia	45,2	5	2,3	1371,00	3,10
Sardegna	41,5	4	1,7	1369,00	2,27
ITALIA (Dic 2009)	1142,2	8,5	96,8		**115,79**

Tabella 7.19 Potenza e Produzione di energia elettrica del settore agricolo forestale e della pesca (GSE 2009).

7.1.4.4 Produzione da altre fonti di energia rinnovabile

Ulteriori fonti energetiche rinnovabili impiegabili nel settore agricolo sono l'energia solare termica, l'energia eolica da areogeneratori di piccola taglia e energia da impianti mini idraulici.

In relazione all'energia eolica è possibile avere informazioni di produzione da TERNA, tuttavia i dati non sono suddivisi per settore di produzione. In base, infatti, ai dati statistici di TERNA il settore eolico ha prodotto nel 2008 circa 4,5 TWh elettrici con 3.537 MW di potenza installata in 242 impianti.

I dati statistici del GSE al 2008 relativamente al settore idroelettrico riportano una presenza in Italia di oltre 1.200 impianti ad acqua fluente con potenza inferiore al MW con una potenza complessiva di 450 MW (pari a meno del 2,6% della potenza idroelettrica nazionale complessiva), ma tale analisi distingue il mini idroelettrico da impianti più tradizionali e di maggiore potenza.

Allo stato attuale non esistono, infatti, fonti per il censimento della produzione energetica nel settore da parte di sistemi alimentati ad energia eolica, idroelettrica o con energia solare termica. Tuttavia si deve segnalare come l'impiego di quest'ultima per impiego di processi di essiccazione e riscaldamento (GSE rapporto 31 Dic 2009) di ambienti dedicati all'attività di serricoltura sia addirittura ancora in fase di sviluppo precompetitivo.

7.1.5 Analisi delle tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili (*best practice*)

7.1.5.1 Impianti a Biomassa

Risulta pressoché impossibile stabilire a priori quale sia la filiera più indicata per un particolare tipo di conversione energetica e per un particolare tipo di azienda agraria; i fattori che determinano le scelte sono infatti molteplici a seconda dei contesti aziendali, comprensoriali e geografici in cui si trova ad operare.

I fattori principali sono i seguenti:

- disponibilità di biomasse (influenzata da orografia, clima, suolo, disponibilità di acqua, ecc.);
- costi di raccolta, trasporto e stoccaggio (influenzati dalle dimensioni delle aziende, dal grado di meccanizzazione, dal livello di ricorso a contoterzismo, dalle infrastrutture esistenti, ecc.);
- esistenza di utenze termiche e/o elettriche e loro fabbisogno annuale (curve di carico);
- fattori che incidono sulla conversione energetica (rendimenti, taglie e tipologie di impianto, ecc.);
- fattori che incidono sul controllo e sulla gestione delle emissioni (clima, tipologia di biomasse, tipologia di processo di conversione, tecnologie sistemi trattamento dei fumi, ceneri, ecc.).

Un altro criterio distintivo delle filiere bioenergetiche è quello riferibile al loro grado di complessità. Vengono così definite le cosiddette "filiere corte" e "filiere lunghe".

Le filiere corte sono quelle sviluppabili in ambito agricolo, a livello aziendale o di piccolo distretto. Allo stato attuale, per via di una maggiore facilità di realizzazione legata anche ad investimenti meno onerosi, le più affermate sono quelle incentrate sulla produzione a piccola e media scala di energia elettrica, termica. In tale contesto, sulla scia del concreto interesse riscontrato, hanno raggiunto una notevole maturità di mercato le seguenti tecnologie:

- piccole caldaie per riscaldamento domestico;
- teleriscaldamento da lignocellulosiche;
- piccola cogenerazione (ciclo ORC, *Organic Rankine Cycle*) da lignocellulosiche;
- energia elettrica e cogenerazione da biogas;
- energia elettrica e cogenerazione da oli vegetali;
- trigenerazione da oli vegetali.

Le filiere lunghe (filiere agro-industriali) si basano sulla stretta relazione tra il settore agricolo e quello industriale e necessitano di un elevato livello organizzativo, dal quale non può prescindere un forte coinvolgimento delle amministrazioni. Queste filiere stentano a decollare per l'assenza, fino ad oggi riscontrata, di una concreta programmazione energetica. Per queste filiere difficilmente si possono immaginare scenari di crescita e sviluppo prescindendo da importanti e affidabili aiuti finanziari almeno nella fase di avvio.

7.1.5.2 Produzione di energia termica

La filiera termica è principalmente associata all'impiego di biocombustibili solidi (legna da ardere, residui di potatura, cippato di legno, *pellet*), in quella che è stata definita "filiera corta". Tale filiera vede anche un uso marginale dei biocombustibili gassosi (biogas) e dei biocombustibili liquidi (oli vegetali) anche se quest'ultimi sono più adatti ad uno sviluppo nel settore della generazione combinata di energia elettrica e calore .

Per quanto riguarda le efficienze d'uso, il settore termico (impianti domestici, industriali e di teleriscaldamento) è quello più eterogeneo non solo per la larga distribuzione degli impianti sul territorio nazionale, ma anche per il loro livello di evoluzione in termini di rese e affidabilità. Appare evidente che la categoria delle piccole utenze, pur essendo molto significativa da un punto di vista quantitativo, mostra mediamente rendimenti termici relativamente bassi (30-35%). Tali valori contrastano con l'elevato sviluppo tecnologico delle moderne caldaie a fiamma inversa, cippato e *pellet* che presentano rendimenti elevatissimi (fino al 90%).

Gli impianti di teleriscaldamento a biomasse, invece, sono pressoché tutti caratterizzati da sistemi altamente tecnologici e innovativi tali da consentire elevate rese energetiche e consistenti risparmi economici sia per il costo della materia prima utilizzata sia per la gestione e manutenzione dell'impianto.

Al momento per gli impianti di teleriscaldamento si registra una forte concentrazione nelle regioni del Nord, ma da qualche anno a questa parte l'interesse si sta estendendo, lungo la dorsale appenninica, verso il Mezzogiorno d'Italia (ENEA e Ministero dello Sviluppo Economico: "Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS")

7.1.5.3 **Produzione di energia elettrica**

7.1.5.3.1 ***Generazione elettrica da biocombustibili solidi***

La produzione di energia elettrica da biocombustibili solidi si basa su due tecnologie ormai consolidate: una caldaia per la produzione di vapore ed una turbina abbinata ad alternatore.

La produzione di vapore avviene attraverso due principali processi di conversione, a seconda della dimensione degli impianti.

Piccoli impianti (< 1 MWe): caldaia a olio diatermico con ciclo ORC (*Organic Rankine Cycle*).

Per impianti di produzione di energia elettrica di piccole/medie dimensioni, la tecnologia oggi più referenziata è quella che abbina una caldaia ad olio diatermico ad un turbogeneratore a fluido organico.

Sul mercato sono disponibili gamme di potenza tra 200 kWe e 2.000 kWe. Nel processo ORC la caldaia sfrutta l'olio diatermico caldo per preriscaldare e vaporizzare un opportuno fluido organico che muove la turbina, la quale è accoppiata all'alternatore elettrico.

Esistono anche altre risorse tecnologiche, ma ancora in fase di sviluppo, per piccolissimi impianti di produzione elettrica (< 200 kWe): si basano essenzialmente sui motori *Stirling* e sulla gassificazione dei biocombustibili solidi con la combustione del gas in microturbine.

Medi e grandi impianti (> 1 MWe): caldaia a ciclo vapore acqueo.

Le risorse tecnologiche relative agli impianti termoelettrici medi e grandi sono ormai consolidate da lunga esperienza. Questo processo, infatti, è stato ed è impiegato in tutte le grandi centrali (da 1MWe fino a 40 MWe), dove quasi raramente è prevista la contemporanea applicazione della cogenerazione, anche per la mancanza di utenze termiche tali da impiegare e valorizzare le notevoli quantità di calore che residuano dal processo di produzione elettrica. L'efficienza elettrica del ciclo è molto più elevata rispetto a quella degli impianti a ORC ed inoltre le maggiori dimensioni permettono notevoli economie di scala sui costi unitari di investimento. La redditività economica dipende comunque strettamente dal costo del biocombustibile (non sempre è possibile l'approvvigionamento da fonti locali) e dagli incentivi nazionali.

La tecnologia di combustione oggi maggiormente impiegata nei generatori di vapore acqueo (caldaie) è la griglia mobile, che rispetto alle caldaie a letto fluido presenta una più alta affidabilità d'esercizio contro una minore efficienza di combustione e controllo delle emissioni (NOx, CO, ecc.).

Questi impianti, per gli elevati costi d'investimento e i grandi quantitativi di biomassa necessaria (operano a ciclo continuo tutto l'anno), richiedono il massimo rendimento elettrico netto.

Tenendo conto che il combustibile non è mai completamente omogeneo, devono essere scelte soluzioni di processo equilibrate (es. vapore a 450 °C e 50 bar), che consentano l'esercizio dell'impianto anche per 8.000 ore/anno ad un rendimento elettrico del 25%, permettendo l'impiego di biomasse più critiche rispetto al cippato (es. sanse di oliva, farine di vinaccioli, lolla di riso, ecc.) senza rischi per il funzionamento. Scelte di parametri di processo più spinti (es. vapore a 520 °C e 90 bar) comportano rendimenti più elevati (fino al 30%) ma anche maggiori rischi di fermate per interventi di manutenzione dovuti a corrosioni e sporcamenti eccessivi.

7.1.5.3.2 *Generazione elettrica da biocombustibili liquidi e gassosi*

Un impianto di produzione di energia elettrica a biocombustibili liquidi (oli vegetali) o gassosi (biogas) si compone di:

- motore a combustione interna,
- alternatore.

Le taglie disponibili sul mercato vanno da 50 kWe a circa 20 MWe. Le potenze elettriche minori solitamente

lavorano ad alta velocità (1.500 giri/min) mentre con potenze superiori si passa a medie-basse velocità. I fumi sono caratterizzati da elevati contenuti di NOx e CO che nel caso di motori di taglia <1 MWt (350 kWe) non sono ritenute significative dalla normativa vigente, mentre nel caso di taglie superiori necessitano di adeguati impianti di trattamento per rientrare nei limiti imposti (DLgs. 152/2006).

La filiera, nel caso di piccoli e medi impianti, è di grande interesse e i suoi elementi principali sono:

• le attività produttive sia di campo che di centro aziendale;

• la vicinanza della rete elettrica e/o la presenza di utenze dal fabbisogno significativo per sviluppare l'autosufficienza energetica e razionalizzarne approvvigionamento e gestione;

• la disponibilità di terreno destinato o destinabile nel breve termine alla produzione di colture dedicate.

Ciò che interessa è l'ottenimento di energia elettrica da biocombustibili autoprodotti, per sviluppare forme di reddito integrative in quei periodi (stagioni fredde) in cui l'attività di campo è ridotta. Dal punto di vista dell'efficienza, queste filiere presentano un rendimento elettrico nettamente più elevato rispetto alle filiere da biocombustibili solidi. Per le varie fasce dimensionali può essere infatti così delineato:

- da 50 kWe a 350 kWe 32%;
- da 350 kWe a 1 MWe 36%;
- da 1MWe a 10 MWe 40%;
- 10 MWe 45%.

7.1.5.4 **La cogenerazione**

7.1.5.4.1 *Cogenerazione da biocombustibili solidi*

Un impianto di produzione di energia elettrica e termica da biocombustibili solidi si articola in tre componenti principali:

- caldaia per la produzione di vapore,
- turbina abbinata ad alternatore,
- circuito termico per il recupero del calore di condensazione alla turbina.

L'impianto si compone dunque degli stessi elementi necessari per la sola produzione di energia elettrica, con l'aggiunta del circuito di recupero termico del calore che costituisce, in pratica, una seconda caldaia.

L'efficienza globale della cogenerazione è strettamente dipendente dal numero di ore annue di utilizzo dell'energia termica utile, e può variare da un minimo del 30% ad un massimo del 70%.

7.1.5.4.2 *Cogenerazione da biocombustibili liquidi e gassosi*

Un impianto di produzione di energia elettrica a biocombustibili liquidi (oli vegetali) e/o gassosi (biogas) si compone principalmente di:

- motore a combustione interna;
- alternatore;
- circuito termico per il recupero del calore dai gas di scarico e dall'acqua di raffreddamento.

Per le componenti dell'impianto e il periodo di produzione energetica vale quanto detto nel caso precedente. L'efficienza globale della cogenerazione con ciclo *Diesel* è anch'essa strettamente dipendente dal numero di ore annue di utilizzo dell'energia termica utile, e può variare da un minimo del 50% ad un massimo dell'85%.

7.1.5.4.3 *Trigenerazione*

Ancora non molto diffuse, ma certo di ormai consolidata tecnologia, risultano essere le filiere per la produzione congiunta di elettricità, calore e freddo da biocombustibili solidi, liquidi e gassosi.

La realizzazione di una centrale trigenerativa si profila come soluzione ottimale per soddisfare una forte domanda di energia termica sia nel periodo invernale (calore), sia in quello estivo (raffrescamento). In una tale situazione il Limite Termico (LT), l'Indice di Risparmio Energetico (IRE) e l'efficienza globale del sistema migliorano nettamente rispetto al caso di sola cogenerazione. Sia i valori di efficienza globale sia il risultato economico dell'iniziativa saranno tanto migliori (rispetto alla sola cogenerazione) quanto più alto sarà il numero di ore di funzionamento estivo della macchina ad assorbimento. In generale il limite alle dimensioni di impianto si pone intorno ai 5 MW di potenza primaria, poiché fino a questa potenza è relativamente facile trovare utenti per l'energia termica/frigorifera ottenuta a valle della produzione elettrica, che in ogni caso viene immessa nella rete nazionale. Dal punto di vista ambientale, l'uso del calore/freddo prodotto è molto importante, perché permette di sfruttare al meglio il contenuto energetico della biomassa impiegata a parità delle emissioni di CO_2.

7.1.5.4.4 *Trigenerazione da biocombustibili solidi*

Un impianto di questo tipo è composto da:

- caldaia per la produzione di vapore;
- turbina abbinata ad alternatore;
- circuito termico per il recupero del calore di condensazione alla turbina;
- macchina ad assorbimento.

Come si vede gli elementi principali sono quelli di un impianto di cogenerazione, con l'unica aggiunta di una macchina frigorifera ad assorbimento.

7.1.5.4.5 *Trigenerazione da biocombustibili liquidi e gassosi*

I componenti principali che caratterizzano questo tipo di impianto sono:

- motore a combustione interna;
- alternatore;
- circuito termico per il recupero del calore dai gas di scarico e dall'acqua di raffreddamento;
- macchina ad assorbimento.

Anche in questo caso l'efficienza effettiva globale del sistema riscaldamento/raffreddamento dipende dalle ore di funzionamento estivo in rapporto a quello invernale.

7.1.5.4.6 *Produzione di biogas*

La produzione di biogas è prevalentemente associata alla realizzazione di impianti di digestione anaerobica. Pertanto, in tale ambito si ritiene opportuno omettere processi ancora non sufficientemente maturi per una diffusione in ambito agricolo come la pirolisi e i processi di gassificazione.

La digestione anaerobica è un processo biologico complesso per mezzo del quale, in assenza di ossigeno, la sostanza organica viene trasformata in biogas, una miscela costituita principalmente da metano e anidride carbonica. La percentuale di metano nel biogas varia, a secondo del tipo di sostanza organica digerita e delle condizioni di processo, da un minimo del 50% fino all'80% circa.

Affinché il processo abbia luogo è necessaria l'azione di diversi gruppi di microrganismi in grado di trasformare la sostanza organica in composti intermedi, principalmente acido acetico, anidride carbonica ed idrogeno, utilizzabili dai microrganismi metanigeni che concludono il processo producendo il metano.

I microrganismi anaerobi presentano basse velocità di crescita e basse velocità di reazione e quindi occorre mantenere ottimali, per quanto possibile, le condizioni dell'ambiente di reazione. Nonostante questi accorgimenti, i tempi di processo sono relativamente lunghi se confrontati con quelli di altri processi biologici; tuttavia il vantaggio della digestione anaerobica è che la materia organica complessa viene convertita in metano e anidride carbonica e quindi porta alla produzione finale di una fonte rinnovabile di energia sotto forma di un gas combustibile ad elevato potere calorifico.

I substrati avviabili alla digestione anaerobica possono essere:

- reflui zootecnici (suino, bovino, avicolo);
- colture energetiche e residui colturali;
- fanghi di depurazione;
- scarti organici e acque reflue dell'agro-industria.

In tabella 7.20 è riportata la resa indicativa in biogas di varie biomasse e scarti organici.

Materiali	m^3biogas/t SV (*)
Deiezione animali (suini, bovini, avi-cunicoli)	200 - 500
Residui Colturali (paglia, colletti, barbabietole. Ecc)	350 - 400
Scarti organici agroindustria (scarti, vegetali, lieviti, fanghi e reflui di distillerie, birrerie e cantine, ecc)	400 - 800
Scarti organici macellazione (grassi, contenuto stomacale ed intestinale, sangue, fanghi di flottazione, ecc.)	550 - 1000
Fanghi di depurazione	250 - 350
Frazione organica rifiuti urbani	400 - 600
colture energetiche (mais, sorgo zuccherino, erba. Ecc)	550 - 750

(*) Solidi volatili: frazione della sostanza secca costituita da sostanza organica.

Tabella 7.20 - Biomasse e rifiuti organici per la digestione anaerobica e loro resa indicativa in biogas (m^3 per tonnellata di solidi volatili)

7.1.5.5 **Tecnologie di produzione del biogas da digestione anaerobica**

L'esperienza accumulata nel corso degli anni in studi e applicazioni sulla digestione anaerobica di diverse tipologie di biomasse dedicate e di scarto ha condotto allo sviluppo di differenti tipi di processo e differenti tecnologie, principalmente basate sul tenore di sostanza secca del substrato alimentato al reattore.

Le tecniche di digestione anaerobica possono essere suddivise in due gruppi principali:

- digestione a umido (*wet*), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca inferiore al 10%; è questa la tecnica più diffusa, in particolare con i liquami zootecnici;
- digestione a secco (*dry*), quando il substrato in digestione ha un contenuto di sostanza secca superiore al 20%.

I processi con valori intermedi di sostanza secca sono meno comuni e vengono in genere definiti a semisecco (semi-*dry*).

Il processo di digestione anaerobica è anche suddiviso in:

- processo monostadio, quando le fasi di idrolisi, fermentazione acida e metanigena avvengono contemporaneamente in un unico reattore;
- processo bistadio, quando si ha un primo stadio durante il quale il substrato organico viene idrolizzato e contemporaneamente avviene la fase acida, mentre la fase metanigena avviene in un secondo momento.

Una ulteriore suddivisione dei processi di digestione anaerobica può essere fatta in base al tipo di alimentazione del reattore, che può essere continua o discontinua, e in base al fatto che il substrato all'interno del reattore venga miscelato o venga spinto lungo l'asse longitudinale attraversando fasi di processo via via diverse (flusso a pistone).

La digestione anaerobica può, inoltre, essere condotta, come già ricordato, o in condizioni mesofile (circa 35°C) o termofile (circa 55°C); la scelta tra le due determina in genere anche la durata (tempo di residenza) del processo. Mediamente in mesofilia si hanno tempi compresi nel range 15-40 giorni, mentre in termofilia il tempo di residenza è in genere inferiore ai 20 giorni (con i liquami zootecnici ed i reflui agroindustriali). Con impiantistica di tipo semplificato è possibile operare anche in psicrofilia (10-25°C), con tempi di residenza superiori ai 30 giorni, fino ad un massimo di 90 giorni.

Si evidenzia, in tale ambito, come una scelta di temperature di processo più basse implica volumi di contenimento del substrato maggiori.

Il rendimento energetico del processo è molto variabile e dipende dalla biodegradabilità del substrato trattato. In genere durante la digestione anaerobica si ottiene una riduzione di almeno il 45-50% dei solidi volatili o sostanza organica alimentati.

7.1.5.5.1 *Digestione ad umido (wet)*

Nel processo di digestione ad umido i substrati in digestione presentano un tenore di sostanza secca inferiore al 10%. Il reattore più frequentemente utilizzato in questo tipo di processo è il classico reattore completamente miscelato (CSTR, *Completely Stirred Reactor*-reattore a miscelazione completa), costituito da una vasca di forma cilindrica, dimensionato opportunamente in base ai volumi e alle sostanze da trattare. La biomassa, prima di essere caricata nel reattore anaerobico, subisce un trattamento finalizzato al raggiungimento di un giusto tenore di solidi totali e di un buon grado di omogeneizzazione; esso consiste principalmente in una diluizione effettuata mediante aggiunta di acqua (liquami vari e/o acqua di processo, ricircolata dal digestore stesso) e in una rimozione sia di eventuali schiume che di eventuali plastiche, inerti e altri materiali grossolani potenzialmente dannosi per la meccanica dell'impianto.

Il processo descritto è adatto ad allevamenti che vogliono gestire i liquami come unico prodotto omogeneo e trarre il maggiore rendimento in termini energetici e quindi economici, poiché grazie al mantenimento di tutta la frazione solida presente nelle deiezioni si incrementa la produzione di biogas. È consigliabile anche ad allevamenti di modeste dimensioni, ma che hanno disponibilità nel tempo di biomasse da aggiungere e digerire assieme alle deiezioni.

Restano validi anche per questo impianto i notevoli vantaggi ambientali, ma si deve ricordare che:

il liquame non separato deve essere gestito con idonee macchine nelle fasi di pompaggio;

il digestore necessita di maggiori componenti elettromeccanici;

l'impianto ha un autoconsumo elettrico più elevato;

l'eventuale aggiunta di sostanze contenenti azoto porta alla necessità di avere più terreno per il bilancio aziendale previsto dal piano di utilizzazione agronomica.

Al fine di ottenere la maggiore produzione possibile di biogas è fondamentale che i liquami prodotti arrivino rapidamente al di gestore e per questo, si dovranno adottare tutti gli accorgimenti più opportuni per evacuare dai ricoveri zootecnici il più velocemente possibile i liquami prodotti.

7.1.5.5.2 *Digestione a semi-secco (semi-dry)*

A metà strada tra i processi *wet* e *dry* si collocano i sistemi semi-*dry*, in cui si lavora con contenuto di sostanza secca in digestione intorno al 12-18%. Questi sistemi dal punto di vista tecnologico presentano alcuni vantaggi di sicuro interesse quali, ad esempio, la semplicità dei sistemi di pompaggio e miscelazione e la possibilità ad esempio di trattare la frazione organica da raccolta differenziata dei rifiuti urbani senza pre-trattamenti particolarmente impegnativi tranne una semplice eliminazione di materiali inerti grossolani seguita da triturazione e omogeneizzazione. Il più comune reattore utilizzato rimane quello completamente miscelato (CSTR), operante in regime sia mesofilo che termofilo, all'interno del quale la miscelazione del materiale viene effettuata principalmente attraverso miscelatori meccanici coadiuvati o meno da sistemi di miscelazione a ricircolo di biogas.

Altra tipologia impiantistica utilizzata in particolare quando si digeriscono miscele di biomasse ad alto tenore di sostanza secca (in particolare comprese nell'intervallo 12-18%), è il reattore cilindrico orizzontale, miscelato, coibentato ed operante in mesofilia e/o termofilia.

7.1.5.5.3 *Digestione a secco (dry)*

La digestione di tipo a secco è stata sviluppata per consentire il trattamento del rifiuto organico senza necessità di diluizioni, operando con tenori di sostanza secca superiori al 20%. È evidente che il materiale utilizzato in questo tipo di sistema è molto più concentrato e viscoso di quello utilizzato con il sistema ad umido e che la tecnologia dei reattori e dei sistemi di trasporto, pompaggio e miscelazione deve essere completamente adattata alle sue caratteristiche. L'unico pre-trattamento che è infatti normalmente previsto è una vagliatura grossolana che consenta di rimuovere le frazioni con dimensioni > 40 mm. Il fatto di limitare i pretrattamenti del materiale fresco rappresenta un indubbio vantaggio in quanto consente di contenere la perdita di sostanza organica biodegradabile utile alla produzione di biogas. Il tipo di reattore che comunemente viene utilizzato in questo tipo di digestione è il reattore cosiddetto *plug-flow,* a pistone.

Tra le principali tecnologie utilizzate nel campo della digestione a secco si citano i processi:

1. Dranco;
2. Kompogas;
3. Valorga.

La digestione a secco è applicata in particolare alla frazione organica dei rifiuti urbani, sia da raccolta indifferenziata che da raccolte differenziate. All'interno del reattore è presente un sistema di agitazione che mescola la massa in modo intermittente, favorendo la liberazione del biogas formatosi e la risospensione del materiale inerte grossolano depositatosi sul fondo. L'esperienza accumulata con questa tecnologia ha dimostrato generalmente la massima efficacia con substrati aventi tenore di solidi intorno al 25%, in quanto tenori minori favoriscono la deposizione di frazioni pesanti mentre con tenori superiori viene ostacolato il flusso orizzontale del materiale all'interno del reattore. Il digestato ottenuto, di cui parte è utilizzato come inoculo, viene disidratato e ulteriormente trattato a fini agronomici.

L'ultima tipologia di reattori mono-stadio è rappresentata dalla classe dei *plug-flow reactor* (PFR) che consistono in una vasca prismatica in cui la dimensione longitudinale è di gran lunga prevalente sulle altre.

Il PFR è il reattore a più alto rendimento. Può trattare liquami a elevato contenuto di solidi, e non richiede, la miscelazione, in modo che il refluo avanzi lentamente lungo la vasca, con concentrazioni di batteri e nutrienti costanti in ogni sezione e variabili gradualmente sezione per sezione, fino a ottenere quelle desiderate, nella sezione terminale.

Esistono anche reattori PFR abbinati ad agitatori meccanici nel caso in cui il contenuto di solidi sia inferiore al 13%.

Il PFR è adatto sostanzialmente ad allevamenti di medie e grandi dimensioni che intendono produrre energia con lo scopo di utilizzarla quasi totalmente per i fabbisogni diretti e solo in caso di eventuale *surplus*, cederla al gestore di rete. Inoltre è adatto a chi in generale è costretto in modo sensibile alla riduzione dell'impatto ambientale indotto dalla propria attività zootecnica, attraverso la flottazione e depurazione biologica degli scarichi da destinare allo sversamento in corpi idrici superficiali.

7.1.5.5.4 *Impianti di produzione di biogas di tipo semplificato*

La quantità e la qualità delle deiezioni prodotte nei diversi allevamenti zootecnici è molto variabile e dipende da diversi fattori, tra i quali lo stadio fisiologico e di crescita dell'animale e il regime alimentare. È quindi difficile stabilire delle rese medie in biogas. Recentemente un *network* europeo (fonte C.R.P.A.), ha definito che in condizioni ottimali (sia per le caratteristiche dei liquami che del processo di digestione anaerobica) dai liquami bovini e suini si possono ottenere le produzioni di biogas sotto indicate:

- Il liquame di una vacca da latte dal peso di 500 Kg può produrre 0,750 m^3 di gas al giorno;
- Il liquame di un suino da ingrasso dal peso di 85 Kg può produrre 0,100 m^3 di gas al giorno.

Per sfruttare convenientemente la possibilità di utilizzare il biogas è oggi disponibile, per le aziende singole, una tecnologia semplificata e a basso costo per il trattamento anaerobico dei reflui, che sta riscuotendo l'interesse in particolare dei suinicoltori.

Questa prevede la semplice copertura con teli in materiale plastico dei lagoni o delle vasche di stoccaggio, con il risultato di:

1. ridurre le emissioni maleodoranti;
2. stabilizzare i liquami;
3. raccogliere il biogas prodotto durante il processo.

Non esiste una procedura standardizzata di dimensionamento e di previsione della quantità di biogas prodotto. Le ditte che realizzano questo tipo di impianti utilizzano un approccio empirico, raccomandando la copertura di superfici corrispondenti a un minimo di 30 giorni fino a un massimo di 90 giorni di ritenzione idraulica del liquame.

Lo schema più efficiente è comunque quello che prevede le seguenti attrezzature:

- la realizzazione di più bacini, di cui il primo per separare i solidi e i successivi per lo stoccaggio;
- la copertura del primo bacino per la captazione del biogas;
- l'utilizzo di una serpentina per l'acqua calda immersa nella vasca coperta per il riscaldamento dei liquami.

Una serpentina di riscaldamento è necessaria qualora si vogliano evitare sbalzi di produzione di biogas legati alla stagionalità (a temperature basse corrispondono basse produzioni). Il liquame può essere digerito a temperatura controllata, preferibilmente tra i 35 e i 37°C; in questo caso la concentrazione di metano nel biogas è mediamente del 65%.

Trattandosi di impianti semplificati non è sempre possibile realizzarli in modo che la temperatura del reattore si mantenga costante. In molti casi la serpentina interna alla vasca serve per utilizzare il calore di cogenerazione, con variazioni di temperatura da un minimo di 20-25 °C in inverno fino a un massimo estivo anche superiore ai 35 °C.

In questo caso la cogenerazione è la soluzione più conveniente, perché permette di produrre energia elettrica con una resa del 20-30% ed energia termica con una resa del 60-70%. Gran parte dell'energia termica così prodotta può essere utilizzata per il riscaldamento del digestore. A seconda della tecnologia adottata (impianti semplificati a freddo o con sistema di riscaldamento), la produzione di biogas ottenibile può variare da 25 m^3/anno ogni 100 Kg di peso vivo suino (pari a 15 m^3/anno di metano) a 32 m^3/anno con riscaldamento (circa 21 m^3/anno di metano).

7.1.5.5.5 *La codigestione*

La codigestione di effluenti zootecnici con altri scarti organici al fine di aumentare la produzione di biogas è pratica *standard* in Europa ormai da diversi anni. L'interesse che spinge gli operatori del settore verso la codigestione è costituito principalmente dal fatto che la vendita della maggior quantità di elettricità prodotta, unitamente agli introiti ricevuti dai produttori del rifiuto organico utilizzato come co-substrato, permette di ottenere guadagni maggiori. La miscelazione di diversi prodotti consente di compensare le fluttuazioni di massa stagionali dei rifiuti, di evitare sovraccarichi o al contrario carichi inferiori alla capacità stessa del digestore e di mantenere quindi più stabile e costante il processo.

Le matrici attualmente più utilizzate nella codigestione di effluenti zootecnici sono gli scarti organici agroindustriali e le colture energetiche. Gli scarti organici da utilizzare come cosubstrati provengono dalle più svariate fonti e possiedono quindi forti differenze nella composizione chimica e nella biodegradabilità. Alcune sostanze (quali percolati, acque reflue, fanghi, oli, grassi e siero) sono facilmente degradabili mediante digestione anaerobica senza richiedere particolari pre-trattamenti, mentre altre (quali gli scarti di macellazione, sostanze ad elevato tenore proteico) necessitano di essere fortemente diluite con il substrato base (effluenti zootecnici liquidi), in quanto possono formare metaboliti inibitori del processo. Una vasta gamma di matrici richiede *step* vari di pre-trattamento quali, ad esempio, il rifiuto organico da raccolta differenziata, gli alimenti avanzati e/o scaduti, gli scarti mercatali, i residui agricoli, gli scarti di macellazione**.**

Nel caso di codigestione con i liquami zootecnici di colture energetiche e/o scarti organici agroindustriali, è necessaria la presenza in testa al digestore di un sistema di alimentazione che tagli e sminuzzi i co-substrati, e ne consenta la dosatura e la pesatura.

7.1.5.5.6 *Impianti a energia solare*

Le attuali tecnologie al silicio monocristallino permettono di far raggiungere ai moduli fotovoltaici efficienze superiori al 18%; si riesce pertanto ad avere una potenza di picco installata di 1 kW fotovoltaico in solo 7 m^2.

Le tecnologie ampiamente diffuse attualmente nel mercato sono a base di silicio mono–policristallino, ma il settore sta evidenziando una buona penetrazione di sistemi a *film* sottile al cadmio e tellurio o tipo CIS (Copper, Indium, Selenium; diselenuro di indio e rame) oppure CIGS (Copper Indium Gallium (di) Selenide diselenuro di indio e rame e gallio) in quanto hanno minor costi e tollerano meglio le variazioni di temperatura, pur avendo efficienze inferiori.

La quantità di energia prodotta da un generatore fotovoltaico varia nel corso dell'anno e dipende da una serie di fattori come la latitudine e l'altitudine del sito, l'orientamento e l'inclinazione della superficie dei moduli, e le caratteristiche di assorbimento e riflessività del territorio circostante.

A titolo indicativo, alle latitudini dell'Italia centro-meridionale, un metro quadrato di moduli può produrre in media 0,3-0,4 kWh al giorno nel periodo invernale, e 0,6-0,8 in quello estivo.

La tabella 7.21 fornisce un'indicazione di massima della capacità produttiva di un impianto fotovoltaico connesso alla rete. Vengono indicati, per tre localizzazioni diverse, i kWh elettrici generati mediamente in un anno e immessi in rete, per ogni metro quadrato di moduli in silicio monocristallino e in silicio policristallino, e per un impianto di potenza nominale pari ad 1 kWp.

Capacità produttiva di un impianto fotovoltaico			
Localizzazione dell'impianto	Energia utile/m^2 per moduli in silicio monocristallino	Energia utile/m^2 per moduli in silicio policristallino	Energia utile per 1kWp installato
	kWh/(m^2anno)	kWh/(m^2anno)	kWh/(kWp anno)
Nord	150	130	1080
Centro	190	160	1350
Sud	210	180	1500

Tabella 7.21: Capacità produttiva di un impianto fotovoltaico. (Fonte ENEA)

7.1.5.5.7 *Impianti eolici*

L'introduzione dell'energia eolica nel settore agricolo può essere applicata grazie soprattutto al microeolico, ossia impianti di produzione con potenza inferiore ai 6 kW. Nel caso, infatti del minieolico (5–60 kW) il tempo di ammortamento aumenta significativamente, in quanto l'eolico ha anche un'usura diversa e ben superiore al fotovoltaico (parti meccaniche in movimento) e quindi una manutenzione più costosa. Inoltre, i bassi valori di velocità del vento necessari per il funzionamento degli impianti microeolici permettono una più ampia applicazione e diffusione sul territorio nazionale. La macchina eolica deve essere installata in un luogo ventoso, quelle attualmente in commercio necessitano di una velocità minima del vento di circa 3 metri al secondo per poter entrare in funzione (G. Moncada Lo Giudice, F. Asdrubali, "La sfida dell'Energia", Franco Angeli 2007). Per valutare l'effettiva potenzialità di un impianto è indispensabile conoscere le ore equivalenti annue di funzionamento alla potenza nominale, tale parametro è determinato da:

- distribuzione di frequenza della direzione del vento;
- distribuzione di frequenza della velocità del vento;
- curva di durata della velocità del vento.

Per determinare le ore equivalenti di un impianto in un sito è possibile svolgere delle campagne di misura sul posto o consultare l'Atlante Eolico interattivo; in Italia le zone favorevoli sono situate al centro-sud e sulle isole.

Le macchine eoliche di potenza superiore ai 20 kW sono assoggettate a verifica di esclusione dalla procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA), quindi i siti di installazione vanno selezionati tenendo in considerazione i vincoli ambientali, archeologici, demaniali esistenti.

Un mini generatore può produrre oltre 1500 kWh di energia a kW installato.

Un'azienda agricola di medie dimensioni potrebbe coprire il proprio fabbisogno con l'istallazione di un aerogeneratore da 6 kW. Commercialmente si trovano aereo generatori di tali potenze con un'altezza di 9-10 m e un diametro del rotore di 5-6 m.

7.1.5.5.8 *Impianti idroelettrici*

In ambito UE per *mini-hydro/small-hydro* si intendono le centrali sino a 10 MW di potenza. In Italia si parla di "piccola generazione" per impianti di potenza inferiore ad 1 MW, sotto i 100 kW di potenza si può parlare di *micro–hydro* e sotto i 5 kW di *pico-hydro*.

Il *position paper* dell'Italia riferito all'idroelettrico riporta al 2005 una potenza di 17.325 MW con una produzione di 36 TWhw, mentre al 2020 una potenza stimata di 20.200 MW.

Per il *mini-hydro* si passa dai circa 9,62 TWh del 2006 a una stima di 11,1 TWh al 2012. Con una potenza al 2012 di 1.408 Mw e al 2020 di 2800 MW.

Un fattore importante da prendere in considerazione, tuttavia, in tale ambito, è la progressiva riduzione delle precipitazioni atmosferiche.

Il regime pluviometrico mensile relativo al periodo storico 1930-1990 è significativamente differente da quello studiato negli ultimi 20 anni. L'attuale regime pluviometrico, infatti, vede valori di piogge molto intense a carattere temporalesco, poco sfruttabili dagli impianti idroelettrici di piccola taglia, e lunghi periodi di assenza di precipitazione. Inoltre, all'applicazione di nuovi valori di DMV (Deflusso Minimo Vitale) in relazione ai nuovi piani di tutela delle acque potrà causare un'ulteriore riduzione della producibilità degli impianti idroelettrici.

A riguardo in Italia si è evidenziato che dal 1991 ad oggi, pur essendo notevolmente aumentata la potenza idroelettrica installata e la relativa efficienza dei sistemi di conversione, nel 2007 vi è stata una produzione del settore di 34 TWh contro gli oltre 45 TWh dello stesso 1991.

Dal momento che i piccoli progetti idro-elettrici abitualmente hanno dei bacini d'acqua minimi e poche ed economiche opere civili di costruzione, sono percepiti dalle popolazioni come progetti a basso impatto ambientale e paesaggistico.

Una delle particolarità salienti di questi impianti è legata al fatto che per tipologia impiantistica e taglia si prestano ad essere del tutto automatizzati. L'impiego di macchinario elettromeccanico realizzato ad *hoc* consente in qualche modo

di ottimizzarne i costi, ma va comunque tenuto presente che i costi legati a questa voce non superano in genere il 10-15% del totale.

Il macchinario è costituito in genere da piccole turbine Francis o Pelton per gli impianti con maggiori salti.

In genere molti impianti di piccola taglia si trovano realizzati in aree montane su corsi d'acqua a regime torrentizio o permanente e l'introduzione del telecontrollo, telesorveglianza e telecomando ed azionamento consentono di recuperarli ad una piena produttività, risparmiando sui costi del personale di gestione, che in genere si limita alla sola manutenzione ordinaria con semplici operazioni periodiche. Molti impianti di piccola taglia attuano il cosiddetto recupero energetico.

Il costo medio del kWh degli impianti *mini-hydro* varia dalle 0,05 € alle 0,07 € in funzione delle caratteristiche del sito (salto e portata).

7.1.5.5.9 ***Impianti geotermici***

Attualmente le soluzioni adottate per riscaldare le varie tipologie di serre utilizzano principalmente sistemi ad aria o sistemi radianti installati su tutta la superficie del locale o nelle zone di interesse, ad esempio scaffali su cui sono posati i vasi per le colture. Quanto propone di innovativo la tecnologia geotermica è un sistema studiato dall'Università di Genova che prevede la divisione della superficie in due sezioni: una zona coltivata ed irrigata ed un'altra di passaggio e riscaldata. L'alternarsi delle due zone permette la creazione di un sistema autoregolato che preserva le condizioni delle radici delle piante e migliora le condizioni termoigrometriche dell'aria. Nella zona di passaggio il sistema radiante è dimensionato in modo da favorire lo scambio termico verso l'aria soprastante e limitare lo scambio termico orizzontale, il quale comporterebbe un aumento della temperatura al livello delle radici della pianta. Inoltre i tubi scaldanti sono installati all'interno di un convenzionale strato radiante in conglomerato o all'interno di uno strato in materiale inerte sciolto o incoerente, e protetti dalle infiltrazioni attraverso membrane impermeabilizzabili o barriere al vapore sul lato inferiore e su gli altri due lati con strati isolanti per limitare la dispersione nel terreno.

7.2 PROPOSTA DI MISURE PER LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA

La recente bozza del "Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili" (2010) stima che al 2020 l'energia fotovoltaica, insieme all'energia da biomasse, possano arrivare a coprire oltre il 7% del fabbisogno nazionale di energia elettrica, con un incremento superiore al 200% rispetto al 2005 (tab. 7.22). Grazie, infatti, alle politiche incentivanti (conto energia, tariffa omnicomprensiva) le politiche nazionali stanno puntando fortemente su questi due settori.

	2005					2020				
	Potenza	Energia				Potenza	Energia			
	Potenza installata FER-E	Produzione Lorda FER-E		Percentuale su FER-E Tot. (4.846 Ktep = 56.349 GWh)	Percentuale su CFL-E (29.749 Ktep = 345.921 GWh)	Potenza installata FER-E	Produzione Lorda FER-E		Percentuale su FER-E Tot. (4.846 Ktep = 56.349 GWh)	Percentuale su CFL-E (29.749 Ktep = 345.921 GWh)
	MW	GWh	(Ktep)	%		MW	GWh	(Ktep)	%	%
Idroelettrica	13.890	43.762	3.763	76,67%	12,65%	15.732	42.000	3.612	39,64%	11,49%
< 1MW	409	1.851	159	3,29%	0,54%	771	2.554	220	241,00%	0,70%
1MW - 10MW	1.944	7.390	636	13,11%	2,14%	3.711	11.434	983	10,79%	3,13%
> 10MW	11.537	34.521	2.969	61,26%	9,98%	11.250	28.012	2.409	36,44%	7,66%
Geotermica	671	5.324	458	9,45%	1,54%	1.000	7.500	645	7,08%	2,05%
Solare	34	31	3	0,06%	0,01%	8.500	11.350	976	10,71%	3,10%
Fotovoltaico	34	31	3	0,06%	0,01%	8.000	9.650	830	9,11%	2,64%
a concentrazione						500,00	1.700	146,00	160%	0,45%
Maree e moto ondoso						3,00	5,00	0,40	0,00%	0,00%
Eolica	1.635	2.558	220	4,54%	0,74%	16.000	24.095	2.072	22,74%	6,59%
offshore	1.635	2.558	220	4,54%	0,74%	15.000	21.600	1.858	20,39%	5,91%
offshore						1.000	2.495	215	2,35%	0,68%
Biomassa	1.990	4.674	402	8,30%	1,35%	4.650	21.000	1.806	19,82%	5,74%
Solida	1.706	3.476	299	6,17%	1,00%	3.000	11.500	989	10,85%	3,14%
Biogas	284	1.198	103	2,13%	0,35%	750	3.200	275	3,02%	0,88%
Bioliquidi						900,00	6.300,00	542,00	5,95%	1,72%
Totale	**18.220**	**56.349**	**4.846**	**100,00%**	**16,29%**	**45.885**	**105.950**	**9.112**	**100,00%**	**28,97%**

Tabella 7.22 : Proiezioni al 2020 per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili.

7.2.1 Disponibilità e potenziale energetico delle biomasse

In questo ambito si sottolinea come vi sia un documento specifico, pubblicato da ENEA insieme al Ministero dello Sviluppo Economico, che approfondisce tale tematica in modo esaustivo e dettagliato grazie alla collaborazione di diversi Enti e istituzioni di ricerca quali ITABIA e C.R.P.A. e diverse Università italiane: "Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS".

Quanto emerge da tale studio si può sintetizzare con i valori riportati nelle tabelle 7.23 e 7.24.

REGIONI	Paglie (KTEP)	Potature (KTEP)	Sanse + Vinaccia (KTEP)	Totale Foreste (KTEP)
Piemonte	949.67	47.71	26.93	111.07
Valle D'Aosta	0	0.74	0.17	0.47
Lombardia	1.385.77	17.32	9.43	104.82
Veneto	668.48	158.91	41.52	39,39
Trentino Alto Adige	0.58	27.98	7.19	15.15
Friuli - Venezia Giulia	227.13	24.41	6.20	28.19
Liguria	1.62	8.38	2.99	41.76
Emilia Romagna	596.38	172.49	34.79	102.40
Toscana	277.43	102.89	35.42	158.04
Marche	206.60	25.05	9.42	13.99
Lazio	167.36	107.29	31.50	48.63
Umbria	164.79	44.11	7.63	29.07
Abruzzo	87.83	125.69	30.55	26.03
Molise	62.62	13.63	16.13	18.94
Campania	121.41	124.06	36,59	51.87
Basilicata	173.22	21.63	6,43	28.26
Puglia	467.21	352.33	205,36	20.10
Calabria	81.27	438.19	105,51	66.58
Sicilia	280.45	258.84	103,53	11.07
Sardegna	99.62	52.34	15,99	28.14
TOTALE KTEP	**6.020**	**2.124**	**733**	**944**

Tabella 7.23: potenziale energetico annuo da biomasse solide

REGIONI	Paglie (KTON)	Potature (KTON)	Sanse + Vinaccia (KTON)	Totale Foreste (KTON)	Totale Foreste (KTON)
Piemonte	2.478.63	110.21	28.47	256,57	337.87
Valle D'Aosta	0.20	1.70	0.30	1.09	12.16
Lombardia	3.616.85	40.01	16.98	242.13	723.31
Veneto	1.744.74	367.09	74.73	90.99	272.61
Trentino Alto Adige	1.52	64.63	12.95	34.99	67.66
Friuli - Venezia Giulia	592.80	56.40	11.15	65.13	48.80
Liguria	4.23	19.36	5.38	96.47	43.91
Emilia Romagna	1.556.55	398.46	62.62	236.54	318.05
Toscana	724.08	237.67	63.76	385.07	127.68
Marche	539.23	57.86	16.96	32.32	56.47
Lazio	436.80	247.85	56.70	112.33	229.43
Umbria	430.10	101.89	13.73	87.15	43.78
Abruzzo	229.23	290.35	54.99	60.13	55.05
Molise	163.45	31.48	29.04	43.75	18.83
Campania	316.88	286.58	65.85	119.83	260.19
Basilicata	452.10	49.96	11.58	85.28	35.95
Puglia	1.219.42	813.88	369.64	46.43	136.07
Calabria	212.11	1012.21	189.92	153.80	85.23
Sicilia	731.97	597.92	186.35	25.58	210.50
Sardegna	260.00	120.90	28.78	65.01	122.43
TOTALE KTEP	**15.710,9**	**4.906,48**	**1.319,90**	**2.180,58**	**3.206,77**

Tabella 7.24: potenziale in massa annuo delle biomasse

REGIONI	KTEP Biogas FORSU[54]	KTEP Biogas Reflui	KTEP Biogas Macelli	KTEP Biogas Biogas
Piemonte	40.38	120.39	2.29	163.06
Valle D'Aosta	1.07	4.83	0.02	5.91
Lombardia	78.55	262.89	8.57	350.01
Veneto	43.09	85.21	0.10	128.40
Trentino Alto Adige	8.39	24.21	1.91	34.51
Friuli Venezia Giulia	9.12	13.99	0.19	23.30
Liguria	18.04	2.03	0.02	20.09
Emilia Romagna	46.49	99.62	6.44	152.55
Toscana	46.37	11.99	0.54	58.90
Marche	16.67	9.35	0.60	26.61
Lazio	65.04	41.45	0.37	106.87
Umbria	10.83	9.21	1.08	21.12
Abruzzo	14.53	10.70	0.67	25.90
Molise	2.71	6.27	0.08	9.06
Campania	62.25	59.82	0.86	122.92
Basilicata	4.76	12.47	0.34	17.57
Puglia	41.03	22.59	0.11	63.73
Calabria	18.86	21.26	0.28	40.40
Sicilia	55.81	42.71	0.45	98.97
Sardegna	19.50	38.70	0.57	58.77
Totale KTEP	**603.49**	**899.69**	**25.46**	**1.528,64**

Tabella 7.25: potenziale annuo di produzione di biogas

In particolare si evince come il potenziale nazionale delle biomasse solide venga stimato in circa 9.800 kTep all'anno, di cui oltre 1.500 ktep da 3.200 milioni di metri cubi di biogas. Lo stesso studio evidenza come da un'analisi degli allevamenti presenti sul territorio nazionale venga stimato come oltre 1.400 milioni di metri cubi di biogas possa essere prodotto da reflui zootecnici (tabella 7.25)

[54] FORSU: Frazione Organica Rifiuti Solidi Urbani

	Potenziale fisico	Potenziale fisico con soglie				
	Tutte le aziende	Aziende $_{>50}$ capi	Aziende $_{>100}$ capi	Aziende $_{>250}$ capi	Aziende >500 capi	Aziende >1000 capi
Numero aziende	162733	29918	14947	4374	1149	238
Numero capi	6359,587	4.777,709	3.717,408	2.084,870	986.904	371.313
Letame (10^3t/anno)	10.205	7.486	5.639	2.909	1.212	398
liquame (10^3m^3/anno)	80.638	59.195	44.640	23.088	9.667	3.195
Biogas (10^6Nm3/anno)	1.472	1.080	815	421	176	58

Tabella 7.26: numero aziende, capi, quantità di reflui e producibilità al variare di soglie aziendali

Uno studio analogo ma anteriore a quello pubblicato dall'ENEA, presentato dal CRB – Centro di Ricerca sulle Biomasse relativamente al periodo 2007 (CRB, "Documento propedeutico alla redazione del Piano Nazionale Biocarburanti e Biomasse agroforestali per usi energetici") aveva evidenziato su scala nazionale un quantitativo di biomasse residuale potenziale disponibile di circa 14,5 milioni di tonnellate (sostanza secca). Sempre, secondo questo studio, dei 14,5 milioni di tonnellate, poco più della metà (circa 8,2 milioni di tonnellate) si potrebbero considerare effettivamente raccoglibili e destinabili ad usi energetici alternativi rispetto a quelli attualmente in essere. Confrontando i valori dei diversi studi riportati si possono riscontrare risultati dissimili in quanto impiegano metodologie differenti di analisi e periodi di riferimento distinti. Tale fenomeno è evidenziato anche dal confronto nel 2007 della stima del potenziale residuo e riportato nella tabella successiva 7.27.

COLTURE	Stima ITABIA		Stima CRPA	
	Disponibilità "potenziale di residui"	Disponibilità "potenziale di residui"	Disponibilità "lorda di residui"	Disponibilità "lorda di residui"
	(000t)	(000t)	(000t)	(000t)
Frumento tenero	1.376	551	1.700	427
Frumento duro	2.362	1.417	2.540	1.813
Orzo	782	391	810	353
Avena	173	86	196	145
Riso	635	508	693	590
Mais	5.147	3.088	6.174	3.087
Vite	1.284	642	1.475	1.090
Olivo	1.138	614	1.343	994
Melo	87	39	286	141
Pero	52	26	181	65
Pesco	158	87	458	205
Agrumi	195	97	772	646
Mandorlo	148	59	223	124
Nocciolo	69	27	219	138
Actinidia	19	0	53	44
Altri fruttiferi*	45	25	144	40
Barbabietola zucchero	339	271	1.018	865
Tabacco	23	14	18	18
Girasole	473	308	425	404
TOTALE	**14.503**	**8.250**	**18.728**	**11.189**

Tabella 7.27: confronto delle stime di disponibilità di residui per coltura (data studio 2007)

Si deve sottolineare, inoltre, come le potenzialità indicate sono tanto più realizzabili quanto più vengono risolti numerosi ostacoli di tipo tecnico, organizzativo ed economico. Tali ostacoli possono essere rimossi, attraverso aiuti alla ricerca e sperimentazione (innovazione nel settore della meccanizzazione agricola), all'informazione e formazione e tutto quanto necessita per la creazione di filiere complesse che coinvolgano i rappresentanti del settore agricolo e di quello industriale. Come sottolineato dal rapporto nazionale, con le attuali tecnologie si può stimare di poter raggiungere una produzione di energia elettrica tramite le biomasse di 21.000 GWh (1.806 Tep).

7.2.2 Potenziale fotovoltaico

Con riferimento al Rapporto nazionale del GSE (2009), è attualmente previsto uno scenario nel settore del fotovoltaico con una potenza installata al 2020 di 9.000 MW e una produzione di energia elettrica di oltre 9.600 GWh all'anno. In un contesto di mantenimento della percentuale prodotta dal settore agroforestale dell'8%, tale settore avrebbe attualmente una potenzialità di 768 GWh. Tale percentuale potrebbe aumentare grazie alle attuali tecnologie che prevedono il fotovoltaico integrato sulle serre agricole e la compatibilità di attività di pastorizia (pecore) all'interno di campi fotovoltaici.

Si precisa che pur essendo evidente che la maggioranza della potenza fotovoltaica prodotta avvenga su terreni (circa il 44%, GSE), solo l'8% è configurata come prodotta da imprese agricole; gli altri impianti, infatti, si costituiscono impianti di produzione elettrica a tutti gli effetti in termini legali e fiscali.

7.2.3 Riduzione dei consumi di energia

Considerando che il biogas sia composto mediamente dal 55% di metano e 45% di anidride carbonica, e considerando conseguentemente per esso un potere calorifico medio inferiore (PCI) di circa 5 kWh/Nm^3, impiegato in sistemi di cogenerazione (in media sono caratterizzati da rendimenti elettrici del 35% e termici del 45%) (Asdrubali *et al.,* 2008) si può pervenire al dato di produzione potenziale di energia da biogas del settore zootecnico in circa 2.500 GWhe e 3200 GWht e dal comparto agro-forestale con oltre 5.600 GWhe e 7200 GWh termici. Si potrebbe quindi evidenziare come il potenziale energetico delle biomasse (9.800 ktep) risulta essere pari a circa il 5% del fabbisogno energetico nazionale con un obiettivo più plausibile di 3.500 ktep ossia pari a circa il fabbisogno energetico del settore agricolo stesso. Tuttavia, secondo lo scenario previsto al 2020 in base alle attuali tecnologie sarà possibile produrre da biogas circa 3.200 GWhe, mentre l'intero comparto delle biomasse solide potrebbe arrivare a produrre al 2020, 11.000 GWhe all'anno.

7.2.4 Riduzione delle emissioni di gas serra

Secondo dati Assoelettrica, in Italia nel 2004 sono state emesse 490 milioni di tonnellate di CO_2, di cui 461 milioni (pari al 94%) addebitabili alla produzione di energia (per tutti i settori: elettrico, processi industriali, trasporti, residenziale eccetera). Il contributo specifico del settore elettrico è stato stimato in circa 160 milioni di tonnellate nel 2006.

Negli ultimi anni la produzione di energia elettrica si è chiaramente indirizzata verso combustibili a minore impatto climalterante. Si è quasi triplicata la penetrazione del gas naturale (dal 22% del 1990 al 62% del 2006), mentre è rimasto pressoché costante il contributo dei combustibili solidi (dal 17 al 18%), si è fortemente ridotto il consumo dell'olio combustibile (dal 58% del 1990 al 14% del 2006) ed è cresciuto l'utilizzo di combustibili e flussi energetici che residuano da processi produttivi a monte della produzione di energia elettrica (dal 2 al 7%).

Questo processo è stato accompagnato da un ricorso sempre più accentuato a tecnologie di generazione più efficienti che hanno permesso di contenere, a fronte dell'aumento dei consumi, il carico emissivo del settore elettrico. In particolare il rendimento medio del parco termoelettrico è passato da 2.140 kcal/kWh a circa 1.870 kcal/kWh. In pratica, l'efficienza di trasformazione è aumentata di oltre il 12% e ciò ha determinato una consistente riduzione dei livelli delle emissioni unitarie medie, che sono passate dai 705 grammi di CO_2/kWh del 1990 ai 575 grammi CO_2/kWh del 2006 (Fonte Enel).

In base al dato di produzione di energia elettrica da biomassa e fotovoltaico, si può pervenire al risparmio di CO_2eq ottenibile rispetto alla produzione di energia elettrica e termica dal tradizionale sistema termoelettrico italiano. Occorre notare che nel caso delle biomasse il combustibile di partenza contiene carbonio, quindi genera CO_2 ma lo stesso carbonio è quello che la biomassa ha sottratto dall'atmosfera fissandolo mediante fotosintesi clorofilliana, pertanto si può immaginare un "ciclo chiuso" della CO_2 che non concorre ad aumentarne la concentrazione in atmosfera.

Come riportato la produzione potenziale di energia elettrica annua da biogas dal settore agro-zootecnico ammonta a circa 8.100 GWhe/anno, considerando una produzione di anidride carbonica specifica dal comparto termoelettrico di 575 grammi CO_2/kWh elettrico si può ottenere una quantità di anidride carbonica risparmiata di 4,6 milioni di tonnellate all'anno di cui 1,4 Mt dal comparto zootecnico.

Inoltre, dato che la produzione di energia termica da biogas utilizzato in motori cogenerativi è pari a 5.917 GWht/anno e potendo definire che una caldaia a metano, produce 205 grammi CO_2/kWh termico (Metodo ENEA semplificato di calcolo delle emissioni, www.novambiente.it), si può dedurre la quantità di CO_2 risparmiata con l'utilizzo di calore da biogas in 2,21 milioni di tonnellate all'anno.

Tali valori risultano ridotti nel contesto dello scenario più concreto proposto al 2020 dal Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili (Ministero dello Sviluppo Economico, 2010), ed in particolare, in relazione al valore stimato di 3.200 GWhe prodotti al 2020 dal biogas, il valore di anidride carbonica evitata risulterebbe ridotto a 1,6 Mton.

Discorso analogo si può effettuare in ambito di produzione di energia elettrica da fotovoltaico.

Gli oltre 9.600 GWe elettrici stimati al 2020 prodotti da energia solare fotovoltaica equivarrebbero a 4,8 Mton di anidride carbonica evitata, di cui 0,3 Mt pertinente al settore agroforestale.

7.3 INCENTIVI E CONTRIBUTI

7.3.1 Certificati Verdi

Il D.lgs. 79/1999 ha introdotto l'obbligo a carico dei produttori e degli importatori di energia elettrica da fonti convenzionali di immettere in rete un quantitativo minimo di elettricità da fonti rinnovabili; tale obbligo può essere assolto o mediante l'immissione in rete della quantità di elettricità da fonti rinnovabili richiesta o acquistando certificati verdi comprovanti la produzione dell'equivalente quota.

Con la liberalizzazione del settore elettrico, infatti sono stati introdotti dei titoli scambiabili sul mercato attraverso contrattazioni bilaterali e compravendite centralizzate denominati "certificati verdi". Tali titoli sono riconosciuti ai produttori da fonti rinnovabili in funzione dell'energia elettrica prodotta e della tipologia dell'intervento progettuale effettuato (nuovi impianti, riattivazioni, potenziamenti, rifacimenti e impianti ibridi).

Si sono creati quindi i presupposti per la nascita di un mercato, in cui la domanda è data dai soggetti sottoposti all'obbligo e l'offerta è costituita dai produttori di elettricità con impianti aventi diritto ai certificati verdi; all'inizio del sistema era stata introdotta anche una concorrenza relativa tra le diverse fonti rinnovabili mettendo l'accento sul principio di efficienza appena evocato piuttosto che su quello di efficacia. Con la Finanziaria per il 2008, il sistema dei certificati verdi è stato rivisto con l'introduzione di coefficienti moltiplicativi differenziati per le varie fonti rinnovabili e con l'aumento del periodo incentivante previsto, portandolo da 12 a 15 anni. In particolare, per gli impianti superiori a 1 MW di potenza elettrica da biomassa, si mantiene il coefficiente di 1,8 per la definizione dei certificati verdi.

7.3.2 Tariffa elettrica onnicomprensiva

La tariffa onnicomprensiva è un regime di sostegno basato sull'erogazione di una tariffa fissa riconosciuta agli impianti da fonti rinnovabili in funzione dell'energia elettrica immessa in rete. Tale tariffa è applicabile ai soli impianti di potenza inferiore a 1 MW (200 kW per l'eolico) e include sia l'incentivo sia la remunerazione per l'energia immessa in rete. Anche la tariffa onnicomprensiva è differenziata in funzione della tecnologia ed è riconosciuta per un periodo di 15 anni.

Tale regime ben si attaglia per le piccole produzioni da fonti rinnovabili diffuse sul territorio a tutela dei piccoli produttori, che diversamente non riuscirebbero a trarre vantaggio da meccanismi più complessi come appunto i certificati verdi, ovvero per le tecnologie di produzione meno mature.

Con il Ddl 1195/09 si cancellano tutti i riferimenti alla "filiera corta" (70 km dall'impianto), rendendo così possibile il riconoscimento della tariffa (28 €c/kWh) per biogas e biomasse, prescindendo dalla vicinanza tra luogo di produzione e impianto.

7.3.3 Conto Energia

Il conto energia è un regime di sostegno che garantisce una remunerazione costante dell'energia elettrica prodotta da impianti solari fotovoltaici e termodinamici, per un periodo prestabilito (20 anni per gli impianti fotovoltaici, 25 anni per gli impianti solari termodinamici) attraverso una tariffa per tutta l'energia prodotta dagli impianti. La tariffa è aggiuntiva rispetto al ricavo della vendita o alla valorizzazione, mediante lo scambio sul posto o l'autoconsumo, dell'energia prodotta e varia in funzione della taglia e del grado di integrazione architettonica dell'impianto. Tale regime premia le produzioni rinnovabili a prescindere dall'utilizzo che viene fatto dell'energia elettrica prodotta; tale fattispecie ben si sposa soprattutto con il profilo promiscuo produttore/consumatore di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Con gli incentivi del cosiddetto "4° Conto Energia" (maggio 2011), le aziende agricole possono ottenere per il 2012, quale beneficio sulla produzione elettrica da energia fotovoltaica, un corrispettivo economico compreso tra 0,148 e 0,274 €/ kWh (valore dipendente dalla potenza, dal posizionamento dell'impianto e dal semestre in cui è entrato in esercizio l'impianto stesso). Tale incentivo sarà ridotto in percentuale nei semestri successivi fino alla fine del 2016. Inoltre, si può ottenere un ulteriore beneficio di 5 cent al kWh a valle di una contestuale bonifica di coperture in materiale di cemento-amianto, oppure un incremento del 10% della tariffa incentivante, se il costo del materiale impiegato per la realizzazione dell'impianto sia imputabile, per almeno il 60%, a fabbricazione all'interno dell'Unione europea.

Gli impianti realizzati su superficie agricola non necessitano di cambio di destinazione di uso del terreno e sulla vendita hanno lo stesso regime fiscale delle imprese agricole.

Nel contesto specifico si deve sottolineare come, per accedere agli incentivi relativamente ai grandi impianti (potenza superiore a 200 kW, collocati a terra), si deve mantenere un rapporto, tra la superficie destinata all'impianto e quella agricola appartenenti al medesimo proprietario, inferiore al 10%; oppure, dimostrare che la superficie impiegata risulti essere stata abbandonata da almeno 5 anni. Per i grandi impianti, infine, il decreto[55] ammette l'incentivazione solo a valle dell'iscrizione dell'impianto ad un apposito registro del GSE e conseguentemente che il suo posizionamento rientri nei limiti specifici di costo definiti per ciascun periodo di riferimento (es: per il primo semestre 2012 il relativo limite di costo è di 150 Ml€).

Una nota particolare è da riservare alle serre fotovoltaiche, le quali accedono alle tariffe incentivanti esclusivamente se la proiezione a terra della superficie fotovoltaica sulla coperture della serre non sia superiore al 50% della proiezione a terra della intera superficie di copertura.

7.3.4 Titoli di efficienza energetica

Il meccanismo dei "titoli di efficienza energetica" (TEE) o "certificati bianchi" consiste nell'incentivazione di progetti di risparmio energetico nei diversi settori industriali, dei servizi e del residenziale, attraverso la certificazione della riduzione dei consumi conseguita. I titoli possono così essere utilizzati per assolvere agli obblighi di incremento dell'efficienza energetica che la normativa (d.lgs 79/99 e 164/00 e successivi decreti di attuazione) ha posto a carico dei grandi distributori di energia elettrica e di gas naturale.

Gli interventi possono essere realizzati dagli stessi distributori di energia elettrica e gas, da società di servizi energetici o da altri soggetti che abbiano provveduto alla nomina del responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia. L'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas valuta i progetti presentati, certificando i risparmi energetici conseguiti, e autorizza successivamente il Gestore dei Mercati Energetici (GME) a emettere i titoli di efficienza energetica in quantità pari ai risparmi certificati.

I distributori di energia elettrica e gas possono ottemperare all'obbligo posto a loro carico, attraverso propri progetti di efficienza energetica ovvero acquistando TEE (1TEE = 1 Tep) da altri soggetti, mediante contratti bilaterali o tramite un'apposita piattaforma gestita dal GME. Il meccanismo, pur destinato in forma generale agli interventi che adottano tecnologie collegate all'uso efficiente dell'energia e al risparmio energetico, permette in principio di sostenere l'adozione di determinate tecnologie impieganti energia a fonte rinnovabile per usi termici quali: collettori solari, pompe di calore elettriche ad aria esterna, calore geotermico, anche cogenerativo, da impianti geotermici o alimentati da prodotti vegetali e rifiuti organici e inorganici.

7.3.5 Benefici fiscali

L'uso delle fonti di energia rinnovabile nel settore del riscaldamento e del raffreddamento è incentivato anche con il meccanismo delle agevolazioni fiscali per il risparmio energetico. L'incentivazione consistente nella possibilità di detrarre dall'imposta sul reddito, delle società o delle persone fisiche, il 55% del totale delle spese sostenute per l'intervento; la percentuale della detrazione resta fissa per tutte le tecnologie.

La riduzione può essere conseguita anche attraverso l'installazione di tecnologie che facciano uso di energie rinnovabili; in particolare, nel caso di installazione di generatori di calore a biomasse, il potere calorifico della biomassa viene considerato pari all'energia primaria realmente fornita all'impianto moltiplicata per il fattore 0,3.

7.3.6 Il ruolo dei PSR

In relazione alle principali misure usate nei PSR riguardanti l'introduzione di fonti energetiche rinnovabili e la lotta al cambiamento climatico sono stati individuati gli indicatori energetico-ambientali presenti nei vari PSR al fine di individuare i più significativi e rendere omogenee e confrontabili le analisi delle varie Regioni. Le misure considerate sono: 121; 311 e 321.

[55] Decreto del Ministero dello sviluppo economico del 5 maggio 2011 pubblicato nella Gazz. Uff. 12 maggio 2011, n°109.

ASSE I **– Misura 121 "Ammodernamento delle Aziende Agricole".**

Finalità:

- ridurre i consumi di trasporto grazie a filiere corte;
- ridurre i consumi di conservazione degli alimenti durante i trasporto;
- impiegare macchinari per processi agricoli di maggiore efficienza;
- (marginalmente) impiego delle FER (Fonti di Energia Rinnovabile).

Azioni:

- per lo sviluppo e impiego di FER;
- per il risparmio energetico.

Gli indicatori presenti nei PSR sono:

a) Indicatori di prodotto (quantificano le attività realizzate):

- investimenti in Euro;

b) Indicatori di risultato (Effetti immediati sui beneficiari e marginalmente sui cambiamenti climatici):

- numero di aziende che hanno introdotto prodotti innovativi (secondo Reg. CE 1974/06)
- valore aggiunto di produzione agricola perché di qualità (secondo Reg. CE 1974/06)
- energia elettrica prodotta da FER (proposta da alcune Regioni)

c) Indicatori di impatto (quantificano i benefici verso la società e rispetto ai cambiamenti climatici):

- tep risparmiati;
- tonnellate di CO_2eq non immessa;
- nuovi posti di lavoro - miglioramento del benessere animale (Proposta da Regioni)

ASSE III – Misura 311 –"Diversificazione verso attività non agricole".

Finalità:

- incentivare la produzione, distribuzione e vendita delle FER;
- incentivare la produzione e l'impiego di cippato e *pellet*.

Azioni

- realizzazione di impianti di microcogenerazione;
- produzione e vendita di biogas;
- realizzazione impianti per produzione cippato e *pellet* e biocombustibili;
- realizzazione di impianti fotovoltaici, eolici e microidrici.

Gli indicatori presenti nei PSR sono:

a) indicatori di prodotto

- investimenti in Euro;

b) indicatori di risultato

- numero impianti bioenergetici;

c) indicatori di impatto (assenti o non coerenti)

ASSE III – Misura 321 – "Servizi essenziali per l'economia e la popolazione rurale"

Finalità:

Incentivare gli enti locali a rafforzare i servizi volti alla diffusione e produzione delle bioenergie e le FER.

Azioni

- realizzazione di centrali termiche bioenergetiche;
- realizzazione di reti di teleriscaldamento;
- realizzazione servizi vettoriamento dell'energia elettrica;
- realizzazione di centri di produzione cippato e *pellet*.

Gli indicatori presenti nei PSR sono:

a) indicatori di prodotto (quantificano le attività realizzate)

- investimenti in Euro.

b) indicatori di risultato

- numero impianti bioenergetici.

c) indicatori di impatto

- popolazione utente dei servizi miglioranti.

Come accennato all'inizio del paragrafo, sebbene quelle appena esposte siano le misure e le azioni che concorrono maggiormente alla produzione di energia rinnovabile, da un'analisi dettagliata dei PSR (RRN-2010b) emerge che alcune Regioni, per perseguire tale scopo, hanno scelto di attivare azioni appartenenti a misure diverse da quelle sopra considerate. A titolo esemplificativo si fa riferimento alla misura 122 "Accrescimento economico delle foreste", con cui la Regione Veneto promuove le azioni di miglioramento dei boschi produttivi e degli interventi di prima lavorazione del legname, per incentivare un maggior utilizzo delle biomasse. Le medesime azioni sono state attivate, per lo stesso fine, anche nell'ambito della misura 123 "Accrescimento del valore aggiunto dei prodotti agricoli e forestali" sia dal Veneto che dalla Sardegna, ed è nuovamente la produzione di energia rinnovabile da biomasse lo scopo che il Piemonte intende perseguire, ricorrendo alla misura 124 "Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie". Ulteriori esempi potrebbero confermare quanto appena esposto, ma l'intento, nel caso di queste misure "marginali" rispetto alla 121, alla 311 ed alla 321, non è tanto quello di analizzare nel dettaglio i casi specifici regionali, ma quello di mostrare la flessibilità offerta dai PSR al raggiungimento di un medesimo obiettivo.

7.4 Comparazione tecnico-economica delle diverse fonti energetiche rinnovabili

Al fine di poter effettuare un'analisi tecnico-economica dell'impiego delle differenti fonti energetiche esaminate, è necessario comprenderne i relativi costi di produzione, associati alle rispettive ricadute occupazionali.

7.4.1 Analisi economica-occupazionale

Per avere uno strumento che possa permettere di discernere tra le diverse tecniche di produzione di energia da fonte rinnovabile dal punto di vista economico si è preso in considerazione il costo del kWh prodotto quantificato da un recente studio condotto dell'Università di Padova (A. Lorenzoni, L. Bano, "I costi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili*",* 2008*).* Lo studio si basa su modelli matematici complessi che impiegano indici finanziari e valori di mercato contestuali al periodo di analisi (2007), al quale si rimanda per un eventuale approfondimento.

Per arrivare al costo finale per kWh (costi di produzione di energia elettrica dalle diverse fonti rinnovabili in esame), si sono aggiunti al costo fisso i costi operativi, i costi di manutenzione e il costo del combustibile, qualora presente. I costi vengono, quindi, divisi in tre gruppi principali:

a) costi di investimento,
b) costi operativi e costi di manutenzione (O&M),
c) costi di combustibile.

Come <u>costi di investimento</u> vengono considerate le seguenti voci:

- studio di fattibilità,
- costi di sviluppo e autorizzazione,
- costi per gli impianti (di generazione e di depurazione fumi),
- costi di impiantistica accessoria,
- altri costi.

I <u>costi operativi</u> includono le seguenti voci:

- costi per l'utilizzo del terreno,
- costi di assicurazione,

- costi di connessione alla rete di trasmissione,
- costi di manodopera,
- costi amministrativi,
- altri costi e varie.

Si riportano, quindi, in sintesi i differenti costi in tabella 7.28.

Voce di costo	Biomassa solida	Biocombust	Biogas	Eolico AT	Eolico MT	Eolico BT	idro < 1MW	FV 3kW	FV 300 kW
Costo di investimento	6,00	1,83	6,84	8,68	7,82	6,73	10,42	42,01	36,41
Costi operativi	5,00	2.03	2,10	1,80	2,30	2,71	7,00	8,05	4,63
Costo combustibile	9,50	11,41	5,38						
Costo totale	20,50	15,28	14,35	10,48	10,12	9,44	17,42	50,06	41,00

Tabella 7.28 Costo (€) di produzione del kWh elettrico per diverse fonti rinnovabili (A. Lorenzoni, L. Bano, I costi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili, 2008)

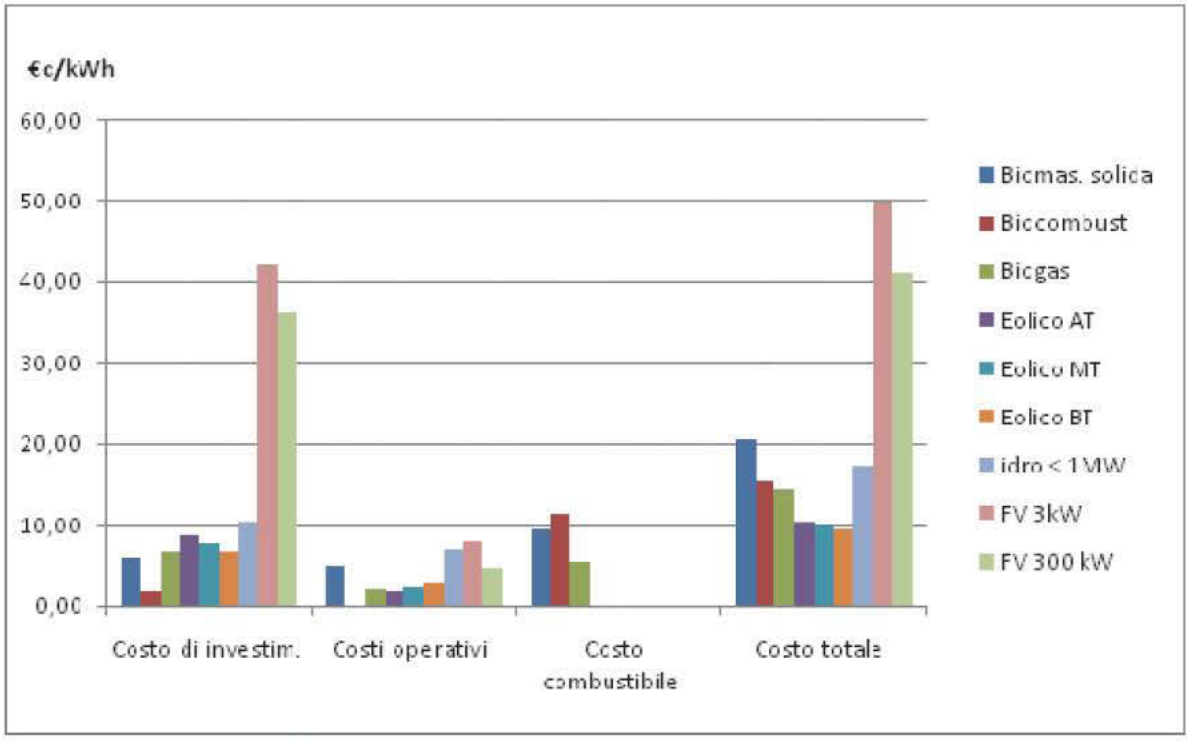


Figura 7.4 Costo di produzione del kWh elettrico per fonte energetica (A. Lorenzoni, L. Bano, "I costi di generazione di energia elettrica da fonti rinnovabili", 2008)

Dalla tabella si evince che, tra gli impianti a fonti rinnovabili analizzati, quelli che garantiscono un minor costo totale di produzione sono gli impianti eolici di piccola taglia che lavorano in bassa tensione (es: 250 kW), mentre tra le biomasse la produzione di biogas è quella che garantisce minor costi di investimento e pertanto un maggiore ritorno economico. In tale ambito si sottolinea come i maggiori costi di produzione associati alla realizzazione e gestione di impianti eolici di grande taglia (AT o MT) o, idroelettrici e fotovoltaici, siano dovuti all'estrema difficoltà nel condurre a termine i progetti di investimento, sia in fase di autorizzazione che di connessione alla rete. Solo una percentuale piuttosto ridotta dei progetti avviati, infatti, sfocia nella realizzazione di un impianto, ne segue che i costi di

autorizzazione relativi agli impianti non autorizzati si dovranno distribuire su quelli autorizzati. Pertanto, un processo autorizzativo snello, chiaro, ben normato e stabile nel tempo è una condizione necessaria, e forse sufficiente se accoppiato a condizioni economiche interessanti, per lo sviluppo delle fonti rinnovabili.

Dal punto di vista strettamente agro-zootecnico, invece, si evince come l'impiego di tecniche per la produzione di biogas da digestione anaerobica siano molto interessanti quale investimento economico.

Indagini, infatti, svolte sulla gestione dei reflui zootecnici attraverso la digestione anaerobica (Fonte: Bonazzi, CRPA, 2003) hanno dimostrato come questa incida positivamente sul conto economico delle aziende zootecniche. Lo smaltimento del liquame suinicolo, ad esempio, ha un costo che può incidere considerevolmente su quello finale della carne e tale onere è determinato soprattutto dalle spese di trasporto del liquame, che tende ad aumentare al crescere della distanza tra la stalla e i luoghi di spargimento.

Per quanto concerne un'analisi delle ricadute occupazionali, si deve evidenziare come l'espansione, avvenuta solo di recente, delle filiere a biomassa in Italia non consente di avere informazioni dirette e consolidate sulle ricadute che tali filiere generano in termini occupazionali. E' comunque logico aspettarsi un aumento dell'occupazione nel settore agro-zootecnico, come è avvenuto negli altri paesi d'Europa che vantano una più lunga esperienza in materia. Relativamente al solo biogas, per la Germania (dati del 2007) si è stimata, per gli oltre 3.000 impianti collegati a filiere zootecniche ed agri-energetiche, una potenza installata di circa 700 MW. Le ricadute sull'occupazione per questo paese sono state calcolate in 6.000 addetti impiegati, pari a 8,5 occupati per MW istallato (Piccinini, 2008); nel settore operano circa 250 imprese prevalentemente di piccole-medie dimensioni (2,8 MW/impresa).

Più in generale, nell'ambito di una ricerca finalizzata allo studio dei progetti sulle bioenergie in Europa, l'*International Energy Agency* (IEA) ha effettuato una stima del fabbisogno occupazionale generato dalle filiere bioenergetiche che consente un'interessante comparazione tra le diverse rinnovabili. Dalla figura 7.5 si evince che il biogas genera 20 posti di lavoro ogni 100 GWh. La tipologia di impiego tiene in considerazione tutti i processi necessari per la realizzazione e il funzionamento degli impianti: dalla progettazione, alla costruzione, funzionamento ordinario fino alla manutenzione. Al di là dei risultati delle stime che possono essere effettuate sulla scorta di queste fonti informative, va sottolineato che i benefici occupazionali di queste filiere si concentrano nelle aree rurali e consentono un'occupazione non stagionale in agricoltura, settore che registra un progressivo invecchiamento e una flessione nel numero degli occupati.

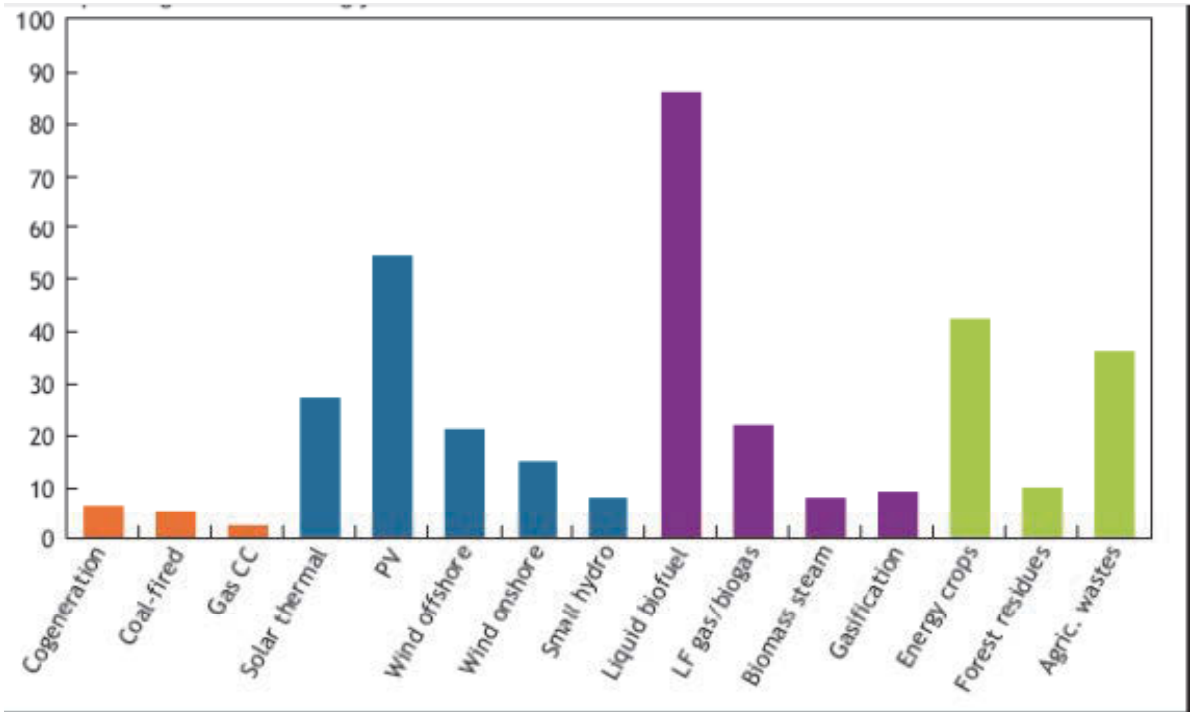


Figura 7.5 - Fabbisogno di occupazione per i diversi impianti a fonti rinnovabili, confronto con impianti a combustibili fossili (numero occupati/100 GWh) (International Energy Agency, www. IEA,.org 2007)

Infine, in tale ambito, è importante riportare quanto evidenziato in un rapporto della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile ("Le ricadute economiche e occupazionali degli scenari di produzione elettrica al 2020 in Italia", Rapporto 2010, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile) in termini di ricadute occupazionali nei prossimi 10 anni in base alle attuali politiche di investimento del settore. Dalla tabella risulta come gli investimenti sul settore della produzione di energia da biomassa solida permettano la maggiore ricaduta sociale in termini di occupazione permanente (16 persone a MW).

Comparto di produzione di energia elettrica	Nuova potenza installata (MW)	Nuova produzione (TWh)	Nuovi investimenti (milioni di euro)	Nuova occupazione diretta e indiretta								
				Attività temporanea	Attività permanenti	Totale	Attività temporanea	Attività permanenti	Totale	Attività temporanea	Attività permanenti	Totale (*)
	A	B	C	D	E	F= D+E	G	H	I = G + H	L = D * G	M = E + H	N = L + H
Eolico	6.721	11,4	11.090	10.702	3.771	14.473	4.709	1.617	6.326	15.411	5.388	20.799
Mini-idro	500	2,5	2.500	3.013	1.001	4.014	1.285	430	1.715	4.298	1.431	5.729
Fotovoltaico	1.949	2,3	4.385	3.940	728	4.669	1.711	310	2.021	5.651	1.038	6.690
Biomasse solide	214	1,5	965	1.092	2.552	3.643	409	936	1.425	1.581	3.488	5.069
Biogas	128	0,9	514	492	596	1.088	220	244	464	712	840	1.552
Biomasse rifiuti	128	0,9	643	713	502	1.215	303	215	518	1.016	717	1.733
Geotermoelettrico	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totale FER	**9.640**	**19,5**	**20.097**	**19.952**	**9.150**	**29.102**	**8.637**	**3.752**	**12.469**	**28.669**	**12.902**	**41.572**
Termoelettrico	2.453	55,2	1.594	2.069	3.881	5.950	857	2.891	3.748	2.926	6.772	9.698
Totale generale	**12.093**	**74,7**	**21.691**	**22.021**	**13.031**	**35.052**	**9.494**	**6.643**	**16.217**	**31.595**	**19.674**	**51.270**

*Occupati medi annui temporanei(fase di cantiere) tra il 2010 e il 2020 + occupati permanenti (associati alla gestione degli impianti) al 2020

**Eventuali mancate quadrature sono dovute agli arrotondamenti

Fonte: Fondazione Sviluppo Sostenibile

Tabella 7.29 – Occupazione diretta indiretta generata da diversi impianti a fonti rinnovabili

(Le ricadute economiche e occupazionali degli scenari di produzione elettrica al 2020 in Italia", Rapporto 2010, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile)

7.4.2 Aspetti ambientali

Le emissioni di anidride carbonica associate alla produzione di energia elettrica mediante fonti energetiche rinnovabili sono senza dubbio nulle (assenza di impiego di combustibili fossili), ma altrettanto non si può dire per l'intera filiera. Se si considera l'intero ciclo di vita degli impianti, i dati OCSE-IEA sulle emissioni sono i seguenti: idroelettrico: 245gr/kWh; fotovoltaico: 280gr/kWh; eolico: 48 gr/kWh (IEA-*World Energy Outlook* 2009).

Per le biomasse è più difficile fornire una quantificazione, dovendo tener conto della distanza di approvvigionamento delle biomasse che implica un trasporto delle stesse e il relativo impatto. La combustione delle stesse biomasse è inoltre causa di produzione di sostanze inquinanti come NOx e particolato.

Ulteriore aspetto è l'occupazione del suolo per le cosiddette coltivazioni *no food.* Infatti in base a quanto riportato in letteratura (Moncada Lo Giudice, Asdrubali; "La sfida dell'Energia") per la produzione di energia da biomassa servono circa 20-35 ha di terreno fino a un valore di 2.000 ha per ciascun MW di potenza prodotta da biocombustibile (biodiesel). Infine, vi sono aspetti ambientali quali emissione di rumore o alterazione del paesaggio (impatti visivi). Per poter sintetizzare quanto espresso, si riporta una tabella degli impatti delle relative fonti energetiche esaminate in termini qualitativi, al fine di poter rendere in modo immediato le rispettive problematiche ambientale.

	indicatore	Basso	Medio	Alto
Produzione di inquinanti *	NO_X/Polveri	Assenti	Produzione minore rispetto impianti di combustione tradizionali	Produzione superiore rispetto impianti di combustione tradizionali
Impatto visivo	-	Visibilità a meno di 100 m	Visibilità tra i 100 e 1000 m	Visibilità superiore ai 1000 m
Rumore	dBA a 100 m	Assente	< 50 dBA	>50 dBA
Occupazione del suolo (No Food)	Ha/MW	< 50	Tra i 50 e 500	> 500

	Biomassa. solida	Biocombust	Biogas	Eolico BT	Idro < 1MW	FV MT
Produzione di inquinanti *	Medio	Medio	Medio	Basso	Basso	Basso
Impatto visivo	Basso	Basso	Basso	Alto	Alto	Medio
Rumore	Basso	Basso	Basso	Medio	Basso	Basso
Occupazione del suolo (No Food)	Basso	Alto	Basso	Medio	Medio	Medio

Tabella 7.30 Qualificazione del livello di impatto associato alla realizzazione di impianti alimentati da diverse fonti energetiche rinnovabili

8 STRUMENTI PER LA MITIGAZIONE E L'ADATTAMENTO PER IL SETTORE AGRICOLO E FORESTALE

Autori: Guido Bonati, Silvia Coderoni, Antonella Pontrandolfi, Anna Vagnozzi

Il rapporto tra agricoltura e cambiamenti climatici è biunivoco ed estremamente complesso. Il settore infatti non solo è una delle determinanti dell'effetto serra, sia in positivo che in negativo (poiché è fonte di emissioni ed è anche un *sink* per il carbonio), ma è anche una tra le attività produttive più vulnerabili ai cambiamenti climatici, per i rilevanti rischi che essi possono rappresentare alla quantità e alla qualità delle produzioni agricole. Le implicazioni dei cambiamenti climatici nel settore riguardano la sicurezza alimentare, la capacità del sistema agricolo di adattarsi a nuovi possibili scenari di mercato, l'aumento delle produzioni a fini energetici e la mitigazione delle emissioni.

In tale contesto, l'agricoltura italiana si trova in una condizione del tutto particolare, non solo perché nell'area mediterranea sono previsti i maggiori effetti a livello climatico ed ecosistemico, ma anche perché, tra le regioni europee, l'Italia è quella con maggiore diversità orografica, ecologica e di produzione agricola, con un livello di complessità maggiore delle problematiche da affrontare.

Per queste ragioni è fondamentale non solo delineare i possibili scenari in termini di condizioni ambientali in cui probabilmente si troverà ad operare il settore agricolo (tematiche affrontate nei capitoli precedenti), ma anche capire quali strumenti politico-economici sono più adatti, da un lato, per partecipare alle azioni di mitigazione e, dall'altro, per supportare gli operatori agricoli con azioni di adattamento alle nuove condizioni.

Per definire gli strumenti con cui operare ai vari livelli, però, è fondamentale poter disporre di conoscenze tecniche incentrate sulla realtà italiana. In particolare, la definizione degli scenari climatici nel nostro Paese, e quindi le possibili "reazioni" degli agroecosistemi, è essenziale per riflettere sulle politiche e le azioni di adattamento da portare avanti, ad esempio nel settore delle risorse idriche o in quello fitosanitario. Parimenti, la stima delle emissioni di gas serra e le capacità di cattura del carbonio nel settore agricolo in Italia, sono la condizione necessaria per poter capire quali strumenti di mitigazione sono attuabili, senza danneggiare il settore.

Per queste ragioni nel capitolo si descrivono i possibili strumenti economici e le potenzialità che hanno per l'agricoltura italiana, ma anche i limiti, le possibili contraddizioni e, quindi, gli approfondimenti necessari.

Se, infatti, i cambiamenti climatici sono una sfida strategica per l'Europa, l'approfondimento di alcuni punti chiave sugli strumenti da usare sarà fondamentale anche come contributo per la definizione della PAC post 2013.

8.1 L'adattamento nel settore agricolo

Stando a quanto ribadito dal Libro Bianco della Commissione Europea (2009a), il bacino Mediterraneo rappresenta una delle aree europee più vulnerabili ai cambiamenti climatici. Pertanto la problematica dell'adattamento appare una questione chiave da affrontare, anche nel breve periodo, per ridurre al minimo l'impatto e sfruttare nuove opportunità che derivano dalle mutate condizioni climatiche. Nondimeno, l'adattamento, in un contesto di cambiamenti climatici, può anche comportare adeguamento ai cambiamenti indotti da impatti climatici nel resto del mondo (effetti sui mercati, cambiamenti nei vantaggi competitivi comparati, aumento dell'immigrazione), o agli effetti derivanti da azioni di mitigazione (ad esempio l'aumento della produzione di biocarburanti e i cambiamenti d'uso del suolo), generando ulteriori livelli di complessità per il decisore politico.

Una strategia di adattamento, per essere efficace, ma soprattutto efficiente, deve innanzitutto possedere caratteristiche di integrazione orizzontale, tra la politiche che riguardano tutti i settori che avranno presumibilmente degli impatti derivanti dai cambiamenti climatici (sanità, trasporti-comunicazione, turismo, energia, ecc.), ma anche di integrazione verticale, ovvero tra i diversi livelli di governo del territorio (nazionale, regionale, ecc.). All'interno di ogni settore poi, ci saranno questioni trasversali e comuni, e questioni specifiche relative a particolari forme di produzione, territori, ecc.

E' evidente che andranno predisposti strumenti nuovi per affrontare tale problematica, ma che, d'altra parte, esistono già strumenti con potenzialità di adattamento (ad esempio le politiche agroambientali in senso lato, alcuni aspetti della condizionalità, assicurazioni, sistemi di supporto su meteorologia, interventi fitosanitari, ecc) dei quali è importante capire le reali potenzialità rispetto al problema del cambiamento climatico e trovare un modo per armonizzarli, in modo da allocare meglio le risorse finanziarie.

L'agricoltura per sua natura si adatta da sempre alle mutevoli condizioni climatiche, ma i motivi per cui è importante e indispensabile attuare una strategia di adattamento sono molti, data la complessità che la sfida del cambiamento climatico pone al settore agricolo. Tra i più rilevanti ricordiamo i seguenti:

1) il cambiamento climatico non può essere completamente evitato ed è un fenomeno peculiare per portata ed effetti, rispetto alla normale condizione operativa in agricoltura;

2) l'adattamento anticipato e precauzionale è più efficace e meno costoso rispetto a quello imposto e di emergenza;

3) i cambiamenti climatici possono essere più rapidi e più pronunciati rispetto a quello che le stime attuali suggeriscono e sono possibili anche eventi imprevisti. Servono pertanto non solo più certezze sugli scenari, ma anche e soprattutto una definizione di strumenti elastici, che siano utili e adattabili a vari scenari, sia a livello aziendale che a livello di politiche;

4) si possono ottenere benefici immediati da una migliore adattamento alla variabilità del clima ed eventi atmosferici estremi;

5) si possono ottenere benefici immediati mediante l'eliminazione di politiche e pratiche di "*maladatptation*"[56];

6) il cambiamento climatico porta sia opportunità che minacce, pertanto da esso possono risultare anche benefici futuri, se opportunamente affrontato (Smit e Skinner, 2002).

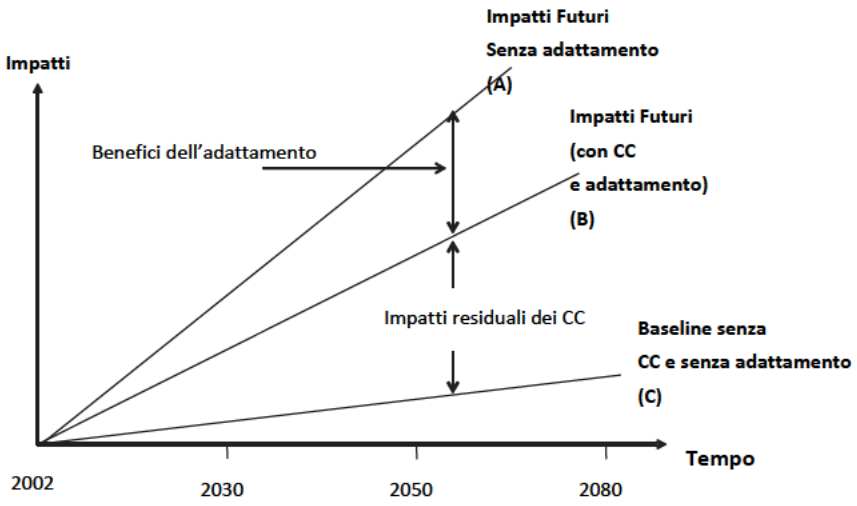
La vulnerabilità di un settore o un Paese, non è funzione solo delle sue caratteristiche fisiche, ma, evidentemente, anche di quelle economiche e sociali. Con riferimento alla realtà italiana bisogna considerare che il potenziale di adattamento dei sistemi socioeconomici è piuttosto alto per le condizioni economiche del paese e per le caratteristiche della popolazione, nonché per i meccanismi di supporto politici, istituzionali e tecnologici ben sviluppati. Ovviamente le difficoltà maggiori riguardano le aree più marginali e meno ricche che saranno meno capaci di adattarsi, pertanto, proprio per esse, sarà necessario un maggiore intervento da parte delle politiche coinvolte (Smit e Skinner, 2002).

Mentre la mitigazione, soprattutto nel settore agricolo, è una problematica che ha un ampio spettro di soluzioni, alcune anche consolidate e universalmente riconosciute, le politiche per l'adattamento sono un processo continuo che richiede un costante aggiustamento al modificarsi degli scenari di impatto. Esiste pertanto un problema di scarsità delle conoscenze che rende difficile anche identificare i costi e benefici dell'adattamento, sia in chiave prospettica, sia per determinare gli impatti distributivi del futuro adattamento.

La letteratura sui costi di adattamento in agricoltura è piuttosto limitata, in parte perché spesso le azioni di adattamento vanno tradotte in adeguamenti a livello di azienda agricola, quali i cambiamenti nei tempi di semina, o la scelta della coltura, tutte opzioni che sono a basso costo, in parte perché spesso non c'è una netta distinzione tra responsabilità pubblica e privata dell'agire, il che, porta ad una certa inerzia nel definire i costi (OECD, 2010). In effetti, come accennato, l'agricoltura è un'attività di per sé da sempre soggetta alla variabilità del clima e quindi all'incertezza del reddito; c'è, quindi, una soglia di vulnerabilità che è ritenuta accettabile dagli operatori. La presenza di questi c.d. "impatti residuali", rende difficile stimare i costi dell'adattamento in quanto tali impatti residuali devono in qualche modo essere tolti dai costi di impatto "totali"; in pratica i costi della non-azione non necessariamente si traducono direttamente nei benefici dell'adattamento. Inoltre, la *baseline* per il confronto con la non-azione sta cambiando nel tempo, poiché gli impatti del cambiamento climatico sono già normalmente affrontati nelle pratiche di gestione.

In Figura 8.1 è rappresentata una schematizzazione dei costi degli impatti climatici nel tempo, nel caso di nessun adattamento (A), con l'adattamento (B), e lo scenario di base degli impatti, senza cambiamenti climatici (C). La differenza tra la A e la B rappresenta i benefici dell'adattamento, mentre la differenza tra la linea B e la *baseline* rappresenta gli impatti residui.

[56] Si definisce *maladpation* quel fenomeno per cui una misura di adattamento di un agente aumenta la vulnerabilità degli altri.



CC: cambiamenti climatici

Fonte: Adattato da Boyd e Hunt (2006).

Figura 8.1 Costi e benefici stilizzati dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

I nodi che una strategia di adattamento nazionale deve affrontare riguardano innanzitutto il rispondere alle richieste che vengono avanzate dal Libro Bianco "L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo" (Commissione Europea, 2009a). Tali azioni riguardano:

- il miglioramento della resilienza;
- lo sviluppo di un meccanismo di scambio delle informazioni (entro 2011) e di modelli, metodi, set di dati e strumenti di previsione (entro 2011);
- la formulazione di indicatori per monitorare l'impatto dei cambiamenti climatici, compresi le ripercussioni in termini di vulnerabilità e i progressi realizzati in materia di adattamento;
- la valutazione dei costi e benefici dell'adattamento (entro il 2011).

Evidentemente viene riconosciuta l'importanza di una strategia condivisa a livello europeo, proprio per la complessità del fenomeno e gli elevati livelli di incertezza, ma nello stesso tempo si sottolinea l'importanza dell'agire a livello locale (attraverso il ruolo delle RAS-*Regional Adaptation Strategies*).

Con riferimento all'aumentare la resilienza dell'agricoltura e delle foreste, vengono sollevate le seguenti questioni da affrontare a livello nazionale: far sì che le misure in materia di adattamento e gestione idrica siano integrate nelle strategie e nei programmi regionali di sviluppo rurale per il periodo 2007-2013; valutare in che modo sia possibile integrare l'adattamento nello sviluppo rurale e garantire un sostegno adeguato ai fini della produzione sostenibile (ad esempio prendendo in esame le modalità in cui la PAC contribuisce all'uso efficiente delle risorse idriche in agricoltura); esaminare la capacità del sistema di consulenza aziendale di rafforzare la formazione, le conoscenze e l'adozione di nuove tecnologie che facilitino l'adattamento; aggiornare la strategia forestale e avviare il dibattito sulla possibilità di adottare un approccio UE per la tutela delle foreste e i sistemi di informazione forestale (Commissione Europea, 2009b).

Un altro punto che viene considerato fondamentale è quello che riguarda l'aumentare la resilienza della biodiversità, degli ecosistemi e delle acque. In tale categoria confluiscono diversi ambiti d'intervento, dall'esaminare le possibili soluzioni per migliorare le politiche esistenti (e sviluppare misure per combattere la perdita di biodiversità e i cambiamenti climatici in maniera sinergica), al valutare la necessità di adottare altre misure per migliorare l'efficienza idrica nel settore agricolo.

Per quanto attiene il finanziamento le azioni UE e Stati membri riguardano la stima dei costi di adattamento per le varie politiche settoriali in modo che sia possibile tenerne conto nelle future decisioni finanziarie e un esame più approfondito dell'uso potenziale di finanziamenti innovativi ai fini dell'adattamento. Inoltre va valutata la possibilità di

ricorrere a prodotti assicurativi e altri prodotti finanziari per integrare le misure di adattamento e per utilizzarli come strumenti di condivisione del rischio. Come forma di finanziamento poi, viene suggerito agli Stati membri di sfruttare gli introiti derivanti dal sistema comunitario di scambio delle quote di emissione ai fini dell'adattamento (Commissione Europea, 2009b).

8.1.1 Tipologie di adattamento nel settore agricolo

Stando a quanto previsto dall'allegato tecnico sull'agricoltura al libro bianco della Commissione Europea (2009b), le prospettive di adattamento in agricoltura possono essere suddivise in quelle di breve periodo e di lungo periodo. Mentre le prime sono più facilmente e efficacemente attuabili a livello di azienda agricola, le seconde, devono essere affidate a politiche settoriali e strutturali, tipicamente centrali (o locali). Rientrano nelle prospettive di adattamento di breve periodo, operazioni agronomiche e aziendali come: adattare il calendario delle operazioni culturali (date di impianto, di semina e trattamenti); adottare soluzioni tecniche come la protezione dei campi dal gelo o miglioramento degli impianti di ventilazione/raffreddamento nei ripari per animali; selezionare colture e varietà più adatte alla durata prevista del periodo vegetativo e alla disponibilità d'acqua e più resistenti alle nuove condizioni di temperatura e umidità; adattare le colture in base alla diversità genetica esistente e alle nuove possibilità offerte dalla biotecnologia; lottare più efficacemente contro le malattie e gli organismi nocivi, ad esempio attraverso un miglior monitoraggio, la rotazione diversificata delle culture o l'applicazione di metodi di lotta integrata contro gli organismi nocivi; usare l'acqua in modo più efficace riducendo le perdite, migliori pratiche di irrigazione, riciclaggio e creazione di depositi d'acqua; migliorare la gestione dei suoli e del paesaggio (mantenere le particolarità paesaggistiche e fornire riparo agli animali); allevare razze di bestiame più resistenti alle temperature elevate e adattare il regime alimentare degli animali sottoposti a stress da caldo. Ad eccezione della gestione del paesaggio, per un maggior approfondimento delle singole azioni si veda quanto riportato nei capitoli precedenti.

Per quanto riguarda invece le prospettive di adattamento di lungo periodo, esse riguardano principalmente:

- ✓ l'individuazione delle zone e dei settori vulnerabili e la valutazione della necessità e dell'opportunità di modificare le colture e le varietà per tener conto delle tendenze climatiche;
- ✓ il sostegno alla ricerca agronomica e alla produzione sperimentale, mirate a selezionare le colture e sviluppare le varietà più adatte alle nuove condizioni;
- ✓ il rafforzamento della capacità di adattamento attraverso la sensibilizzazione e la comunicazione di informazioni pertinenti e di consulenza sulla gestione aziendale;
- ✓ l'incentivazione di investimenti destinati a migliorare l'efficienza delle infrastrutture di irrigazione e delle tecnologie per l'uso dell'acqua, come pure la gestione delle risorse idriche;
- ✓ l'elaborazione di piani di irrigazione basati su una valutazione approfondita dei loro impatti, della disponibilità futura di risorse idriche e del fabbisogno idrico dei diversi utilizzatori tenendo conto dell'equilibrio tra offerta e domanda;
- ✓ lo sviluppo di strumenti di gestione dei rischi e delle crisi per far fronte alle conseguenze economiche di fenomeni di origine climatica.

Esistono sostanzialmente tre diversi tipi di azioni per l'adattamento del settore agricolo:

- → agire per ridurre la sensitività del sistema, ad esempio con investimenti per la tutela del territorio o l'aumento della capacità di accumulo di risorsa idrica negli invasi o l'adozione di colture più resistenti alla variabilità del clima;
- → cambiare l'esposizione di un sistema agli effetti del cambiamento climatico, ad esempio investendo nella gestione del rischio, in sistemi di allerta precoce o di previsione stagionale;
- → aumentare la resilienza del sistema, ad esempio con azioni di preservazione delle risorse naturali.

Le azioni specifiche di adattamento appartenenti a queste tre tipologie, possono essere classificate sulla base di quattro diversi ambiti di intervento: sviluppo tecnologico; adozione di tecnologie; programmi governativi e assicurativi; gestione finanziaria dell'azienda agricola, che, a loro volta, comprendono diverse linee di intervento sintetizzate in Tabella 8.1.

Adattamento	Esempi	Implementazione
Progresso tecnologico	Miglioramento genetico delle colture	Investimenti pubblici e privati in nuove varietà e ibridi per aumentare la resistenza a stress idrico o da caldo (o altre condizioni avverse)
	Sistemi informativi meteo-climatici	Investimenti pubblici e privati in previsioni mensili e stagionali e sistemi di allerta precoce
	Innovazione tecnologica nella gestione delle risorse	Investimenti pubblici e privati nelle innovazioni per i sistemi irrigui per affrontare i rischi di siccità, cambiamenti delle precipitazioni stagionali, carenza di umidità
Adozione nuove tecnologie-innovazione nei sistemi colturali	Innovazioni dei sistemi produttivi	Diversificazione colturale, tecniche di allevamento, estensivizzazione
	Cambi d'uso del suolo	Cambiare localizzazione di coltivazioni e allevamenti; rotazione dei terreni a maggese; pratiche di aratura
	Irrigazione	Implementare pratiche di irrigazione per ridurre il rischio di siccità ricorrente
	Tempistica delle operazioni	Cambiare i tempi della semina per affrontare la durata della stagione di crescita e i cambiamenti di temperatura e umidità
Programmi governativi e amministrativi	Sostegni finanziari	Modifica dei programmi di assicurazione delle colture agricole per influenzare le strategie di gestione del rischio a livello aziendale. Variazioni delle compensazioni *ad hoc* e assistenza per eventi estremi. Modifica dei PSR per influenzare le pratiche di gestione aziendale.
	Servizi di supporto tecnico	Supporto alla gestione del rischio, misure Asse 1
	Programmi di gestione complementare delle risorse	Sviluppo di politiche pubbliche per la conservazione delle risorse (idriche, suolo, ecc), ad esempio attraverso la tariffazione
Gestione finanziaria delle imprese agricole	Assicurazioni private (*crop insurance*)	Diffusione delle assicurazioni private (o con sostegno pubblico) del raccolto o del reddito
	Strumenti finanziari derivati	Investire in titoli legati alle coltivazioni per ridurre il rischio reddituale (es. *climate futures*)
	Stabilizzazione e diversificazione del reddito	Diversificare il reddito aziendale per ridurre il rischio reddituale (multifunzionalità), attraverso opzioni meno sensibili alle condizioni meteorologiche.

Fonte: Adattato da Smit e Skinner, 2002

Tabella 8.1 Tipologie ed esempi di adattamento in agricoltura a diversi livelli

Le diverse azioni di adattamento in campo agricolo possono essere differenziate in relazione alla responsabilità della loro attuazione (privata o pubblica) e al momento in cui vengono attuate (ex-ante o ex-post), generando così quattro modalità di intervento (tab.8.2).

Responsabilità della risposta	***Momento della risposta***	
	Ex ante (anticipatoria)	***Ex post (reattiva)***
Privata	Assicurazioni private Ricerca/sviluppo e investimenti privati	Cambiamenti nei mercati assicurativi Identificazione di opzioni di adattamento al minor costo
Pubblica	Infrastrutture pubbliche (ad es. irrigazione) Comunicazione del rischio al settore agricolo e al pubblico Ricerca/sviluppo pubblica Consulenza/formazione	Compensazioni per gli impatti Sottoscrizione di assicurazioni Compensazioni per calamità naturali

Fonte: Adattato da Oecd, 2010.

Tabella 8.2 – Classificazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico per responsabilità e momento

È evidente che l'approccio alle politiche di adattamento è estremamente complesso e necessita di elevati livelli di *governance*, soprattutto nella pianificazione di quelle politiche e quei servizi che non saranno forniti dal mercato. Infatti, poiché i benefici dell'adattamento sono sia pubblici che privati, il ruolo della politica pubblica nell'adattamento va definito chiaramente. Le strategie principali di un'azione pubblica in un contesto di adattamento agricolo riguardano: aumentare la capacità adattiva (invece di ridurre la vulnerabilità); fornire informazione, conoscenza e formazione adeguate e di alta qualità (su rischi, vulnerabilità, ecc.); integrare l'adattamento nelle politiche esistenti-soprattutto quelle climatiche-evitando una sovrapposizione di strumenti e cercando di sfruttare le potenzialità di adattamento di alcuni strumenti già operativi; sviluppare e incrementare i sistemi di allerta precoce e soccorso post-disastri; facilitare l'adattamento nel mercato; pianificare e sviluppare le infrastrutture adatte; regolamentare gli *spillover* dell'adattamento; compensare per la distribuzione ineguale degli impatti climatici. Inoltre, e in alcuni casi soprattutto, la politica dovrebbe valutare le esternalità nel lungo periodo ed evitare i fenomeni c.d. di *maladaptation* (Smit e Skinner, 2002), proprio perché, avendo a disposizione tutte le informazioni sulle varie politiche esistenti, la politica pubblica può meglio valutare le eventuali sinergie e *trade-off* tra le varie misure messe in atto.

8.1.2 Il fondo di solidarietà nazionale tra interventi compensativi e assicurazioni agevolate

L'attività imprenditoriale agricola presenta dei margini di rischio, legati al mercato, così come ai fattori di produzione, tra cui le condizioni ambientali rappresentano l'elemento principale. Sotto questi aspetti, gli scenari di cambiamento climatico aumentano il grado di incertezza determinato dalle condizioni ambientali del processo produttivo agricolo, intervenendo significativamente sul grado di interazione tra assetto climatico e cicli colturali (quindi sulle produzioni agricole da un punto di vista sia quantitativo che qualitativo) e sugli investimenti aziendali (danni alle strutture per avversità atmosferiche). In pratica, il cambiamento climatico produce una intensificazione dei rischi per le aziende agricole.

Da questo punto di vista, il sistema assicurativo agricolo rappresenta un importante strumento economico, tra i possibili di adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti climatici, in quanto non interviene ex post, a danni avvenuti, ma interviene sulla variabilità delle condizioni, gestendo il rischio di impresa e riducendo il grado di incertezza sui redditi delle attività agricole.

Per la gestione del rischio in agricoltura, l'Italia sin dagli anni '70 ha utilizzato un "Fondo di solidarietà nazionale", che prevedeva essenzialmente interventi *ex post* a compensare i danni prodotti da avversità atmosferiche e calamità naturali, ma erano previsti anche interventi economici agevolativi sulle assicurazioni monorischio grandine.

Con la riforma del 2004 (D.lgs. 102/04), il Fondo di solidarietà nazionale è stato ripensato nei principi e negli strumenti economici. La finalità del fondo è promuovere interventi di prevenzione per far fronte ai danni alle produzioni agricole e zootecniche, alle strutture aziendali agricole, agli impianti produttivi e alle infrastrutture agricole, nelle zone colpite da calamità naturali o eventi eccezionali. Le tipologie di intervento previste, il cui ammontare finanziario complessivo

dipende dalle disposizioni, sono: a) misure volte a incentivare la stipula di contratti assicurativi; b) interventi compensativi per danni a produzioni, strutture e impianti produttivi.

Gli interventi compensativi sono finalizzati a favorire la ripresa economica e produttiva delle imprese agricole e delle cooperative che abbiano subito danni superiori al 30% della produzione lorda vendibile. Gli aiuti intervengono nei casi di danni: alla produzione agricola; alle strutture aziendali e alle scorte; a imprese zootecniche (infezioni epizootiche che determinano l'abbattimento del bestiame e il divieto di ogni attività commerciale oppure da vaccinazioni o altre misure). Gli aiuti per il pagamento di premi assicurativi consiste in un contributo statale fino all'80% dei premi per i contratti assicurativi con soglia di danno superiore al 30%. La sottoscrizione delle polizze assicurative è volontaria e può avvenire in forma individuale o collettiva, attraverso consorzi di difesa, cooperative agricole e loro consorzi.

È importante evidenziare che nell'uso dei due tipi di strumenti è previsto il principio di esclusione: non possono essere dati contributi compensativi per tipologie di danni inserite nel Piano assicurativo agricolo annuale (approvato con decreto del Mipaaf, riporta l'entità del contributo pubblico sui premi assicurativi e i parametri per il calcolo del contributo).

In pratica, con la riforma del 2004 il Fondo è stato riorientato e si è individuato nello strumento assicurativo un obiettivo strategico per il futuro, con una graduale sostituzione degli interventi compensativi con interventi di agevolazione al sistema assicurativo. In effetti, se si analizza l'evoluzione del Fondo di solidarietà dal 2005 al 2009[57], si osserva una graduale riduzione degli interventi compensativi e un parallelo rafforzamento e ampliamento dello strumento assicurativo, che al 2009 occupava circa l'80% del Fondo di solidarietà nazionale. Si è, inoltre, assistito a un ampliamento della base assicurativa, ad una maggiore diversificazione della domanda e dell'offerta, con un aumento costante delle polizze pluririschio, e alla riduzione dei premi, cioè dei costi delle imprese. Una buona performance hanno avuto le polizze pluririschio legate alle avversità atmosferiche (siccità, grandine, alluvioni, ecc.). Infine, si evidenzia che circa il 40% delle polizze agevolate è di tipo innovativo (multirischio sulle rese). A margine di questa breve disamina, va anche evidenziato che sempre più diffusa risulta tra gli imprenditori agricoli una nuova mentalità, che considera ormai i premi assicurativi parte del costo di impresa e di produzione; ad esempio, nel 2009 le agevolazioni non hanno avuto una copertura finanziaria, ma la campagna assicurativa è stata comunque positiva. La buona *performance* dello strumento non esclude comunque la presenza di alcune criticità su cui intervenire, quali la predominanza delle polizze al Nord (circa 77%), con aziende e compagnie assicurative del Centro e del Sud poco propense all'uso dello strumento, nonché il necessario snellimento delle procedure amministrative.

Una nuova fase si è aperta dal 2010, a seguito dell'*Health Check* della PAC, con il Reg. (CE) 73/2009 – artt. 68 e succ., che, novità assoluta nella PAC, consente l'utilizzo di fondi comunitari per le agevolazioni sulle assicurazioni. In Italia, il sostegno specifico previsto per i premi (art. 70) è stato attivato, offrendo nuove opportunità, ma anche sfide e problematiche. L'art. 70 prevede la concessione di contributi sulla spesa premi per coprire: i rischi climatici sulle produzioni vegetali; le epizoozie negli allevamenti zootecnici; le malattie e le infestazioni parassitarie delle piante. L'Italia ha quindi inteso sfruttare tale opportunità attivando dal 2010 un unico sistema che utilizza fondi attivati con art. 68 e succ., fondi dell'OCM Vino (che prevede l'erogazione di contributi per l'assicurazione del raccolto di uva da vino) e il Fondo di solidarietà nazionale per le calamità naturali in agricoltura (applicabile fino a tutto il 2013, ma va previsto lo stanziamento di bilancio con legge finanziaria). Il sistema unico ha richiesto un adattamento del sistema esistente, con aggravi amministrativi e per gli agricoltori (es. domanda unica della PAC, verifica e aggiornamento se necessario del fascicolo aziendale; intermediazione che si è intesa mantenere dei consorzi di difesa). Oltre alla valutazione del livello di funzionalità del nuovo sistema, vi è l'incognita sui criteri di valutazione della CE rispetto all'applicazione dell'art. 68.

In sintesi, i punti critici che a livello nazionale andranno approfonditi al fine di rendere il sistema assicurativo italiano uno strumento di adattamento utile per gli imprenditori agricoli sono:

- perché lo strumento si diffonda sempre più, sembra necessario il supporto delle agevolazioni, occorre, quindi, sempre garantire le risorse finanziarie, sfruttando tutte le possibilità offerte dalla politica nazionale e da quella europea.

- è importante sviluppare e adottare metodologie di valutazione del rischio climatico che garantiscano omogeneità di trattamento, principi di equità, e regole della concorrenza, pur nel rispetto dei rapporti privatistici tra i soggetti;

- è importante mantenere alta l'attenzione a livello politico in sede europea, partecipando attivamente al dibattito sugli obiettivi delle politiche e il quadro normativo di riferimento, con particolare riferimento alla PAC post 2013, su cui gli scenari di cambiamento climatico non potranno non incidere.

[57] Dati del Ministero delle Politiche agricole alimentari e forestali – Sistema informativo agricolo nazionale

- sono necessarie riflessioni e analisi sulla capacità dello strumento assicurativo di produrre un adattamento delle imprese agricole ai cambiamenti climatici nel lungo periodo, oltre che nel breve sulla copertura del reddito, cioè di partecipare all'adattamento strutturale e produttivo delle imprese; a livello internazionale, infatti, diverse sono le riflessioni in corso su come adattare lo stesso sistema assicurativo a scenari di cambiamento climatico incerti, con il rischio di "maladattamento" o di un approccio conservatore del sistema nel medio e lungo periodo.

8.2 La mitigazione delle emissioni di gas serra e il settore agricolo: sfide ed opportunità

Come precedentemente accennato, il settore agricolo, oltre ad essere una fonte di emissioni di gas serra, ha anche la peculiarità, rispetto al resto delle attività economiche, di rappresentare un *sink* per il carbonio (C) stoccato nei suoli e nelle foreste. Secondo stime a livello globale il settore ha un elevato potenziale tecnico di mitigazione (5.5-6 Gt di CO_2eq al 2030), la maggior parte del quale è legato ai suoli agricoli (Ipcc, 2007a).[58]

Tuttavia, esistono rilevanti barriere al raggiungimento di tale valore, che si possono raggruppare in quattro categorie principali: tecniche, sociali, economiche e ambientali. Le barriere tecniche riguardano soprattutto la stima e la verifica delle emissioni, nonché le tecnologie esistenti per la mitigazione. In particolare, la questione del c.d. MRV (*Monitoring, Reporting and Verification*) delle emissioni, rappresenta uno dei più importanti ostacoli all'inclusione delle attività agricole nei maggiori meccanismi flessibili della convenzione sul clima. Infatti la contabilizzazione del sequestro del carbonio e dei fattori di emissione, sono molto più difficili da stimare rispetto alle emissioni prodotte da singole sorgenti (come ad esempio un impianto industriale). Inoltre, nonostante le potenzialità individuate per il sequestro del carbonio, ci sono dubbi per quanto riguarda l'efficacia di tali pratiche, il raggiungimento del livello di saturazione dei terreni e la durata del sequestro del carbonio, la c.d. permanenza (Paustian *et al*., 2004).[59]

Le barriere sociali implicano invece sia considerazioni etiche sul diritto alla crescita economica, e al conseguente aumento dell'inquinamento ad essa connesso dei Paesi in Via di Sviluppo (PVS), sia preferenze dei consumatori verso beni che hanno un impatto ambientale potenzialmente maggiore, ecc. (UNFCCC, 2009).

Le barriere economiche riguardano i costi delle tecnologie, i fallimenti del mercato nell'allocare risorse scarse e la perdita di competitività. Alcuni studi (Smith et al., 2007b) stimano che, a causa soprattutto delle barriere economiche, al 2030, potrà essere raggiunto meno del 35% del potenziale biofisico di mitigazione del settore.

Le barriere ambientali riguardano i limiti dei sistemi biologici e le possibili alterazioni dovute ai cambiamenti climatici. Tali barriere possono essere comuni a tutte le misure di mitigazione oppure essere specifiche delle opzioni considerate.[60]

Ovviamente, nonostante tali barriere siano presenti e determinanti, devono essere compiuti sforzi di mitigazione dell'agricoltura globale che possano contribuire a raggiungere obiettivi di sicurezza alimentare, sviluppo sostenibile e crescita del reddito dei produttori (UNFCCC, 2009).

Per stabilire un programma di mitigazione in agricoltura occorre però valutare delle importanti questioni di *policy*, tra cui: la questione della contabilizzazione totale dei gas serra e le modalità di adozione delle misure di mitigazione

[58] In realtà, i valori riportati dal Quarto Rapporto di Valutazione, sottostimano, secondo lo stesso IPCC, alcune potenzialità di mitigazione, tra le quali ricordiamo: il potenziale di mitigazione degli allevamenti (attenzione solo sulle riduzioni per capo, mentre quelle per unità di prodotto sono state trascurate); alcune sinergie tra opzioni di mitigazione; non ci sono stime per opzioni di mitigazione che sembrano avere un buon potenziale (come gli stili di vita e le scelte dei consumatori); le elevate incertezze sulle variazioni delle capacità di *sink* del suolo dovute ai cambiamenti climatici.

[59] La questione della permanenza è molto dibattuta e rappresenta un nodo cruciale per includere o meno alcune attività tra quelle ammissibili a generare crediti di carbonio, poiché, a differenza delle misure di abbattimento permanente, i benefici del sequestro di carbonio possono essere invertiti, liberando tutto o in parte le quantità sequestrate (UNFCCC, 2009). Per questo, secondo alcuni, il sequestro di carbonio nei suoli e altre misure agricole, dovrebbero essere utilizzate in maniera temporanea, in vista di una transizione ad un'economia *low carbon*.

[60] Tra quelle che dipendono dalla misura di mitigazione si possono distinguere, molto indicativamente, quelle che riguardano le c.d. misure di mitigazione non costose, per le quali barriere sociali e culturali e mancanza di incentivi rappresentano l'ostacolo maggiore, mentre per le misure di mitigazione più complesse, l'ostacolo alla realizzazione è dato soprattutto dai costi elevati, dalla definizione dei diritti di proprietà e dalle conoscenze specifiche necessarie (UNFCCC, 2009).

(Paustian et al. 2004). Per quanto riguarda la contabilizzazione totale dei gas serra la questione centrale è se si vuole attuare un resoconto completo delle emissioni di gas serra da tutte le fonti. Spesso le tecnologie di misurazione dei gas serra non esistono o sono eccessivamente costose e complesse da applicare a fonti diffuse, come sono quelle di origine agricola. È evidente quindi che ci sia un elevato livello di incertezza associata ai livelli stimati di emissioni (UNFCCC, 2009). In termini di copertura territoriale, in un sistema di contabilità globale o nazionale, in cui il governo è responsabile del raggiungimento di un obiettivo, dovrebbero essere incluse tutte le emissioni in quanto una contabilità parziale può sollevare questioni di responsabilità (UNFCCC, 2009 p.64). Ad esempio, può essere difficile rivendicare i crediti derivanti dall'adottare tecniche di lavorazione conservativa, e nello stesso tempo non tenere conto della conversione delle praterie a seminativi. D'altra parte, ci possono essere casi in cui la contabilizzazione totale dei terreni e dei gas serra non può essere richiesta (nell'adozione di un programma volontario basato sulla quantità di carbonio sequestrato da un limitato numero di partecipanti, o in zone di particolare interesse).

Uno dei principali ostacoli alla realizzazione di politiche per la mitigazione ai cambiamenti climatici è il timore di incorrere nei c.d. fenomeni di *carbon leakage* che fanno sì che, a seguito di politiche restrittive in tema di emissioni, non si verifichi una riduzione globale delle stesse, ma soltanto uno spostamento verso paesi con minore regolamentazione ambientale, con danni sia per l'ambiente a livello globale, che per l'economia del paese che introduce la regolamentazione più stringente (OECD, 2009). Ovviamente il fenomeno del *carbon leakage* diventa meno rilevante con l'ampliarsi del numero di paesi che aderiscono alla stessa regolamentazione ambientale, condizione per altro importante anche per assicurare l'efficacia di politiche come quelle per la lotta ai cambiamenti climatici. L'obiettivo di partecipazione di tutti i Paesi ad accordi internazionali (come il Protocollo di Kyoto) è difficilmente raggiungibile (come dimostrano i rallentamenti degli accordi in sede Unfccc), anche se rappresenta uno degli strumenti più efficaci e meno criticabili per la lotta ai cambiamenti climatici, dato che altre soluzioni (come ad esempio la tassazione di alcune importazioni da paesi non *carbon-restricting*), possono essere viste come un ostacolo al commercio, con tutte le conseguenze in ambito WTO nonché nell'equilibrio delle relazioni tra Paesi.

Secondo le stime dell'OECD (OECD, 2009), considerando costi e rischi della non azione nella lotta ai cambiamenti climatici, è opportuna un'azione tempestiva, sfruttando anche i nuovi pacchetti economici di stimolo all'investimento in tecnologie "verdi" e innovative, proposti in alcuni Paesi anche come risposta alla crisi economica globale. Evidentemente, data l'elevata riduzione delle emissioni da raggiungere, il modo più efficiente per farlo è scegliere le opzioni che consentano di mitigare le emissioni in modo meno costoso possibile, sia dal punto di vista dell'implementazione (per evitare perdite di produttività) che del monitoraggio e controllo (per evitare politiche pubbliche inefficienti), partendo prima di tutto dalla rimozione degli incentivi a pratiche dannose per le emissioni di gas serra, per poi passare all'incentivazione delle pratiche *ghg-saving*.

In agricoltura, più che in ogni altro settore, non esiste un singolo strumento di *policy* che possa servire da solo a mitigare le emissioni, data l'estrema varietà delle fonti emissive e dei *sink* di gas serra, nonché delle diverse tecniche di stima di tali emissioni. In estrema sintesi possiamo dire che gli strumenti di policy utilizzati dipendono dalle misure di mitigazione da porre in atto, e variano con esse (cfr. UNFCCC, 2009). Prendendo in prestito uno dei pilastri della Unfccc, potremmo sintetizzare dicendo che, il principio della responsabilità comune ma differenziata deve essere applicato anche a livello intersettoriale (con responsabilità diverse per settori più o meno inquinanti) e infrasettoriale (con riferimento alle diverse pratiche e produzioni agricole).

In generale gli strumenti economici a supporto dell'adozione di tecniche di mitigazione si possono dividere in due macro filoni di intervento: quelli che servono come incentivo alla mitigazione e quelli che si servono per far rispettare un obbligo di mitigazione. Ovviamente, questi strumenti possono essere posti in essere sia a livello nazionale (o sovranazionale), con politiche statali o locali mirate alla riduzione delle emissioni, sia all'interno di accordi volontari.

Gli strumenti di mitigazione utilizzati cambiano anche in base alla misura di mitigazione scelta e anzi alcuni dipendono proprio dall'obiettivo che si vuole raggiungere. Pertanto non si può dire che esista una sola modalità di risposta della politica al problema della mitigazione delle emissioni del settore agricolo, ma bisogna valutare, per ogni fonte emissiva, la strategia più opportuna da implementare. Di seguito si illustrano, molto brevemente, quali sono i principali meccanismi, di mercato e non, che si possono utilizzare per la mitigazione nel settore agricoltura, foreste e altri usi del suolo (AFOLU).

8.2.1 Incentivi alla mitigazione

Un primo filone d'intervento è rappresentato dagli incentivi alla mitigazione, tra questi ricordiamo: gli accordi volontari, le campagne informative (il *labelling*, la certificazione) e gli incentivi economici (minori tasse, sussidi agli investimenti; pagamenti agro-ambientali). Da un punto di vista etico ci può essere una differente valutazione tra una

sovvenzione per desistere da un'attività che danneggia l'ambiente, e una per impegnarsi in attività che lo proteggono o migliorano, anche se questa distinzione non può essere sempre netta ed è difficile da fare dal punto di vista economico.

8.2.1.1 **Accordi volontari**

Gli accordi volontari per la riduzione delle emissioni rappresentano un'alternativa valida alla regolamentazione diretta o alle tasse. Il ricorso a tali accordi è aumentato molto negli ultimi venti anni. In genere comportano accordi tra Governo e privati (singoli o tramite associazioni rappresentative) aventi per oggetto obbligazioni rilevanti per la tutela ambientale. Gli accordi comunemente funzionano stabilendo un obiettivo e comprendono una qualche forma di controllo per assicurarsi che il rispetto di quanto convenuto (NERA, 2007).

La critica principale mossa a tale tipo di approccio è che, proprio per la loro natura volontaria, spesso non garantiscono l'efficacia ambientale o una reale riduzione delle emissioni. Per quanto riguarda la natura volontaria, tale limite è discusso ancora oggi, soprattutto alla luce del fatto che, poiché la riduzione delle emissioni è tipicamente costosa, gli accordi volontari possono richiedere una struttura di incentivi per incoraggiare la partecipazione e il superamento di fenomeni come il *free ride* (Segerson. 2004) o l'azzardo morale[61]. Per superare tali problemi si possono predisporre incentivi economici oppure si può stabilire che il raggiungimento di un accordo volontario serva ad evitare l'entrata in vigore di una legislazione obbligatoria inerente (NERA, 2007).

Per quanto riguarda invece la reale riduzione delle emissioni, secondo alcuni, questo ostacolo può essere superato attraverso l'imposizione di requisiti più rigorosi per i regimi di compensazione per assicurare che essi abbiano effettivamente portato ad una riduzione aggiuntiva delle emissioni.

Una soluzione agli eventuali problemi di azzardo morale può essere, in alcuni casi, cercata attraverso il coordinamento delle associazioni di categoria.

La compensazione volontaria delle emissioni è diventata sempre più importante negli ultimi anni soprattutto per gli interventi di compensazione nel settore forestale (cfr. Capitolo 6) collegati, in alcuni casi, allo scambio di emissioni. In tema di riduzione di emissioni, gli accordi volontari potrebbero essere basati su un impegno ad adottare pratiche *ghg-saving* per ridurre le emissioni, o i tassi di emissione, in un periodo di periodo indicato (ad es. cambiamenti dietetici per il bestiame, linee guida per i tempi di applicazione di concimi, un maggiore uso di impianti di digestione anaerobica, ecc.).

8.2.1.2 **Campagne d'informazione**

Le campagne d'informazione sono basate su azioni divulgative volte ad incoraggiare le buone pratiche che portano alla diminuzione delle emissioni sia aumentando le informazioni disponibili per i consumatori, ad esempio, attraverso l'analisi del ciclo di vita del prodotto, sia attraverso campagne di informazione pubblica, o l'etichettatura del prodotto. Oltre a far leva sull'interesse personale di salvaguardia ambientale le campagne di informazione possono anche mirare a rispondere a questioni di "responsabilità sociale", ad esempio, attraverso premi ambientali, sistemi di contabilità ambientale, o la pubblicazione di parametri o classifiche ambientali (Nera, 2007).

Le campagne informative sono state utilizzate anche a favore dell'efficienza energetica per le famiglie e le imprese e, seppure siano già presenti sotto forma di etichettatura del prodotto, potrebbero essere applicate in modo più specifico al settore agricolo con riferimento alle tecniche di produzione (ad esempio, con informazioni riguardo l'applicazione dei fertilizzanti o la gestione dei reflui zootecnici).

Fra le campagne informative, spicca ad oggi, il *labelling* dell'impronta di carbonio (cfr.Capitolo 5).

Il labelling e le campagne informative potrebbero essere parte di una strategia per i cambiamenti climatici, ma difficilmente possono avere un impatto sostanziale da sole. Infatti, come ha dimostrato uno studio recente (Tukker et al., 2009) i cambiamenti dei regimi alimentari in Europa avrebbero impatto ambientale minimo (-1/2% di impatto ambientale rispetto all'invarianza dei regimi alimentari).

[61] L'azzardo morale è una forma di opportunismo post-contrattuale, causata dalla non osservabilità di certe azioni, che permette agli individui di perseguire i loro interessi a spese della controparte.

Se anche il *labelling* ha un impatto limitato sulle scelte dei consumatori, l'esistenza di schemi di certificazione, ha comunque un impatto positivo nell'aumentare la ricerca e lo sviluppo di prodotti più sostenibili (OECD, 2005) e disponibili a prezzi competitivi. Infatti, sebbene la presenza dell'etichettatura possa in teoria favorire scelte di consumo più sostenibili, evidentemente esistono dei vincoli sociali, normativi ed economici, che fanno sì che la motivazione (e l 'intenzione) di acquistare tali prodotti, non si incontri con l'opportunità di farlo (Tukker et al., 2008).

Inoltre, tali strumenti, se non opportunamente utilizzati, possono imporre costi non voluti o effetti perversi. Il prerequisito più importante è quello dell'accuratezza dell'informazione sulle emissioni che, quando non sono ottenute con fattori emissivi di default (nel qual caso hanno scarso contenuto informativo), richiedono complicati metodi di stima soprattutto per le emissioni relative al bestiame. Pertanto, c'è bisogno di maggiore ricerca per calcolare la *carbon footprint*, poiché allo stato attuale della conoscenza, classificare il cibo in base alla sua impronta carbonica può portare anche a conclusioni errate (Flachowsky and Hachenberg, 2009).

8.2.1.3 **Sovvenzioni e pagamenti pubblici per i servizi ecosistemici**

Le sovvenzioni e i pagamenti pubblici per i servizi ecosistemici hanno lo scopo di ricompensare il maggior costo, o mancato guadagno, delle azioni con impatto ambientale positivo. Tali strumenti, in alcune circostanze, da un punto di vista dell'efficacia ambientale, possono essere sostanzialmente equivalenti alle imposte, se il risultato indesiderato (per esempio le emissioni) può essere espresso in un'equivalente azione desiderata (ad esempio in tonnellate di riduzione delle emissioni). In realtà, però, può essere difficile per il *policy maker* ottenere le informazioni necessarie per rendere i due approcci equivalenti[62] (Nera, 2007).

Un vantaggio di tali strumenti è che essi possono presentare una maggiore accettabilità politica, anche se questa è limitata dalla possibilità di raccogliere i fondi pubblici necessari. Dato il contesto delle politiche esistenti per il settore (e in particolare per l'agricoltura) un'opzione potrebbe essere quella di sfruttare il quadro normativo esistente per incoraggiare i risultati ambientali voluti, mantenendo una neutralità del gettito per il settore nel suo complesso.[63]

Un approccio di questo tipo consentirebbe di collegare i pagamenti in modo più esplicito all'erogazione di prestazioni ambientali, che non sarebbero altrimenti valorizzate dal mercato, riconoscendo il ruolo di produttrice di beni pubblici dell'agricoltura e il fallimento del mercato nel produrre questi beni. Infatti, un clima stabile ha una forte natura di bene pubblico poiché, sia lo stoccaggio del carbonio, che la riduzione delle emissioni, presentano le caratteristiche di non escludibilità e la non rivalità, che sono gli elementi che permettono di qualificare un bene come pubblico (Cooper at al., 2009).

Nell'implementare tali politiche, sorge il problema della selezione del giusto strumento di incentivo e del relativo monitoraggio della prestazione in modo da far sì che non si abbiano effetti discorsivi.[64]

8.2.2 Obblighi di mitigazione

A fianco degli incentivi, in maniera ideologicamente opposta, si trovano gli strumenti economici e legislativi che impongano un obbligo di mitigazione delle emissioni; essi consistono, in maniera molto semplificata in: regolamentazione diretta, tasse, imposte, tariffe ambientali e creazioni di nuovi mercati.

8.2.2.1 **Regolamentazione diretta**

La regolamentazione diretta consiste nella limitazione diretta delle attività ammissibili da parte delle imprese ed è un approccio tradizionale alla regolamentazione ambientale. L'approccio spesso si basa sulla richiesta di "autorizzazioni" per svolgere particolari tipi di attività, ciò include la possibilità di vietare alcune attività, esplicitamente o

[62] Ad esempio può essere difficile capire se le riduzioni di emissioni sono "addizionali" o se si sarebbero verificate comunque, ad esempio per scoraggiare l'ingresso, nel settore sovvenzionato, di altre imprese.

[63] Probabilmente, però, così facendo, non ci sarebbero cambiamenti nel comportamento di tutti gli agenti.

[64] Infatti, lo strumento di incentivo può essere basato su diversi elementi (sulla performance, sugli input, ecc.) e può essere monitorato attraverso opportuni indicatori, o attraverso i controlli, ecc. (Per approfondimenti cfr. OECD, 2010, *Guidelines for cost-effective agri-environmental policy measures*, OECD, Parigi).

implicitamente. Un potenziale vantaggio di questo approccio è che, a condizione che si possiedano poteri e mezzi adeguati per controllare e sanzionare le violazioni, i risultati possono essere controllati in modo affidabile e ci può essere una elevato grado di certezza circa il raggiungimento degli obiettivi ambientali (NERA, 2007).

Lo svantaggio principale di tale strumento è legato alla sua natura "*command and control*": la sua applicazione risulta più efficiente se l'organismo regolatore conosce meglio degli organismi soggetti il problema ambientale e i modi di risolverlo. Infatti, se non conoscessero bene i costi che il rispetto della normativa comporta, ci potrebbe essere un rischio di inefficienza della politica, da un punto di vista aggregato (NERA, 2007). Pertanto, in presenza di eterogeneità dei costi di abbattimento, si preferiscono soluzioni come i mercati di emissioni (OECD, 2009). In generale comunque, vanno approfondite tutte le questioni relative ai costi amministrativi di gestione del sistema che, spesso, possono essere molto elevati.

Qualora lo scopo della regolamentazione diretta fosse quello di ridurre le emissioni di gas serra, essa dovrebbe cercare di individuare quali sono le misure per ridurre le emissioni e rendere obbligatorie quelle che risultino più efficienti. In alcuni casi sarebbe possibile includere questi vincoli nelle normative vigenti e, quando ciò non fosse possibile, bisognerebbe intervenire con nuovi strumenti normativi.

Nell'implementare una regolamentazione diretta delle emissioni del settore, bisogna poi considerare tutti quei casi in cui essa potrebbe scoraggiare l'innovazione, qualora fosse troppo stringente, o non elastica. Inoltre, poiché rispettare la regolamentazione è costoso, la risposta di alcuni operatori potrebbe essere soltanto una riduzione delle attività che comportano elevate emissioni, con il rischio di diminuire attività che hanno anche un'utilità sociale, nonché economica, per gli operatori del settore. Non da ultimo, andrebbero anche valutati gli eventuali problemi che possono derivare al commercio internazionale da una legislazione stringente fatta di requisiti obbligatori, o standard produttivi (Blandfors e Joslign, 2009).

Un caso particolare di regolamentazione, che comunque è uno strumento sostitutivo di quelli *command and control* puri, è rappresentato dalle forme di regolamentazione o legislazione negoziata (cosiddetti *reg neg* nella terminologia statunitense): una produzione di regole frutto della trattativa con i destinatari delle regole stesse o con le associazioni che li rappresentano. Se il vantaggio sicuro di tali strumenti negoziali è l'ottenimento di disposizioni che non presentano conflitti interpretativi (in quanto non sono di provenienza unilaterale), lo svantaggio maggiore è che all'interesse pubblico, si sostituisce in qualche modo quello privato, nella disposizione delle norme.

8.2.2.2 **Tariffe, tasse e imposte**

Alcuni degli svantaggi della regolamentazione diretta possono essere evitati facendo leva sugli strumenti economici per il controllo dell'inquinamento, cioè, gli approcci che riducono le emissioni poiché influenzano le decisioni di produzione e di consumo delle aziende e dei consumatori. Tra questi la risposta più comune alle inefficienze del mercato, in tema di esternalità negative, è data dalle tasse ambientali, che fanno sì che alcuni costi sociali dell'inquinamento siano internalizzati e quindi tenuti in considerazione nelle decisioni di produzione. In mercati concorrenziali, poi, i costi si riflettono anche nei prezzi, e quindi sulle decisioni di consumo. A differenza della regolamentazione diretta, queste decisioni sono decentrate a livello delle parti regolamentate, che in molti casi possono essere meglio informate sui i costi e sui vantaggi delle opzioni di mitigazione, sia dal lato dell'offerta, che della domanda. Sotto condizioni ideali, e purché l'imposta sia costruita in modo tale che i produttori debbano affrontare lo stesso costo marginale per tutte le attività che causano un danno ambientale equivalente, tali imposte possono far ottenere le riduzioni di emissioni al minor costo, e quindi in modo più efficiente. Lo svantaggio principale della fiscalità è l'eventuale incertezza circa l'esatto esito ambientale e ciò, nei casi in cui l'obiettivo è un livello preciso di inquinamento, fa sì che tale strumento non sia ottimale.

Un altro svantaggio è che può essere difficile definire la stessa aliquota di tassazione per unità, laddove un'attività può tradursi in un danno ambientale (come il caso dell'emissione di una tonnellata di CO_2).

Infine, le implicazioni distributive del gettito delle imposte possono far sì che esse abbiano una bassa accettabilità politica: infatti, qualora si imponga una tassa ambientale, il risultato della politica dipende poi da come vengono redistribuite le entrate derivanti dalla tassazione (se con esse, ad esempio, viene incentivato il consumo di beni ad elevato contenuto di carbonio, evidentemente gli sforzi di mitigazione sono inutili).

Poiché le attività che provocano emissioni di gas serra nel settore AFOLU sono numerose e diverse, per ottenere una riduzione generalizzata, dovrebbero essere imposti diversi prelievi distinti. Inoltre, le tasse ambientali sono poco utilizzate per ridurre le emissioni di origine agricola perché non sono, di per sé, una soluzione efficace. Ad esempio, si consideri l'ipotesi di tassare i fertilizzanti azotati (tassa sugli *input*). Il problema che lo strumento mira ad affrontare è legato alla applicazione dei nitrati in modi piuttosto complesso. Ci sono molti elementi che influiscono sul livello di emissioni, ma non dipendono dalla quantità di nitrati applicati (cfr capitolo 4.6 Flussi di carbonio ed azoto ed emissioni

di gas serra nei suoli agrari), pertanto, tassando le quantità di fertilizzanti, non si fornisce l'incentivo per alcune forme di abbattimento delle emissioni[65] (ad es. il ricorso al *timing* ottimale). Anche nel caso di una tassa applicata ad uno *stock*, come ad esempio una tassa differenziata sul bestiame per riflettere la produzione di gas serra delle diverse categorie animali, non fornirebbe incentivi per le modificazioni della dieta per ridurre la produzione di metano (e in generale altre per opzioni proposte nel capitolo 3). La tassazione, pertanto, non appare uno strumento ad oggi efficace per la mitigazione delle emissioni nel settore AFOLU.

8.2.2.3 **Creazione di nuovi mercati**

Lo scambio di emissioni offre un'altra opportunità per il controllo di queste ultime mediante strumenti economici, utilizzando meccanismi di mercato per cui i partecipanti al sistema possono scambiare certificati o altri diritti di emissione.

Questo approccio sfrutta l'eterogeneità dei costi di abbattimento dei diversi agenti economici facendo in modo che ci sia la flessibilità per cui chi può ridurre le emissioni a un costo minore lo faccia, rendendo possibile un maggiore ammontare di riduzioni globali. Inoltre, tali approcci basati sul mercato richiedono una minore conoscenza della regolamentazione rispetto ad alcuni approcci normativi. Un aspetto negativo del meccanismo è che esso può richiedere procedure amministrative relativamente complesse: i costi ad esso legati possono essere di diversa natura, e pertanto essi vanno comparati coi benefici dell'inclusione nel sistema delle diverse unità di emettitori (NERA, 2007).

Una delle problematiche maggiormente dibattute in sede di implementazione di un sistema ETS (*Emission Trading System*), riguarda quindi il numero ottimale di soggetti da includere nel mercato: massimizzare i benefici dell'inclusione nel sistema di scambio delle emissioni (in termini economici e di riduzione delle emissioni), minimizzando il costo dell'inclusione di ulteriori soggetti (monitoraggio e controllo) ovvero massimizzare il beneficio netto dell'inclusione nell'ETS.

In termini di valore marginale ciò corrisponde a dire che, la copertura ottimale sarà raggiunta nel momento in cui il beneficio marginale (ΔB) di aggiungere un altro emettitore, è uguale al costo marginale (ΔC), ovvero:

$$\frac{\Delta B_n^{ETS}}{\Delta_n} = \frac{\Delta C_n^{ETS}}{\Delta_n} \qquad (1)$$

Il valore degli *n* emettitori che soddisfa la (1) determina il numero ottimale di emettitori di un settore o un'industria, da includere nell'ETS (Ancev et al., 2008).

La questione del numero ottimale di soggetti da includere in un meccanismo di scambio delle emissioni, rappresenta uno dei maggiori ostacoli all'inclusione dell'agricoltura in un sistema di scambio che contenga anche altri settori. L'inclusione delle imprese agricole, infatti, comporta elevati costi per il monitoraggio e minori benefici (dato che, in media, le imprese agricole emettono molto meno di un impianto industriale). Valutare la (1) quando si tratta di imprese agricole, non è complesso solo per il minore livello dei benefici apportati in termini di riduzione delle emissioni, ma anche per la valutazione dei costi. Esistono infatti problemi operativi relativi all'implementazione di un sistema vincolante di scambio di emissioni nel settore AFOLU, che riguardano la questione tecnica del monitoraggio delle *performance* dei soggetti coinvolti, che fa aumentare enormemente i costi di transazione, nonché la differenza dei costi di abbattimento (che non sarebbe paragonabile a quella delle istallazioni industriali).

Attualmente non esiste un programma di emissioni di *cap-and-trade* appositamente delineato per il settore AFOLU, tranne l'esempio della Nuova Zelanda che ha stabilito di adottare un sistema di gestione delle emissioni vincolante per l'agricoltura, che entrerà in vigore nel 2015 (OECD, 2010): va osservato, però, che in questo paese il settore primario è responsabile di circa metà delle emissioni nazionali e pertanto deve essere necessariamente coinvolto nel piano di abbattimento post-2012.

Un sistema analogo può essere considerato quello delle quote latte dell'UE (abolito in seguito all'*Health-Check* della PAC), che consente uno scambio di quote tra produttori lattiero-caseari.

In breve le opzioni che si possono presentare, per meccanismi tipo ETS sono di tre tipi: crediti basati su progetti; il "*cap and trade*" chiuso e il "*cap and trade*" aperto, descritti brevemente in seguito.

[65] Tale problematica si può presentare anche qualora si considerino programmi di scambio di emissioni (cfr. seguito).

8.2.2.3.1 **Crediti basati su progetti**

Si basano su un progetto di scambio di emissioni e prevedono dei crediti per le imprese che intraprendono percorsi per ridurre le emissioni al di sotto del livello richiesto dalle normative vigenti. I crediti hanno valore solo nella misura in cui qualcuno è disposto a comprarli, e la domanda può venire da una serie di fonti (NERA, 2007). Una possibilità, ad esempio, è che lo Stato acquisti i crediti, con l'intento di sovvenzionare le attività del progetto; oppure possono essere le imprese, o singoli individui, ad acquistare crediti per compensare le proprie emissioni su base volontaria. Un'altra fonte di domanda di crediti si ha delle imprese che debbano rispettare dei tetti di emissioni e che possono utilizzarli per rispettare i propri impegni. Il beneficio per le aziende sta nel fatto che, quelle che comprano crediti, possono rispettare il loro vincoli in modo meno costoso, mentre quelle che li vendono possono ricavare reddito supplementare (ovviamente se li vendono a un prezzo tale da recuperare i costi di mitigazione).

La maggior parte degli esempi attuali nel settore AFOLU riguarda i crediti nell'ambito dei CDM e i crediti generati per il *Chicago Climate Exchange* (oggi non più operativo). I crediti del settore AFOLU, soprattutto quello forestale, sono molto importanti nelle compensazioni volontarie che rappresenta una forma di scambio di emissioni basata su progetti.

8.2.2.3.2 **Cap-and-trade chiuso**

Un altro approccio allo scambio di emissioni, non si fonda sulla generazione di crediti per le riduzioni di emissioni, ma sull'obbligo di detenere una licenza o un permesso per ogni unità di emissioni effettiva. Nei programmi di *cap-and-trade*, le indennità, pari ad un importo (ad es. una tonnellata) di emissioni, sono emesse in quantità fissa, che definisce un tetto alla quantità totale di emissioni per i settori coperti. I partecipanti al sistema hanno l'obbligo di detenere, alla fine di ogni periodo di applicazione, un numero di quote corrispondente alle loro emissioni totali. Le quote possono essere trasferite tra i partecipanti, sviluppando così un mercato per comprare e vendere quote di emissioni. Supponendo che il tetto sia vincolante, i partecipanti con quote insufficienti devono ridurre le proprie emissioni, o acquistarne da altri che le hanno ridotte. Nell'ambito di un regime di *cap-and-trade* chiuso, la partecipazione dovrebbe essere limitata all'interno del settore AFOLU (NERA, 2007).

I programmi di *cap-and-trade,* siccome sono obbligatori, devono spesso far fronte a più resistenza rispetto ai programmi basati su progetti (che danno ai partecipanti la possibilità di ridurre le emissioni senza l'imposizione di un obbligo di farlo). Gli effetti economici negativi di tale imposizione possono essere compensati in parte con l'assegnazione gratuita delle quote di emissione (anche se gli effetti economici dipendono anche da altri fattori).

8.2.2.3.3 **Cap-and-trade aperto**

Un programma di *cap-and-trade* può essere esteso per interagire con altri programmi di scambio di emissioni. Tale collegamento dei programmi implica che si stabiliscano norme per la commerciabilità dei diversi permessi, crediti e indennità, che fanno sì che un tipo di "bene" ambientale rispetti i requisiti di altri programmi (NERA, 2007).

La flessibilità di collegare diversi programmi è forse uno dei vantaggi chiave dell'approccio ETS, in quanto può determinare una riduzione dei costi complessivi di mantenimento di diversi programmi distinti. Tuttavia, ciò comporta ulteriori considerazioni per la progettazione di un sistema che può essere armonizzato con quello di altri programmi. Inoltre, mentre i costi complessivi di solito sono ridotti attraverso il collegamento, le conseguenze possono essere complesse e far sì che alcune parti affrontino costi globali più elevati.

8.3 Strumenti per l'accelerazione degli effetti delle politiche: ricerca e sviluppo

Nonostante la ricerca e l'attività di servizio siano alla base di buona parte dei contenuti sin qui presentati, è opportuno dedicare ad esse un breve approfondimento specifico per chiarire quale ruolo possano svolgere e a quali condizioni. Le incertezze sulle politiche future, dovute anche alle mancanza di un nuovo accordo globale per il clima, che tarda ad arrivare, fanno sì che la spesa in ricerca e sviluppo (R&S) sia vista in alcuni casi, come un investimento non certo e comunque non urgente.

Al contrario, una questione mondiale come il cambiamento climatico, con importanti effetti sulla vita sociale e produttiva delle popolazioni, riguarda senz'altro la ricerca pubblica in quanto gli interessi in gioco sono soprattutto di carattere collettivo e più marginalmente privato. Pertanto, la tipologia di azione da attendersi da parte delle istituzioni è quella che gli studiosi (Alston, Pardey, Smith 1999) di politica della ricerca ritengono più "invasiva" e cioè l'attuazione diretta di attività di studio e approfondimento e la promozione di iniziative mirate di finanziamento. In questo campo è stata l'Unione europea a svolgere il ruolo più attivo nel VI e nel VII Programma Quadro, attività che proseguirà con le Iniziative faro (L'Unione dell'innovazione e Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse) collegate al documento strategico "Europa 2020". I macro temi affrontati finora (ambiente, energia, trasporti, monitoraggio globale) hanno interessato l'agricoltura solo marginalmente, ma le nuove iniziative sembrano focalizzarsi sempre più verso le problematiche relative alle attività produttive e alla diffusione di tecnologie adeguate. La programmazione nazionale della ricerca ha affrontato solo marginalmente il tema: il PNR 2010-2012 è ancora molto concentrato sul rilancio economico e sul miglioramento del livello di innovatività del tessuto imprenditoriale del Paese, tuttavia proprio quando affronta il binomio ambiente-agricoltura fa esplicito riferimento anche alle variazioni climatiche in atto e alle necessità di conoscenza dei territori e delle loro vulnerabilità. In questo contesto va rilevato che il Mipaaf ha promosso alcune iniziative di studio multidisciplinari affidandole al CRA. Le Regioni non hanno finanziato finora rilevanti attività di ricerca sul cambiamento climatico, ma nel documento approvato dalla Conferenza dei Presidenti il 28 ottobre scorso sulle azioni prioritarie di ricerca per il triennio 2010-2012 è stata prevista, nell'ambito della scheda "Agricoltura e ambiente", la promozione delle seguenti azioni: messa a punto di tecniche colturali e selvicolturali per il contenimento delle emissioni di gas serra e l'accumulo di carbonio nei suoli agrari e forestali, studio degli effetti dell'aumento della temperatura sull'agricoltura ed in particolare sulla quantità e qualità della produzione agricola, in relazione a diversi scenari di emissione di CO_2.

Dalle analisi riportate nei capitoli centrali del presente documento è peraltro evidente che le istituzioni di ricerca agricola nazionali hanno avviato già da qualche tempo un'attività di studio sui temi del cambiamento climatico sia nella chiave della mitigazione (soprattutto per quanto riguarda il tema del suolo e delle tecniche di produzione zootecnica e vegetale) sia nella chiave dell'adattamento (per quanto concerne l'uso della risorsa idrica e l'individuazione di razze e varietà idonee alle nuove condizioni ambientali). Essa è ascrivibile ad un tradizione insita soprattutto nella ricerca agronomica, ma anche in quella zootecnica, che analizza i contesti in cui si realizza la produzione agricola monitorandone le condizioni del suolo e del clima e di proporre tecniche e tecnologie coerenti alle eventuali mutate condizioni. Naturalmente, è importante che le istituzioni di indirizzo delle politiche esplicitino con maggiore chiarezza la centralità del tema operando un'azione di verifica della domanda di ricerca e dei fabbisogni di approfondimento delle aree rurali e promuovendo bandi tematici e progetti mirati a problemi specifici. Proseguire nella attuazione di processi di indagine e approfondimento troppo generici, i cui contenuti siano espressione delle sole competenze delle strutture di ricerca, di norma, riduce il potenziale di cambiamento che le innovazioni potrebbero indurre presso le realtà rurali. Inoltre, allunga molto i tempi di adattamento e di adozione presso le imprese nonché di sensibilizzazione delle popolazioni locali.

E' per questi motivi che al termine "ricerca" viene collegato il termine "sviluppo" che in genere si riferisce a tutte quelle attività di servizio che vanno dall'informazione alla consulenza, dal supporto tecnico alla formazione, le quali sono annoverate fra gli strumenti più efficaci di accelerazione degli effetti delle politiche in quanto hanno il compito di promuovere i cambiamenti culturali nel tessuto imprenditoriale, di accompagnare le imprese nell'adozione delle innovazioni, di monitorare le evoluzioni dei contesti territoriali sia dal punto di vista tecnico che economico. Tali attività possono essere di emanazione pubblica e/o privata a seconda delle finalità e dei contenuti di cui si occupano (INEA, 2009); in questa sede si può sinteticamente far riferimento a quanto sostenuto per la ricerca: poiché le attività di mitigazione e adattamento che coinvolgeranno le aree rurali hanno una finalità collettiva, i servizi da attivarsi dovrebbero avere una analoga connotazione.

Purtroppo nell'esperienza italiana le attività di servizio finanziate dalle istituzioni pubbliche sono caratterizzate da una debolezza intrinseca dovuta alla loro precarietà strutturale e alla carenza di professionalità specifiche. I referenti dei servizi non partecipano di norma alla definizione dei fabbisogni di ricerca e non vengono interpellati circa gli effetti dell'adozione delle innovazioni.

Ci sono tuttavia alcune esperienze positive. Nei paragrafi precedenti è emerso come alcune realtà agricole godano di un rapporto privilegiato con strutture di servizio; è il caso del settore zootecnico il quale viene supportato da decenni, nelle evoluzioni più importanti, dall'assistenza che l'associazionismo produttivo (Associazione Italiana Allevatori - AIA; Associazione Provinciale Allevatori - APA) eroga sostenuto dal finanziamento nazionale e regionale. L'ipotesi che si propone di un Piano di assistenza agli allevamenti (par. 3.6) ricalca altre iniziative di grande impatto già realizzate negli anni '90 con effetti positivi quali i Piani per l'ipofecondità e quelli per la promozione della qualità del latte.

Inoltre, si è fatto riferimento ad alcuni servizi tecnici (Capitolo 2) che hanno avuto una grande diffusione anch'essi negli anni '90 e che sono state forse le attività di sviluppo con maggiore stabilità nel tempo quali le reti agrometeorologiche, i laboratori per le analisi del terreno e gli osservatori fitopatologici. Denominati dagli esperti della materia "Servizi tecnici di supporto" sono da considerarsi di importanza nodale nel caso in cui si voglia attivare un'azione di consulenza specialistica verso le imprese in quanto, come detto nei paragrafi precedenti, consentono di fornire un'assistenza mirata e specifica perché coadiuvata da informazioni di contesto molto puntuali. Certamente la loro azione può essere di scarsa efficacia nel caso in cui non risultino collegate agli organismi che erogano la consulenza aziendale in quanto le informazioni prodotte potranno essere decodificate soltanto dagli imprenditori opportunamente formati e quindi diffondersi in maniera meno capillare.

Con una coincidenza non casuale, le politiche europee hanno deciso, sia nella attuale fase di intervento (sviluppo rurale 2007-2013) sia nella prossima (vedi Europa 2020), di promuovere lo sviluppo del capitale umano per il tramite della conoscenza e dell'innovazione. Gli strumenti messi in campo sono un po' deboli perché troppo puntuali e frammentati; si fa riferimento al sistema di consulenza istituito dal reg. CE 1782/2003 (poi sostituito dal Reg (CE) 73/2009) e sostenuto finanziariamente dal regolamento per lo sviluppo rurale 1698/2005 che ne condiziona gli obiettivi alla sola condizionalità e sicurezza sul lavoro oppure alla misura che prevede un sostegno al collaudo di innovazioni mature da parte di consorzi di soggetti territoriali (misura 124) oppure agli interventi di formazione previsti in più ambiti (Asse 1 e Asse 3 dei PSR) e non ricondotti ad una logica di coordinamento. Tuttavia è in corso un ampio dibattito su queste fragilità sia in Italia che negli altri Paesi dell'UE e la Commissione europea è sembrata sensibile a tutte una serie di modifiche all'impianto degli interventi sul capitale umano proprio in considerazione degli obiettivi dell'*Health Check*.

8.4 Possibili linee strategiche di azione

La distinzione tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, soprattutto nel settore agricolo, è molto spesso fuorviante (FAO, 2010b) e la separazione di queste due componenti nell'agenda politica, può persino portare ad effetti perversi sulla vulnerabilità del sistema, ovvero effetti per cui, le azioni utili in un contesto di mitigazione, possono configgere con quelle per l'adattamento (OECD, 2010 p.93).

La problematica del cambiamento climatico va quindi affrontata in un'ottica integrata tra mitigazione e adattamento (World Bank, 2010; OECD, 2010; FAO, 2010b). Il nucleo di pianificazione e attuazione di una tale strategia dovrebbe essere rappresentato dalle sinergie tra l'adattamento e la mitigazione, la cui centralità oggi è riconosciuta dai più importanti studi sull'argomento (tra gli altri: Smith *et al*., 2007b; World Bank, 2008). Queste strategie sono importanti anche perché tendono ad aumentare la resilienza dei sistemi produttivi di fronte ai cambiamenti climatici e, nello stesso tempo, aumentano il sequestro del carbonio nei suoli e diminuiscono le emissioni collegate ai suoli agricoli.

Ragionando in un'ottica di sinergie, vanno però fatte due importanti considerazioni da tenere presente: la prima nasce dal fatto che, molte di queste misure, sono strettamente legate ad un particolare contesto territoriale e pertanto vanno valutate caso per caso. La seconda dal fatto che, mentre i vantaggi derivanti dalle misure di adattamento saranno realizzati quasi subito e saranno rilevanti (in uno scenario di moderato cambiamento climatico) circa a metà secolo, i benefici della mitigazione potranno essere realizzati soltanto dopo decenni dall'implementazione e diventare rilevanti solo verso la fine del secolo (World Bank, 2008). Ne consegue che una sfida significativa della politica climatica è quella di identificare, e poi sviluppare, strumenti che consentano un portafoglio di strategie flessibili di adattamento e di mitigazione che siano efficaci "nello spazio" e "nel tempo".

Nonostante sia evidente che la definizione di linee guida per il *policy maker*, in un contesto complesso come quello dei cambiamenti climatici, non sia l'approccio migliore, poiché le tipologie di mitigazione e di adattamento andrebbero valutate caso per caso, senza prescindere dal contesto territoriale, proviamo a proporre una sorta di linee strategiche o priorità di azione:

Lo schema seguente propone un'ipotetica linee strategiche di pianificazione di una politica di sviluppo compatibile con il clima, che si fondi sulle sinergie tra mitigazione e adattamento.

Adattamento	**Mitigazione**
Individuare le produzioni e i sistemi più vulnerabili, guardando sia all'aspetto economico, che climatico (importanza delle proiezioni climatiche) e sociale-organizzativo	Analisi costi benefici e delle opzioni di mitigazione (considerando come costi quelli operativi e gestionali e benefici le riduzioni di emissioni per individuare quale siano le produzioni in cui è efficiente incentivare un intervento)
Utilizzare le indicazioni strategiche fornite dal Libro Bianco della Commissione Europea per l'adattamento (strategia nazionale e poi settoriale, 2009a e 2009b)	Analisi SWOT (*Strenghts, Weakness, Opportunity and Treaths*) delle misure di mitigazione esaminate nei precedenti capitoli (valutando, in questo caso, le componente di impatto ambientale, economico (sul reddito dei produttori), occupazionale e le opzioni di equità all'interno del settore (cercando di non penalizzare settori già regolamentati), ecc.
Analizzare i punti di forza, debolezza, opportunità e minacce (analisi SWOT) delle misure di adattamento proposte nel capitolo 2	
Analisi delle priorità tra le misure individuate (individuare, tra le misure da attuare, quelle che soddisfano i requisiti di efficienza, sostenibilità ambientale e accettabilità politica)	
Analisi della coerenza delle misure individuate, comprendendo sinergie e *trade-off* tra misure e tra mitigazione e adattamento	
Sfruttare, migliorandole, le politiche già esistenti e secondariamente proporne di nuove. Eliminare meccanismi che creano distorsioni o disincentivi alle buone pratiche	

9 GLI STRUMENTI DELLA PAC: IL CONTRIBUTO DELLA CONDIZIONALITA' E DEI PROGRAMMI DI SVILUPPO RURALE, E GLI SCENARI 2013-2010

Autori: Leila Maria Morelli, Francesco Serafini, Massimo Menenti

9.1 La Condizionalità

La politica di condizionalità rappresenta un tassello fondamentale e ormai insostituibile nel panorama della Politica Agricola Comune (PAC) attuale e futura.

La strategia "Europa 2020" costituisce una cornice coerente con gli obiettivi della PAC in virtù dei tre obiettivi globali di una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva.

In particolare il tema della sostenibilità riconduce al legame fra la PAC e il regime di condizionalità, che richiama l'agricoltore ad una gestione aziendale che garantisca elevati *standard* di difesa dell'ambiente e del territorio, sicurezza alimentare e salute pubblica, benessere degli animali e delle piante.

Obiettivi, questi, che si fondano sulla gestione razionale delle risorse naturali secondo un principio che miri a coniugare la sostenibilità ambientale con la competitività di mercato.

Soprattutto a seguito dell'*Health Check* della PAC risulta fondamentale favorire l'integrazione in un unico quadro strategico della condizionalità nel primo e nel secondo pilastro, puntando sul tema dei beni e servizi pubblici che l'agricoltura è in grado di fornire attraverso politiche composite ma integrate come, appunto, la condizionalità.

In questo contesto si sta affermando sempre di più la necessità di mettere in evidenza il contributo effettivo che la condizionalità può fornire all'obiettivo della mitigazione e soprattutto dell'adattamento del settore agricolo ai cambiamenti climatici, tramite il rispetto di specifici impegni per gli agricoltori, declinati nell'ambito dei Criteri di Gestione Obbligatori (CGO) e delle Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA).

Gli impegni previsti nei CGO sono denominati "Atti", sono cioè delle disposizioni di legge già in vigore che derivano dal recepimento nazionale di corrispondenti disposizioni comunitarie, mentre le BCAA sono "Norme" stabilite a livello nazionale suddivise in uno o più "*Standard*" (Tab 9.1).[66]

[66] Definiti da ultimo nel D.M. 30125/2009 del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali "Disciplina del regime di condizionalità ai sensi del regolamento (CE) n. 73/2009 e delle riduzioni ed esclusioni per inadempienze dei beneficiari dei pagamenti diretti e dei programmi di sviluppo rurale"– GURI 303 del 31/12/2009, come modificato dal D.M. 10346 del 13 maggio 2011 - GURI n. 176 del 30/07/2011.

	Atto	Descrizione
Criteri di Gestione Obbligatori (CGO)	A1, A5	Protezione uccelli e Rete Natura 2000
	A2	Protezione acque sotterranee
	A3	Utilizzo fanghi di depurazione
	A4	Nitrati da fonti agricole
	A6	Identificazione e registrazione animali
	A7	
	A8	
	B9	Utilizzo prodotti fitosanitari
	B10	Somministrazione sostanze agli animali
	B11	Sicurezza alimentare
	B12, B13, B14, B15	Prevenzione delle malattie degli animali
	C16, C17, C18	Benessere degli animali
Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA)	Norma	*Standard* e descrizione
	1. MISURE PER LA PROTEZIONE DEL SUOLO	Std. 1.1. Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche
		Std. 1.2 Copertura minima del suolo*
		Std. 1.3 Mantenimento dei terrazzamenti
	2. MISURE PE RIL MANTENIMENTO DEI LIVELLI DI SOSTANZA ORGANICA	Std. 2.1 Gestione delle stoppie
		Std. 2.2 Avvicendamento delle colture
	3. MISURE PER LA PROTEZIONE DELLA STRUTTURA DEL SUOLO	Std. 3.1 Uso adeguato delle macchine
	4. MISURE PER IL MANTENIMENTO DEI TERRENI E DEGLI *HABITAT*	Std. 4.1 Protezione del pascolo permanente
		Std. 4.2 Evitare la propagazione di vegetazione indesiderata sui terreni agricoli
		Std. 4.3 Mantenimento degli oliveti e dei vigneti in buone condizioni vegetative
		Std. 4.4 Mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio
		Std. 4.5 Divieto di estirpazione degli olivi
		Std. 4.6 Densità di bestiame minime e/o regimi adeguati
	5. MISURE PER LA PROTEZIONE E LA GESTIONE DELLE ACQUE	Std. 5.1 Rispetto delle procedure di autorizzazione
		Std. 5.2 Introduzione di fasce tampone lungo i corsi d'acqua

Tabella 9.1 Elenco di atti (CGO) e norme (BCAA), declinate per standard di condizionalità

Agire per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici non vuol dire reimpostare radicalmente l'ampio spettro di atti, norme e *standard* già esistenti, ma semplicemente ridefinirlo per potenziarne l'efficacia. Questa necessità nasce dalla consapevolezza che per incidere positivamente sull'ambiente e per contrastare i cambiamenti climatici sono necessarie azioni il più possibile diffuse a livello territoriale e delineate sulle caratteristiche locali.

Nella realtà agricola italiana nel 2009 sono circa 1,3 milioni le aziende interessate alla condizionalità, con circa 11,2 milioni di ettari di SAU coinvolti[67].

In tale contesto l'agricoltore deve acquisire una maggiore consapevolezza del fatto che rispettando gli impegni per non incorrere nelle sanzioni legate al mancato rispetto della condizionalità, sta attuando un tipo di agricoltura sostenibile (buone pratiche agricole e zootecniche) che hanno in sé il potenziale di ridurre la vulnerabilità del settore agricolo, contribuendo alla produzione di esternalità positive da parte dell'agricoltura.

9.1.1 L'attuazione della condizionalità per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici

Come precedentemente accennato, non è sempre facile attuare una netta distinzione tra le azioni di mitigazione e di adattamento; infatti, se mantenere il suolo agricolo in buone condizioni agronomiche ed ambientali contribuisce a ridurre le emissioni di GHG, mitigando così l'effetto dei cambiamenti climatici, contemporaneamente, la suddetta azione mira a preservare la "risorsa suolo" dal possibile degrado derivante dai cambiamenti climatici, rivelandosi dunque un'azione di adattamento. Ciò premesso, in linea di massima, analizzando gli impegni previsti dalla condizionalità, emerge chiaramente che i CGO e le BCAA svolgono principalmente azioni volte alla tutela del suolo proteggendone la struttura (obiettivo 3), evitando fenomeni erosivi (obiettivo 1), preservando la sostanza organica in esso contenuta (atto A4 ed obiettivo 2), mantenendo i terreni e gli *habitat* in condizioni idonee dal punto di vista ambientale ed agronomico (obiettivo 4) e secondariamente, azioni volte alla gestione ed alla protezione della qualità delle risorse idriche (Atto A4 ed obiettivo 5).

Sebbene nei CGO siano presenti diversi atti che concorrono al sequestro del carbonio nella biomassa vegetale e nella sostanza organica nel terreno, l'atto che maggiormente contribuisce alla tematica in questione è l'atto A4 "Direttiva 91/676/CEE del Consiglio relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole" che, tramite pratiche idonee ed in particolare tramite una corretta utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento, persegue l'obiettivo di favorire l'apporto di sostanza organica nel terreno.

Per quanto concerne la seconda tipologia di impegni di condizionalità, cioè le norme per il mantenimento dei terreni in buone condizioni agronomiche ed ambientali, queste si prefiggono i seguenti scopi:

- la protezione del suolo dall'erosione (obiettivo 1);
- il mantenimento della sostanza organica (obiettivo 2);
- la protezione della struttura del suolo (obiettivo 3);
- un livello minimo di mantenimento dei terreni e degli *habitat* (obiettivo 4);
- la tutela qualitativa delle acque e la gestione delle risorse idriche (obiettivo 5).

Gli obiettivi delle BCAA permettono di valutare le norme in funzione della specificità del territorio e della tipologia aziendale, con il risultato di garantire il raggiungimento di tutti gli obiettivi conseguibili in funzione della realtà locale (oltre ad una più realistica quantificazione dei risultati ottenuti).

In definitiva quindi, si può affermare che le suddette norme possono ridurre alcuni fattori di vulnerabilità del settore agricolo e/o diminuire le emissioni di CO_2 evitando la degradazione della sostanza organica dei suoli, o coadiuvandone l'incremento.

[67] Dati del Rapporto nazionale di applicazione della condizionalità in Italia – Rete Rurale Nazionale, 2010.

Obiettivo 1. EROSIONE DEL SUOLO: proteggere il suolo mediante misure idonee

La protezione del suolo dall'erosione, precondizione per ridurre le emissioni di gas serra, mantenere un suolo agricolo fertile capace di garantire una buona produttività di sistemi estensivi di produzione e di favorire il sequestro del carbonio, viene effettuata mediante il ricorso allo *standard* 1.1 "Gestione minima delle terre che rispetti le condizioni locali specifiche" che dispone interventi di regimazione temporanea delle acque superficiali di terreni in pendio, attraverso la realizzazione di solchi acquai temporanei o, nel caso di ricorso alle deroghe menzionate dal DM in vigore, la realizzazione di fasce inerbite o altri interventi conservativi equivalenti. Tali interventi migliorativi della riserva idrica del suolo possono ridurre in misura sostanziale la vulnerabilità del settore agricolo a precipitazioni di portata inferiore e/o più variabili.

Obiettivo 2. SOSTANZA ORGANICA DEL SUOLO: mantenere i livelli di sostanza organica del suolo mediante opportune pratiche

Il secondo obiettivo è perseguito principalmente tramite il ricorso agli *standard* 2.1 "Gestione delle stoppie" e 2.2 "Avvicendamento delle colture".

Il primo, vietando la "…..bruciatura delle stoppie, delle paglie e della vegetazione presente al termine dei cicli produttivi di prati naturali o seminati..", non solo contribuisce al mantenimento della sostanza organica nel terreno, ma evita le emissioni di CO_2 che verrebbero generate dalla combustione della biomassa. Si fa presente inoltre, che se gli oltre 80 Mt/anno di residui colturali che l'Italia produce e che per buona parte vengono distrutti tramite combustione venissero sottoposti a processi di pirolisi, oltre a ridurre le emissioni di CO_2 si potrebbe anche beneficiare della produzione di energia elettrica e termica.

Il secondo, lo *standard* 2.2 "Avvicendamento delle colture", vietando per determinati cereali una monosuccessione superiore a cinque anni, previene l'impoverimento di alcuni nutrienti presenti nel terreno. Il suddetto divieto, potrebbe quindi rivelarsi uno strumento per stimolare ed indirizzare scelte colturali adattate al clima in evoluzione. Per quest'ultimo *standard*, oltretutto, viene specificato che in caso di accertata diminuzione della sostanza organica dovuta al ricorso alle deroghe previste dal DM, si debba ripristinare tale livello tramite letamazione, sovescio o altri interventi di fertilizzazione organica.

Obiettivo 3. STRUTTURA DEL SUOLO: mantenere la struttura del suolo mediante misure adeguate

Agli standard precedenti va correlato l'obiettivo perseguito dallo *standard* 3.1 "Uso adeguato delle macchine", che entra ancora di più nel merito della difesa del suolo proteggendone la struttura mediante misure adeguate quali le lavorazioni del terreno in stato di "tempera" ed un corretto utilizzo delle macchine. Infatti, come accennato nel paragrafo "Suolo", una corretta gestione del traffico dei mezzi agricoli è in grado di ridurre il rischio di compattamento del suolo.

Obiettivo 4. LIVELLO MINIMO DI MANTENIMENTO: Assicurare un livello minimo di mantenimento dei terreni ed evitare il deterioramento degli habitat

Gli *standard* 4.1 "Protezione del pascolo permanente" e 4.2 "Evitare la propagazione di vegetazione indesiderata sui terreni agricoli" pur avendo come obiettivo principale un livello minimo di mantenimento dei terreni, concorrono contemporaneamente anche a preservare la sostanza organica presente in essi.

Il primo infatti, contribuisce all'obiettivo vietando le lavorazioni del terreno (eccetto quelle atte a rinnovare e/o infittire il cotico erboso, gestire le acque di sgrondo e rispettare la densità di bestiame da pascolo per ettaro di superficie pascolata) il secondo invece, operando sfalci o altre operazioni equivalenti.

Gli *standard* 4.3 "Manutenzione di oliveti e vigneti in buone condizioni vegetative" e 4.5 "Divieto di estirpazione degli olivi", contribuiscono al mantenimento di una delle colture più tipiche dei paesaggi agricoli italiani tramite operazioni di importanza strategica per l'adattamento, quali la gestione ed il divieto di estirpazione delle piante. Lo standard 4.3, infatti, considerato nel contesto dell'evoluzione del clima, assume un significato strategico adattativo poiché permette di indirizzare scelte varietali facendo tesoro della notevole diversità intervarietale per conservare queste produzioni chiave in molte regioni, fronteggiando così temperature più elevate e precipitazioni più variabili. Lo *standard* 4.3 inoltre contribuisce anche al sequestro del carbonio atmosferico, che viene stoccato nelle masse arboree, grazie al ricorso di tecniche colturali che hanno lo scopo di mantenere gli esemplari "in un equilibrato sviluppo vegetativo".

In effetti bisogna dire che gli oliveti non contribuiscono tanto alla riduzione delle emissioni di gas serra, ma ne evitano l'aumento nella eventualità che tali agro-ecosistemi vengano abbandonati o sostituiti da altre colture più lontane dalla naturalità.

Infine, nell'ambito di assicurare un livello minimo di mantenimento del terreno si deve menzionare lo *standard* 4.4 "Mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio" che, vietando l'eliminazione di muretti a secco, siepi, stagni, alberi isolati, in gruppo o in filari, concorre al mantenimento sia della struttura che della sostanza organica del terreno e quindi all'adattamento del settore agricolo ai cambiamenti climatici.

Obiettivo 5. PROTEZIONE E GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE: proteggere le acque dall'inquinamento e dal ruscellamento e gestire l'utilizzo delle risorse idriche

Nella strategia di adattamento ai cambiamenti climatici rientrano le misure volte alla protezione ed alla gestione delle risorse idriche considerati negli *standard* 5.1 "Rispetto delle procedure di autorizzazione quando l'utilizzo delle acque a fini di irrigazione è soggetto ad autorizzazione", e 5.2 "Introduzione di fasce tampone lungo i corsi d'acqua". Il primo *standard*, di carattere prettamente normativo, prevede il rilascio di concessioni o licenze di attingimento sia che l'autorizzazione sia gratuita sia nel caso in cui sia onerosa, mentre il secondo, di natura ambientale, mira alla ricostituzione degli elementi naturalistici, soprattutto la vegetazione ripariale, in grado di mitigare le ondate di piena dei corsi d'acqua, diminuendo così il rischio di inondazioni dei campi limitrofi.

9.2 I Programmi di Sviluppo Rurale: il contributo al Protocollo di Kyoto e nel post-Cancun

Grazie al processo di revisione della PAC (*Health Check* della PAC) e all'attuazione del "Piano di ripresa economica Europea", noto anche come *Recovery Plan*, il secondo pilastro dello Sviluppo Rurale (FEASR, Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale) ha ottenuto delle risorse aggiuntive per far fronte alle "nuove sfide" riportate nella Decisione 2009/61/CE che modifica gli Orientamenti Strategici Comunitari del 2006. Le nuove sfide per il periodo di programmazione in corso (2007-2013), riguardano la riforma del settore lattiero-caseario, la biodiversità, le risorse idriche, le energie rinnovabili, i cambiamenti climatici ovviamente, le innovazioni connesse alle precedenti priorità e la diffusione della banda larga nelle aree rurali. Queste tematiche sono state recepite dal Piano Strategico Nazionale per poter poi essere declinate nei singoli PSR. Grazie alle risorse aggiuntive, il contributo del FEASR per l'Italia ammonta a 8.985 milioni di euro. Considerando che tale somma attiva a sua volta il cofinanziamento nazionale, si arriva per il periodo 2007-2013 ad un finanziamento pubblico complessivo, ripartito tra i programmi di sviluppo rurale ed il programma nazionale della Rete Rurale, di 17.642 milioni di euro. Andando ad analizzare le azioni attivate in questi ultimi (RRN, 2010), emerge che ben 15 Regioni su 21 hanno destinato le nuove risorse finanziarie alla sfida dei cambiamenti climatici, impiegando il 17,3% delle risorse aggiuntive, pari a circa 128,87 milioni di euro. In linea di massima si può affermare che l'asse II "Miglioramento dell'ambiente e dello spazio rurale" è l'asse che fornisce il maggior contributo alla tematica in questione, seguito poi dall'asse I "Miglioramento della competitività del settore agricolo e forestale" e dal III "Qualità della vita nelle zone rurali e diversificazione dell'economia rurale". Con l'asse II, vengono attivate delle pratiche agro-zootecniche a basso impatto ambientale atte a ridurre le emissioni di gas serra, ad incrementare la sostanza organica nel suolo, la biomassa vegetale epigea ed ipogea, ad operare interventi infrastrutturali di prevenzione e difesa dagli eventi calamitosi, a recuperare o ricostituire il patrimonio forestale danneggiato da incendi o disastri naturali o, ancora, a migliorarne la resilienza. Con l'asse I si agisce invece, principalmente tramite azioni strutturali che permettono un risparmio energetico, o una riduzione delle emissioni dei gas serra grazie ad una migliore gestione degli effluenti zootecnici, oppure favorendo le filiere corte o la produzione di biomasse ed energie rinnovabili, tutte azioni previste dalla Misura 121 "Ammodernamento delle aziende agricole". Tali interventi vengono affiancati e rafforzati dallo "sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale" (Misura 124) e, soprattutto, da necessarie "azioni di formazione ed informazione professionale" degli operatori del settore (Misura 111) e dalla "consulenza aziendale" (Misura 114). Evidentemente queste misure possono contribuire efficacemente all'adattamento del settore agricolo stimolando sistemi di produzioni ottimali per il regime idro-climatico previsto. Va poi sottolineato che, sempre facendo riferimento alle emissioni di CO_2eq non emesse o assorbite, ultimamente si sta dando sempre più importanza all'"accrescimento del valore aggiunto dei prodotti agricoli e forestali" (Misura 123). Per avere un'idea di quanto appena affermato, basta pensare alla riduzione delle emissioni di gas serra ottenute non solo con l'agricoltura biologica ed integrata, ma anche la quantità di CO_2 stoccata nei prodotti dell'industria manifatturiera del legno (mobili, assi, travi ecc).

Con l'asse III, infine, si ampliano e caratterizzano meglio sul territorio le azioni volte all'incentivazione delle energie da biomasse e da fonti rinnovabili con le misure 311 "Diversificazione verso attività non agricole" e 321 "Servizi essenziali per l'economia e la popolazione rurale". Con entrambe le misure si incentivano la realizzazione di microimpianti per la produzione, l'utilizzo e la vendita di energia o calore da fonti rinnovabili, per la produzione e vendita di biocombustibili (es: cippato, pellettato ed oli) ed anche l'acquisto di attrezzature, strumenti, macchinari ed arredi per la realizzazione

dei precedenti impianti tenendo in considerazione però, come si deduce dalla specifica delle singole misure, che la prima è volta a diversificare il reddito del produttore agricolo mentre la seconda, è volta principalmente a soddisfare le necessità dell'economia e della popolazione rurale. Le azioni di queste ultime misure, indirizzate principalmente alla produzione di energia rinnovabile, vengono completate da una "migliore valorizzazione economica delle foreste" (Misura 122) e dal "sostegno alla creazione e allo sviluppo di microimprese" (Misura 312).

Altri due aspetti che si potrebbero incentivare nella futura programmazione (2014-2020), riguardano il ruolo delle aziende agro-forestali in termini di riduzione delle emissioni di gas serra incentivando l'adesione a specifici schemi di certificazione volontaria, ed un maggior finanziamento di impianti per la produzione di energia ottenuta da biomasse, biogas e energie rinnovabili, ai fini dell'utilizzazione e della vendita.

Tali attività, oltre a contribuire all'azione per il clima, come auspicato dalla Comunicazione della Commissione europea (2010a) "La PAC verso il 2020: rispondere alle future sfide dell'alimentazione, delle risorse naturali e del territorio", possono facilitare la contabilizzazione delle emissioni, favorendo pertanto il monitoraggio e la registrazione dei crediti di carbonio nel settore agroforestale, al fine di valutare le opportunità di commercializzazione illustrate in precedenza.

Soffermandoci ancora ad analizzare le misure menzionate per l'asse II, in particolare la 214, la 221 e la 223 e per l'asse I, la 111, la 121, la 123 e la 124, se a queste si aggiungesse anche la misura 125 "Miglioramento e sviluppo delle infrastrutture in parallelo con lo sviluppo e l'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura", ci si renderebbe conto di aver anche preso in considerazione tutte le misure attivate dalle Regioni per fronteggiare la sfida delle "risorse idriche". Questo conferma l'importanza delle azioni attuabili nel settore idrico, come strumento di adattamento ai cambiamenti climatici.

Per concludere si deve sottolineare che se i PSR hanno il compito di declinare a livello regionale gli obiettivi e le strategie nazionali riportate nel Piano Strategico Nazionale (PSN), si può ben dire che l'Asse IV "Attuazione dell'impostazione Leader" traspone a livello locale le sfide riportate nei tre precedenti assi, caratterizzandole alle singole realtà rurali. Gli attori principali della realizzazione della strategia di sviluppo locale sono i Gruppi di Azione Locale (GAL) che operano in base a quanto stabilito nei Piani di Sviluppo Locale (PSL). In definitiva, per concretizzare meglio le strategie territoriali inerenti i cambiamenti climatici e per trovare il modo di integrarle e farle agire sinergicamente con le strategie delle altre "sfide" dello sviluppo rurale, si potrebbero quindi incrementare e diversificare le azioni di competenza dei GAL.

La seguente tabella (Tab 9.2) intende dare un quadro d'insieme di come la maggior parte delle azioni delineate nei capitoli precedenti, possano essere incluse nelle principali misure previste dagli attuali Programmi di Sviluppo Rurale che contribuiscono alle strategie di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici.

La ragione per cui non tutte le azioni, soprattutto le più innovative, hanno potuto trovare una giusta collocazione nella tabella (es: lo sviluppo dei sistemi di allerta precoce o di previsione stagionale come pure lo sviluppo di sistemi di supporto sulla meteorologia e di modelli, metodi, set di dati e strumenti di previsione, sistemi di monitoraggio delle malattie e degli organismi nocivi, ecc), è perché la strategia per la PAC post 2013 e le misure da adottare che ne derivano, sono ancora in fase di definizione. Infatti, l'*iter* decisionale che porterà all'emanazione dello strumento normativo idoneo all'attuazione della futura politica, avrà termine solo entro la fine del 2011. Non si esclude quindi che le azioni proposte possano, in un futuro molto prossimo, essere inserite nella strategia della PAC post 2013 ed incrementare gli effetti delle misure già esistenti. Si può comunque affermare che quanto è riportato in tabella e nel capitolo dedicato specificamente agli "Scenari della PAC post 2013" è coerente con quanto riportato nella COM(2010)672 del 18 novembre 2010 che rappresenta appunto, uno dei primi passi del suddetto iter normativo.

Al fine di fornire una panoramica più ampia della normativa inerente alle specifiche azioni sotto riportate, nell'ultima colonna si fa riferimento ad ulteriori strumenti normativi che, ad eccezione di qualche caso, si rivelano complementari alle misure dei PSR.

Azioni	Misure dei PSR	Altri strumenti normativi
Avvio/diffusione dei sistemi assicurativi		Art. 70 del Reg. (CE) 73/2009 "Assicurazioni del raccolto, degli animali e delle piante" (Se non compensate da altre misure sanitarie, veterinarie o fitosanitarie)
Interventi compensativi per danni a produzioni, strutture e impianti produttivi	Misura 126 Ripristino del potenziale produttivo agricolo danneggiato da calamità naturali e introduzione di adeguate misure di prevenzione (Copertura del solo costo d'investimento)	
Sviluppo di un meccanismo di scambio delle informazioni	Misura 111 Azioni nel campo della formazione professionale e dell' informazione Misura 114 Ricorso ai sevizi di consulenza aziendale agricola e forestale	
Adozione di nuove tecnologie/innovazione	Misura 124 Cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nei settori agricolo e alimentare e in quello forestale.	
Adattamento del calendario alle operazioni colturali	Misura 214 Pagamenti agroambientali	
Miglioramento degli impianti di ventilazione/raffreddamento nei ricoveri animali	Misura 121 Ammodernamento delle aziende agricole	
Selezione di specie, varietà, ibridi e razze più idonee alle nuove condizioni climatiche. (Incluso il ricorso alla genetica)	Misura 214 Pagamenti agroambientali	Programma quadro delle azioni comunitarie di ricerca, di sviluppo tecnologico e di dimostrazione. (Principio di esclusione in caso di operazioni sovvenzionabili con i PSR)
Rotazione colturale	Misura 214 Pagamenti agroambientali	
Ricorso alla lotta integrata	Misura 214 Pagamenti agroambientali	
Protezione delle risorse idriche e utilizzo più efficace dell'acqua tramite l'utilizzo di pratiche agricole e forestali e…	Misura 214 Pagamenti agro ambientali Misura 221 Imboschimento di terreni agricoli Misura 223 imboschimento di superfici non agricole	Condizionalità (Atto A2 – Direttiva 80/68/CEE del Consiglio concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose. Atto A4: Direttiva 91/676/CEE del Consiglio relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole. BCAA. NORMA 5: misure per la protezione e la gestione delle acque)
…l'utilizzo di tecnologie, nuovi processi e ricorso ad interventi	Misura 121 Ammodernamento delle aziende agricole	

Azioni	Misure dei PSR	Altri strumenti normativi
infrastrutturali	Misura 123 Accrescimento del valore aggiunto dei prodotti agricoli e forestali Misura 124 cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale Misura 125 miglioramento e sviluppo di infrastrutture in parallelo con lo sviluppo e l'adeguamento dell'agricoltura e della silvicoltura	
Migliore gestione dei terreni	Misure dell'asse II	Condizionalità (BCAA. NORMA 1: misure per la protezione del suolo. NORMA 2: misure per il mantenimento della sostanza organica nel terreno. NORMA 3. Misure per la protezione della struttura del suolo. NORMA 4: misure per il mantenimento dei terreni e degli habitat.)
Migliore gestione del paesaggio	Misura 214 Pagamenti agroambientali Misura 216 Investimenti non produttivi (agricoltura) Misura 227 Sostegno agli investimenti non produttivi (foreste) Misura 323 Tutela e riqualificazione del patrimonio rurale	Condizionalità (BCAA. NORMA 4: misure per il mantenimento dei terreni e degli habitat. Standard 4.4: mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio)
Strategie alimentari per il bestiame	Misura 214 Pagamenti agroambientali	Direttiva nitrati. DM 7 aprile 2006
Sostegno alla ricerca agronomica ed alla produzione sperimentale	Misura 124 cooperazione per lo sviluppo di nuovi prodotti, processi e tecnologie nel settore agricolo, alimentare e forestale	
Azioni di preservazione delle risorse naturali e aumento della resilienza del settore agricolo e forestale	Misura 214 Pagamenti agroambientali Misura 225 Pagamenti silvoambientali Misura 226 Ricostituzione del potenziale produttivo forestale e interventi preventivi	Condizionalità (Atto A5: Direttiva 92/43/CEE del Consiglio relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.)

Azioni	Misure dei PSR	Altri strumenti normativi
Sviluppo di strumenti di gestione dei rischi e delle crisi per fronteggiare conseguenze economiche		Strumenti di mercato (primo pilastro)
Gestione finanziaria dell'azienda	Misura 215 Avviamento ai servizi di consulenza aziendale, di sostituzione e di assistenza alla gestione Misura 122 Migliore valorizzazione economica delle foreste.	
Diversificazione del reddito aziendale	Misura 311 Diversificazione verso attività non agricole	

Tabella 9.2. Tabella di correlazione tra azioni, misure dei PSR e strumenti normativi

9.2.1 Gli indicatori d'impatto per i cambiamenti climatici nei Programmi di Sviluppo Rurale. Principali criticità emerse

Secondo quanto riportato nell'allegato VIII del Reg. (CE) 1974/2006[68], l'indicatore comune di impatto per i cambiamenti climatici è individuato nel "contributo all'attenuazione dei cambiamenti climatici" definito come incremento della produzione di energia rinnovabile, espresso in Ktoe (chilotonnellate di petrolio equivalente). Come indicatore d'impatto, il contributo all'attenuazione dei cambiamenti climatici non esplicita un effetto immediato riscontrabile da parte dei beneficiari, ma concorre al raggiungimento di un obiettivo generale del programma, la mitigazione dei cambiamenti climatici appunto, perseguibile con la sinergia tra diverse azioni comprese in diverse misure appartenenti, a volte, anche a diversi assi dei PSR. Sebbene quindi l'impatto dei Programmi di Sviluppo Rurale sui cambiamenti climatici non possa essere stimato a livello di singola azione, la Commissione europea, nell'ambito del Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione (QCMV), richiede una valutazione dell'indicatore per misura come espressione dell'effetto globale delle azioni attivate nella misura stessa. Nella stima e quantificazione degli indicatori d'impatto, effettuata a carico dei valutatori indipendenti (AA.VV, 2009 e 2010a), sono emerse alcune criticità quali, ad esempio, la difficoltà nel reperire dati adeguati per la quantificazione dell'indicatore e la necessità di individuare una metodologia, che consenta di passare dalla stima dei singoli indicatori di prodotto e di risultato alla valutazione dell'impatto a livello di programma. Va poi considerato che il contributo fornito dalle azioni dei PSR alla mitigazione dei cambiamenti climatici, non è desumibile solo dal ricorso che si è fatto alle energie rinnovabili, ma anche dall'attuazione di corrette pratiche agronomiche che agiscono o sulla riduzione delle emissioni o sull'incremento della sostanza organica nei "*sink* di carbonio". Per fare un esempio, la stima di sostanza organica stoccata nel suolo o nella biomassa epigea ed ipogea, potrebbe costituire un indicatore complementare alla produzione di energia rinnovabile, dato che il primo fornisce informazione sulla CO_2 sottratta dall'atmosfera, mentre il secondo le emissioni di CO_2 evitate grazie al ricorso delle energie rinnovabili. Ulteriori indicazioni possono provenire dalla gestione degli effluenti zootecnici, dall'utilizzo dei fertilizzanti, dalle azioni di afforestazione e dalle pratiche agricole sostenibili che forniscono indicazioni sulla CO_2 emessa e/o evitata o stoccata espressa, quando necessario, in CO_2 equivalente.
Tale complessità di aspetti da considerare nel delineare e valutare un indicatore d'impatto idoneo per i cambiamenti climatici, è emersa anche da una ricognizione effettuata sui PSR per il periodo di programmazione 2007-2013. Alcune Amministrazioni, infatti, hanno espresso tale indicatore non in termini di energia rinnovabile prodotta ma, ad esempio, come tonnellate di biomassa prodotta, stima dell'effetto serra, impatto diretto o indiretto, riduzione dell'emissioni di CO_2 equivalente dal settore agricolo ecc. Comunque sia, va rilevato che sia l'indicatore d'impatto del QCMV che gli eventuali indicatori supplementari, previsti per altro dal regolamento comunitario, sono indicatori a carattere prettamente ambientale e che, come tali, non possono prendere in considerazione gli aspetti socio-economici derivanti dalle azioni attuate in base alla strategia politica delineata. Un punto di partenza, o meglio un esempio, potrebbe essere un indicatore come quello riportato nel PSR Marche, espresso come "Posti di lavoro creati

[68] Come modificato dal Reg. (UE) 679/2011 del 14 luglio 2011.

(aumento o mancata perdita di Unità Lavorative Uomo - ULU per effetto del PSR)" correlandolo all'attuazione della strategia inerente i cambiamenti climatici.

9.2.2 Il supporto della Rete Rurale alle politiche sul clima

Il ruolo della Rete Rurale Nazionale (RRN) in riferimento alle politiche sul clima, si è contraddistinto nell'aver favorito lo scambio di informazioni sia tra gli operatori del settore che tra le istituzioni ed i soggetti che operano nelle aree rurali. Azioni di rilievo in cui si è concretizzato il ruolo della RRN, sono stati l'organizzazione di convegni, la redazione di documenti, *position paper* e il supporto dato alla governance regionale. Tramite la condivisione delle informazioni, la Rete Rurale Nazionale persegue lo scopo di favorire la circolazione delle *best practice* e del *know how* in coerenza ed ottemperanza agli orientamenti strategici comunitari a cui si riferiscono le linee guida riportate nel Piano Strategico Nazionale.

9.3 SCENARI DELLA PAC POST 2013

La strategia per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici così com'è attualmente delineata nei PSR, troverà seguito nella "strategia climatica post-2013" che metterà meglio in risalto alcuni aspetti di cui si è iniziato a prendere coscienza con l'*Helth Check* della PAC (es: importanza e valore aggiunto dei prodotti agricoli e forestali, innovazione tecnologica ecc). Le principali linee strategiche del periodo 2014-2020 riguardano (RRN, 2010a):

- ✓ **il settore energetico**, in cui si intende favorire l'utilizzo dei residui colturali per produrre energia elettrica e termica e fare un maggior uso del biogas derivante dalle deiezioni animali, per contribuire, oltre che alla produzione di energia, anche alla riduzione delle emissioni di gas serra. Un ulteriore obiettivo è la riduzione dei consumi energetici delle aziende tramite una maggior penetrazione delle fonti rinnovabili, quali il mini-eolico, fotovoltaico, mini-idraulico, geotermia a bassa entalpia e solare termico;
- ✓ **le pratiche agricole a basso impatto ambientale**. Continueranno ad essere incentivate pratiche agricole a basso impatto ambientale, come le lavorazioni minime dei terreni (*minimum tillage*) e l'agricoltura biologica. La prima infatti è potenzialmente in grado di ridurre le emissioni di CO_2 generate dall'utilizzo dei macchinari agricoli e di incrementare la quantità di carbonio stoccabile nei suoli agricoli mentre la seconda, oltre al predetto effetto, è in grado di ridurre le emissioni di gas climalteranti grazie al mancato utilizzo di agro farmaci e fertilizzanti di sintesi. Sempre al fine di operare in condizioni di basso impatto ambientale si sosterrà la diffusione di macchine agricole e soluzioni tecnologiche di ultima generazione che permettano una maggiore efficienza energetica, idrica e delle sostanze chimiche utilizzate. Forse è utile ricordare che tali pratiche hanno delle ricadute positive anche sulla conservazione della biodiversità;
- ✓ **la capacità di adattamento**. Per garantire non solo la quantità, ma soprattutto la qualità e la tipicità dei prodotti regionali, è indispensabile che il settore agricolo sia in grado di adattarsi alle conseguenze indotte dai cambiamenti climatici, come la diminuzione delle risorse idriche e l'alterazione della stagionalità delle produzioni, oltre che agli eventi climatici estremi (tempeste violente, incendi, inondazioni, siccità ecc). E' necessario quindi sostenere finanziariamente la ricerca tecnologica, la diffusione delle informazioni nel mondo agricolo e mettere in sicurezza il sistema rurale ricorrendo a strumenti di valutazione precoce dei rischi (*early warning system*), sostenere l'acquisto di strumenti per l'agricoltura di precisione, fornire una maggiore assistenza alle aziende ed ai singoli imprenditori agricoli, incentivare i sistemi assicurativi del rischio, migliorare l'utilizzo delle risorse idriche, sostenere l'innovazione biotecnologica per la caratterizzazione e lo sviluppo di varietà più resistenti agli eventi climatici estremi ed incrementare pratiche agricole che favoriscano l'adattamento dell'agricoltura tramite la difesa della sostanza organica del suolo e la conservazione della biodiversità. Non va comunque dimenticato che strategie politiche e strumenti d'attuazione devono comunque garantire una produzione di tipo sostenibile, coerente con gli obiettivi ambientali e di benessere degli animali;
- ✓ **le foreste ed i prodotti legnosi**. Allo scadere del primo periodo di attuazione del Protocollo di Kyoto (2008-2012), si rende sempre più necessario legittimare un sistema di contabilizzazione dei crediti di carbonio derivanti dalla gestione forestale che porterebbe, oltre al riconoscimento ufficiale dei suddetti crediti, ad un miglioramento del patrimonio boschivo nazionale. Si intende dare maggiore importanza anche alla

riforestazione soprattutto nelle aree svantaggiate e a rischio idrogeologico, in modo da valorizzare i territori degradati ed incrementare i livelli occupazionali nelle zone interessate. Inoltre, un contributo al riconoscimento ufficiale degli assorbimenti di CO_2 a carico del comparto forestale, può derivare dalla riforestazione indotta dall'abbandono delle aree marginali e dall'incremento alla lotta degli incendi boschivi. Infine, come precedentemente accennato, si vuole dare un maggior riconoscimento all'azione di *sink* di carbonio svolta dai prodotti legnosi;

- ✓ **la filiera agro-alimentare sostenibile**. La strategia che si vuole adottare in quest'ambito si pone l'obiettivo di ridurre le emissioni attribuibili all'intera filiera agro-alimentare che comprende, oltre alla produzione agricola e zootecnica, anche le emissioni dovute ai trasporti ed alla trasformazione industriale. La ragione per cui si è scelto di agire sull'intera filiera agro-alimentare, sta nel fatto che il settore dei trasporti e dell'industria presentano un potenziale di mitigazione superiore e più vantaggioso, in termini di costi, rispetto a quello produttivo. Si intende, quindi, migliorare l'efficienza dei processi e promuovere sani stili di consumo maggiormente connessi alla stagionalità ed alla naturalità dei prodotti;
- ✓ **produzione agricola**. In un mercato agroalimentare sempre più globalizzato e competitivo, che vede la partecipazione di Paesi con norme produttive meno stringenti rispetto a quelle applicate dagli agricoltori europei, i cittadini chiedono sempre di più prodotti di alta qualità e la possibilità di scegliere tra una vasta gamma di prodotti che includa anche, o meglio soprattutto, i prodotti tipici locali. Se di fatto la sicurezza alimentare è lo scopo primario dell'agricoltura, si può ben dire che la valorizzazione dei prodotti alimentari è, per importanza economica, sociale ed ambientale, il fine immediatamente successivo. In questo contesto acquistano sempre più importanza le azioni dei PSR attivabili nell'Asse I, che mirano a salvaguardare la tipicità dei prodotti agricoli, e quelle dell'Asse II, che hanno alla base gli obblighi di condizionalità, per assicurare elevati *standard* di qualità.
- ✓ **la valorizzazione del verde urbano e periurbano e la lotta al consumo dei suoli agricoli**. Il verde urbano e periurbano è in grado di ridurre le emissioni di CO_2 sia per la capacità intrinseca di assorbire il carbonio nella biomassa, sia perché riduce i consumi energetici degli edifici esercitando su di essi una funzione termoregolatrice. Per tali motivi, importanti contributi alla mitigazione dei cambiamenti climatici ed alla sostenibilità dei sistemi urbani, potrebbero derivare da attività di certificazione e dalle linee guida di applicazione. Contestualmente agli obiettivi sopra indicati, occorre ostacolare il consumo dei suoli agricoli a favore dell'espansione urbanistica, non soltanto per contrastare i cambiamenti climatici in atto, ma anche per garantire il fabbisogno alimentare futuro;
- ✓ **il sostegno finanziario**. Perché il sistema rurale continui a dare il proprio contributo per fronteggiare i cambiamenti climatici, è necessario garantire la continuità del sostegno finanziario alla PAC. Tale aspetto è di fondamentale importanza se si considera che la PAC, con il supporto fornito ai cambiamenti climatici e alle altre tematiche inerenti le aree rurali (biodiversità, occupazione, paesaggio, produzione di prodotti tipici ecc), fornisce dei beni pubblici di incontestabile valore. E' quindi quanto mai necessario adottare uno strumento finanziario di incentivazione a supporto dell'adattamento dei sistemi di produzione e delle attività di riduzione delle emissioni, o di sequestro del carbonio, e delle rispettive attività di certificazione, come pure un sostegno esclusivo agli agricoltori per i benefici che forniscono alla società. Il mantenimento degli aiuti pubblici evita che la produzione agricola si concentri nelle aree con condizioni più favorevoli e, contestualmente, che le zone meno competitive vadano incontro alla marginalizzazione e all'abbandono. Se non si evitasse quanto sopra esposto, le aree agricole andrebbero incontro ad una maggiore pressione ambientale e al deterioramento del valore degli *habitat* agricoli unitamente alla relativa capacità produttiva, con ripercussioni economiche e sociali. Infine, non vanno dimenticate tutte le varie tipologie di aiuti finanziari volti ad incrementare la competitività dell'agricoltura, a fronteggiare periodi di crisi economica, stallo dei redditi e di volatilità dei prezzi;
- ✓ **la ricerca scientifica**. La ricerca scientifica, insieme all'innovazione tecnologica, deve contribuire alla sostenibilità delle produzioni agricole sia per quanto attiene alla mitigazione (bioenergie, biogas, miglioramento genetico, tecnologie di trasformazione a bassa emissione ecc.) sia per ciò che è inerente all'adattamento dei sistemi di produzione attraverso la (gestione razionale e sostenibile delle risorse idriche, la difesa del suolo, l'agricoltura di precisione e soprattutto, programmi di miglioramento genetico). Considerato, inoltre, che al 2020 il 20% del fabbisogno energetico del nostro paese dovrà essere soddisfatto dalle energie rinnovabili, sarebbe utile promuovere la ricerca nel campo delle energie rinnovabili di fonte agricola;
- ✓ **l'aspetto economico-sociale**. Tutti gli aspetti sin qui analizzati in cui il sistema agricolo verrà sempre più coinvolto, indurranno non solo dei benefici ambientali ma anche economici e sociali. Ci sarà infatti un rilancio dell'economia agricola attraverso il coinvolgimento dei soggetti pubblici e privati nell'innovazione tecnologica,

nella riqualificazione del territorio e dello sviluppo rurale e nella partecipazione al mercato del carbonio da parte degli imprenditori rurali;

- ✓ **equilibrato sviluppo territoriale ed ambientale delle aree rurali**. Negli ultimi tempi è cresciuta la consapevolezza che per una applicazione efficace e capillare della strategia nazionale, si deve garantire uno sviluppo delle aree rurali basato su un equilibrio ambientale e sociale, partendo proprio dalla considerazione che l'agricoltura è ancora il principale motore economico della maggior parte dei paesi europei. Un settore agricolo dinamico e competitivo infatti, risulta particolarmente stimolante per i giovani agricoltori. Inoltre, nelle aree rurali l'agricoltura è in grado di generare attività economiche aggiuntive strettamente legate ai prodotti alimentari, al mercato, al turismo, alle tradizioni locali ed all'identità sociale. In questo frangente particolarmente utili sono le azioni attivabili nell'Asse IV dei PSR.

Al di là delle singole tematiche appena esposte, si può affermare che la futura PAC vedrà delle modifiche inerenti il primo ed il secondo pilastro e le politiche comunitarie e di coesione che dovranno essere recepite nel Piano Strategico Nazionale e declinate nei singoli PSR.

- ✓ **Primo pilastro**.

  Aiuti diretti. La redistribuzione che verrà attuata tra gli Stati membri delle risorse stanziate per gli aiuti diretti disaccoppiati, potrebbe creare delle difformità sia tra i produttori che tra gli Stati membri stessi. Di fondamentale importanza sarà quindi la scelta del parametro su cui fondare la suddetta ripartizione che dovrebbe puntare a mettere in evidenza, ancora di più che negli anni precedenti, il "valore aggiunto" della PAC. Il parametro infatti, dovrebbe mettere in luce le capacità imprenditoriali, la professionalità, la qualità delle produzioni, le tradizioni e la sostenibilità ambientale e sociale e non basarsi esclusivamente sul fattore superficie, cioè sull'estensione dell'azienda. Da valutare sarà inoltre l'impatto del cosiddetto *"greening"* della PAC, vale a dire l'obbligatorietà dell'adozione di determinate misure di carattere ambientale e di natura volontaria associate ai pagamenti diretti.

  Politica di gestione dei mercati. In questo settore si avverte in modo incisivo la necessità di sostituire il precedente "portafoglio" di strumenti con delle azioni in grado di fronteggiare, ma soprattutto di prevenire, crisi economiche di notevole portata e puntare ad una normativa più flessibile e più mirata all'integrazione del reddito dei produttori in circostanze di crisi di mercato.

- ✓ **Secondo Pilastro**. Si vorrebbe conferire una maggiore flessibilità allo Sviluppo Rurale eliminando la ripartizione in assi e misure a favore di un'ottica più incentrata sulle tematiche e sul territorio. Tale conclusione deriva dal fatto che più misure, spesso appartenenti a diversi assi, concorrono ad uno o più obiettivi ambientali, socio-economici ecc. Inoltre, si sta delineando sempre di più l'idea di utilizzare la "strategia della flessibilità" anche per ciò che riguarda il meccanismo finanziario dello Sviluppo Rurale. In particolare infatti, si vorrebbero gestire le risorse finanziarie assegnate alle Regioni per i programmi, con un unico piano finanziario (AA.VV, 2010b) .

- ✓ **Politiche comunitarie e di coesione**. Per quanto riguarda le politiche comunitarie, si dovranno evitare sovrapposizioni con ciò che già attualmente viene finanziato con il primo pilastro della PAC (art. 68 e OCM vino) per ridurre gli oneri amministrativi legati al processo di demarcazione e far sì che il primo pilastro e le politiche di coesione risultino complementari.

10 Conclusioni

Autori: Leila Maria Morelli, Raoul Romano, Francesco Asdrubali, Guido Bonati, Massimo Menenti, Alessandro Nardone, Nicola Lacetera, Domenico Vento, Girolamo Rossi

Considerando quanto è emerso dagli studi condotti in ambito agricolo e forestale e tenendo presente i possibili scenari climatici che si potrebbero prospettare per i settori in questione, si vuole ora focalizzare l'attenzione sulle possibili strategie da attuare ai fini della mitigazione e dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Tali strategie, presentate nei capitoli precedenti, vengono qui raccolte, in modo più sintetico, per poterle analizzare in un'ottica d'insieme. Dall'analisi dei capitoli precedenti, emerge che non è possibile fornire una soluzione unica, valida per tutti i probabili scenari climatici che si manifesteranno nella diversità e peculiarità delle zone rurali italiane. Le variabili di cui tener conto, infatti, sono molteplici, come molteplici potranno essere i risultati delle loro interrelazioni. Il nostro scopo quindi, è quello di fornire uno spettro, quanto più possibile ampio, di elementi utili per i decisori politici a delineare le strategie più confacenti per le diverse realtà agricole italiane.

10.1 Strategie nell'ambito della politica internazionale

Le conferenze delle Nazioni Unite tenutesi a Copenhagen, nel dicembre 2009, e successivamente a Cancun, nel dicembre 2010, hanno messo ancor più in evidenza il ruolo fondamentale, ai fini della stima dei crediti di carbonio, svolto dalle azioni eleggibili riportate nell'art. 3.4 del Protocollo di Kyoto. Tali azioni, lo ricordiamo, comprendono la rivegetazione, la gestione forestale, la gestione agricola e la gestione dei pascoli. Considerato che l'Italia attualmente ha dichiarato eleggibili i crediti derivanti dalla sola gestione forestale, che i crediti derivanti dalle attività LULUCF per ora sono esclusi dal sistema di transazioni europeo, è di fondamentale importanza adoperarsi per far sì, che nel periodo Post Kyoto, vengano contabilizzati anche i contributi delle altre azioni eleggibili. Una decisione del genere avrebbe un risvolto positivo sul mercato delle quote di emissione e rafforzerebbe l'immagine dell'agricoltura come parte attiva alla lotta ai cambiamenti climatici. Il ruolo che il comparto agricolo rivestirà dopo il primo periodo dell'attuazione del Protocollo di Kyoto (2008/2012) dipenderà da ciò che verrà deciso nella prossima Conferenza delle Parti della UNFCCC, che si terrà a Durban nel dicembre 2011.

10.2 Strategie volte ad affrontare i futuri scenari climatici sul territorio nazionale

La strategia delineata nell'ambito della politica internazionale, ha obbligatoriamente dovuto tener conto di opzioni attuabili "al di là dei confini" e delle situazioni caratterizzanti i singoli Stati membri. Da ora in avanti invece si vuole puntare l'attenzione a ciò che è possibile attuare sul nostro territorio.

In primo luogo passiamo ad analizzare, in modo schematico, le strategie emerse dal capitolo inerente gli scenari di cambiamento climatico (cap 2) per cui risultano rilevanti:

- ✓ le attività di ricerca per la messa a punto di strategie di adattamento ai cambiamenti climatici attraverso valutazioni quantitative degli impatti attesi e l'individuazione di azioni efficaci per la salvaguardia delle risorse ambientali, tenendo conto delle specificità locali;

- ✓ la costituzione di un vero e proprio sistema italiano permanente di rilevazione e valutazione climatica, o più in generale agro-ambientale, onde consentire un sistema di acquisizione, di scambio e libero accesso ai dati acquisiti da parte di chiunque in ambito agricolo e in altri ambiti. Ciò è indispensabile per favorire la ricerca, la divulgazione e una azione politico-amministrativa atta a gestire l'adattamento in maniera ottimale e ad informare correttamente e con continuità l'opinione pubblica sui cambiamenti climatici in corso. Questo sistema non esiste in Italia, pur essendo operative numerose reti di rilevamento a vari livelli territoriali e con migliaia di stazioni attive;

- ✓ la realizzazione di un Atlante Nazionale dei cambiamenti climatici già registrati, che documenti la loro intensità per le diverse grandezze climatiche di interesse generale, più specificamente agro-ambientale; Atlante necessario come base di dati liberamente accessibili per proiezioni climatiche regionalizzate sul territorio nazionale, con risoluzione spaziale pari o inferiore ai 25 km ed estensione temporale fino al 2100. Questo al fine di favorire la realizzazione e lo sviluppo di sempre migliori e rilevanti "analisi di rischio e di impatto" dei cambiamenti climatici sul settore agroalimentare e su ogni altro settore di interesse;

- ✓ la riconfigurazione e coordinamento nazionale delle attività di organizzazioni già esistenti in molte Regioni, quali i servizi meteo, osservatori agrometeo, servizi di assistenza tecnica;

- ✓ la realizzazione di una rete fenologica a livello nazionale, strutturata e stabile, costituita da almeno un giardino fenologico e una stazione agro-fenologica per Regione, per un controllo continuo delle condizioni di sviluppo dei sistemi vegetali;

- ✓ la formazione professionale di figure dedicate alla gestione di reti di monitoraggio e valutazione dei dati acquisiti con competenze specifiche nei campi della modellistica, della gestione dei sistemi informativi territoriali e della comunicazione;

- ✓ l'istituzione di una Consulta nazionale permanente sui cambiamenti climatici, con il compito di ragguagliare la popolazione e le autorità in merito all'evoluzione delle questioni climatiche e raccomandare l'attuazione di misure volte alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento agli stessi in Italia. La Consulta dovrebbe avere al suo interno rappresentanti di Istituzioni Centrali e periferiche, di associazioni scientifiche, di organizzazioni di produttori e imprenditori, del mondo professionale e della società civile.

10.3 Strategie per aumentare la resilienza dei sistemi agricoli, zootecnici e forestali

Per salvaguardare la resilienza dei sistemi agro-forestali, cioè la capacità di tornare alle condizioni iniziali dopo aver subito uno stress, si propone di agire sul mantenimento della sostanza organica del suolo e sulla preservazione della biodiversità a diversi livelli (genetico, intra- ed interspecifico ed ecosistemico). Per quanto concerne il suolo ad esempio, si suggerisce di favorire i processi di umificazione, effettuare avvicendamenti colturali, ridurre e/o eliminare le lavorazioni (es: *minimum tillage e no tillage*) ed effettuare la copertura vegetale del terreno di tipo interfilare e/o tra una stagione produttiva e la successiva.

In riferimento alla salvaguardia della biodiversità, per l'agricoltura è possibile favorire pratiche per il mantenimento *in situ*, *ex situ* e *on farm*, per vegetali e animali, mentre per le foreste è possibile promuovere pratiche di gestione per la conservazione della struttura delle stesse, visto che tale elemento concorre al mantenimento della resilienza dell'ecosistema.

Infine, parlando di resilienza dei sistemi agricoli, vanno menzionate tutte le strategie di adattamento volte alla stabilizzazione della produttività delle colture, come ad esempio la costituzione di nuove varietà di frumento meno sensibili alle alte temperature invernali, alla modifica dell'epoca di semina e delle tecniche di fertilizzazione, al fine di contrastare un eventuale decremento di azoto nel terreno.

10.4 Strategie di adattamento e mitigazione in campo agricolo e zootecnico

Nel paragrafo 9.2 "I Programmi di Sviluppo Rurale: il contributo al protocollo di Kyoto e nel post-Cancun" ed in particolare nella "Tabella di correlazione tra azioni, misure dei PSR ed ulteriori strumenti normativi", si sono messe in evidenza le azioni attivabili specificamente nell'ambito dei quattro assi dei Programmi di Sviluppo Rurale. Prima di presentare una panoramica delle strategie attivabili in ambito agricolo e zootecnico, ci si sofferma brevemente su

alcune azioni, o misure, la cui attivazione può essere inclusa in tutte le strategie dello sviluppo rurale volte all'adattamento ai cambiamenti climatici e, in alcuni casi, anche alla mitigazione. Nello specifico, si fa riferimento all'attivazione dei servizi di consulenza aziendale, atti a formare ed informare gli operatori agricoli e forestali, all'adozione di nuove tecnologie e alla diffusione dei sistemi di allerta precoce, indispensabili per limitare danni ambientali ed economici. In questo contesto, inoltre, assumono sempre più importanza i servizi tecnici e di monitoraggio che possono fornire informazioni utili sia per i sistemi stessi, che per la pianificazione a lungo termine delle pratiche da svolgere. A questo riguardo, si rileva che le poche informazioni a disposizione sul suolo agrario non consentono di valutare approfonditamente il contributo potenziale del settore agronomico alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici. Questa affermazione deriva dalla constatazione che i dati disponibili derivano da rilievi di poche specifiche attività sperimentali o dall'applicazione di modelli matematici. Nel primo caso si tratta di informazioni di solito abbastanza accurate che, però, hanno valore soprattutto per le condizioni pedo-climatiche in cui si è operato e quindi una trasferibilità abbastanza limitata. Nel secondo caso i dati ottenibili sono numerosi e molto ben trasferibili sul territorio, ma non sono particolarmente attendibili perché basati su assunti non sempre verificabili a causa della citata carenza di attività sperimentali. Al momento esistono alcune iniziative in grado di valutare le potenzialità di tali attività sperimentali, ma sono ancora troppo poche. Per ovviare a questa situazione occorrerà in primo luogo costituire una rete sperimentale omogeneamente diffusa sul territorio nazionale alla quale sia garantito di operare nel lungo periodo per contrastare gli effetti delle variazioni climatiche, valutare e migliorare l'efficacia dell'applicazione di tecniche agronomiche ambientalmente sostenibili. Nel frattempo, i dati già disponibili potrebbero essere utilizzati per validare i modelli, senza avere la pretesa che in questa prima fase i dati ottenuti abbiano valore esaustivo.

Settore agronomico

Le pratiche agronomiche che possono essere adottate per migliorare la sostenibilità del sistema produttivo ai fini della mitigazione e dell'adattamento al cambiamento climatico includono la gestione della biodiversità e dei servizi ecosistemici attraverso:

- avvicendamenti colturali intensivi e razionali,
- copertura permanente del suolo,
- minimo disturbo del suolo,
- gestione integrata della nutrizione (*integrated plant nutrient management*),
- lotta integrata (*integrated pest management*),
- controllo integrato delle infestanti (*integrated weed management*).

La notevole diversità intervarietale delle specie di rilevanza produttiva costituisce la principale risorsa per l'adattamento ai cambiamenti climatici con prospettive concrete di impatti tecnico-produttivi, economici e sociali ridotti, vista la possibilità di sostituire varietà all'interno del sistema di produzione.

La scelta varietale che verrà operata dovrà tener conto che l'approvvigionamento idrico costituirà un fattore cruciale. Sarà quindi indispensabile stimare le conseguenze determinate dall'aumento dei fabbisogni idrici colturali nei periodi di maggior richiesta, soprattutto nelle aree irrigue, mentre nelle zone non irrigue si dovranno mettere in atto pratiche colturali più efficienti nell'utilizzo delle acque e dei nutrienti, considerando anche il riutilizzo delle acque reflue. Per quanto appena affermato, risulta quanto mai prioritario il completamento dell'*iter* di recepimento della direttiva quadro sulle acque.

A titolo esemplificativo si riportano le strategie attuabili per il mais che comprendono:

- ✓ nuovi ibridi di mais maggiormente resistenti allo stress idrico;
- ✓ parziale sostituzione del mais con altre colture con minori esigenze idriche, tra le quali, ad esempio, il sorgo da foraggio e da granella;
- ✓ inserimento pro-quota delle colture vernine (loiessa, orzo, triticale) ad interrompere la monocoltura di mais e sfruttare la piovosità autunno-vernina, riducendo così le necessità irrigue dell'avvicendamento;
- ✓ riduzione delle richieste idriche con l'inserimento di colture non irrigue, per esempio l'erba medica.

In riferimento al primo punto, come precedentemente affermato, un notevole contributo può derivare dalle opportunità fornite dalla biodiversità colturale *inter* ed intraspecifica. Le opportunità di cui sopra consistono proprio nella sostituzione delle specie con maggior esigenza idrica con altre meno esigenti, e nella selezione di cultivar che siano più adatte alle diverse condizioni pedo-climatiche. Bisogna considerare infatti, che il corredo genetico di ogni

singola specie può contenere un'ampia variabilità di determinati caratteri che possono essere selezionati in funzione dello scenario pedoclimatico ipotizzato. Per salvaguardare le colture dagli effetti dei cambiamenti climatici, oltre che con la biodiversità intra- ed interspecifica, si può agire anche attuando pratiche agricole volte al mantenimento ottimale del suolo dal punto di vista agronomico ed ambientale con lo scopo di diminuire il compattamento del suolo, ricorrendo ad esempio, alla rotazione colturale ed alla programmazione delle lavorazioni e del traffico del macchinario agricolo.

Per quanto concerne il suolo quindi, si mira a:

- ✓ evitare l'erosione, attraverso un opportuno drenaggio, e tramite la costituzione e/o il mantenimento del cotico erboso interfilare;
- ✓ contribuire alla conservazione e/o all'incremento della sostanza organica, effettuando ad esempio la conversione dei seminativi in prati, pascoli e prati-pascoli, mantenendo e/o incrementando la biodiversità del terreno, o ricorrendo a particolari tecniche di lavorazione del suolo come il *minimum tillage*;
- ✓ ridurre le emissioni dei principali gas serra di origine agricola tramite il corretto utilizzo dei prodotti fitosanitari e dei fertilizzanti;
- ✓ gestire più efficacemente le aziende ricorrendo anche all'impiego di sistemi informatici di monitoraggio e controllo che equipaggiano i macchinari agricoli;
- ✓ utilizzare il suolo agricolo in modo sostenibile, in modo che possa rispondere all'esigenza della sicurezza alimentare, ma anche alla riduzione delle emissioni tramite la produzione di biomassa a scopi energetici.

Settore zootecnico.

Al fine di ridurre l'impatto diretto e indiretto del cambiamento climatico sulla diminuzione di produttività agricola e zootecnica ed in particolare per la salvaguardia della salute e del benessere degli animali da allevamento, sono disponibili elementi che consentono agli allevatori di sviluppare la capacità di adattamento nei confronti di condizioni meteo-climatiche avverse.

In tale contesto, l'elaborazione e la diffusione di bollettini di allerta basati sull'indice THI in funzione delle diverse classi di *stress* (nullo, moderato, elevato ed emergenza), consentiranno agli operatori del settore di pianificare l'attività di allevamento e di adottare nel breve periodo le contromisure più adeguate per fronteggiare condizioni meteoclimatiche di rischio per il benessere degli animali, salvaguardando la quantità e la qualità del prodotto. Tra tali contromisure possono essere annoverati interventi quali l'adeguamento della razione e delle modalità di somministrazione (es. ore del giorno con valori più bassi di THI), l'accertamento della disponibilità effettiva di acqua in termini di quantità e qualità (temperatura), e il controllo del corretto funzionamento dei sistemi di ventilazione.

In una logica di medio lungo periodo è possibile delineare delle strategie che prendano in considerazione, oltre la selezione genetica di soggetti o anche di razze più idonei alle mutate condizioni climatiche, anche delle modifiche strutturali dei ricoveri. Infatti, se da un lato, grazie alla genetica, è pensabile di poter selezionare dei capi più termotolleranti, dall'altra bisogna considerare gli effetti che una tale selezione può avere sulla produttività degli animali, a causa della relazione negativa che generalmente si ha tra capacità di termotolleranza e produttività. È necessario quindi ricercare efficaci sistemi di ventilazione e raffrescamento dei ricoveri per mantenere la quantità delle produzioni e la qualità delle stesse, in particolare di quelle tipiche. Tra gli interventi di cui sopra, che sono di tipo adattativo, vanno annoverati interventi quali:

- ✓ il ricorso alla ventilazione naturale e/o forzata tramite gocciolatoi o nebulizzatori;
- ✓ l'utilizzo di reti per aumentare la superficie ombreggiata all'esterno degli edifici;
- ✓ il corretto orientamento dei ricoveri rispetto all'esposizione solare, la loro coibentazione e l'adozione di accorgimenti che ne aumentino la riflettanza.

Sempre per quanto riguarda la produttività, in riferimento ai ruminanti, ovvero la categoria zootecnica maggiormente responsabile delle emissioni di gas serra, le strategie genetiche mirate all'aumento dell'efficienza produttiva possono andare a discapito delle condizioni di salute e dell'efficienza riproduttiva degli animali. Questo implica che, oltre a comprendere tali caratteri tra gli obiettivi di selezione, l'aumento della produttività media dell'allevamento venga perseguita anche attraverso la riduzione del numero di animali poco produttivi presenti nelle popolazioni, ottimizzando il miglioramento genetico e con una accorta scelta e gestione della rimonta.

Nel contesto dell'alimentazione dei capi di allevamento, si possono adottare sia strategia di mitigazione che di adattamento come, ad esempio, delle idonee strategie alimentari che utilizzino specie vegetali meno esigenti dal punto di vista idrico (strategia adattativa) o che favoriscano la riduzione della produzione di metano (strategia di mitigazione). Per quanto attiene l'alimentazione infatti, si può proporre, ad esempio, di introdurre l'orzo ed il triticale

nelle diete per i monogastrici per ridurre l'utilizzo del mais che, come precedentemente accennato, è una coltura con esigenze idriche maggiori rispetto a quelle appena proposte. Bisogna però sottolineare che mentre ci sono alcune perplessità nel ricorrere all'orzo, che ridurrebbe il valore nutritivo della dieta, sembra invece che per il triticale non ci siano difficoltà nel ricorrere al suo impiego grazie all'ottimo bilancio aminoacidico. Tra le strategie alimentari utili alla riduzione della metanogenesi, vanno sicuramente annoverate l'utilizzazione di foraggi con un ridotto tenore di fibra che consenta di ridurre l'apporto complessivo di fibra della razione a vantaggio dell'amido e gli interventi di processazione degli alimenti (macinazione e/o pellettatura dei foraggi e fioccatura dei cereali). Nel primo caso va tuttavia sottolineato come si debba evitare che le modifiche proposte possano sfociare nell'insorgenza delle patologie tipiche derivanti dall'impiego di diete troppo povere di fibra e ricche di amido, mentre nel secondo l'attenzione andrà posta ai costi degli interventi.

Altri interventi sulle razioni degli animali prevedono l'aggiunta nella dieta di grassi insaturi, come pure l'utilizzo di lieviti, oli essenziali, tannini e saponine. Anche in questo caso bisogna superare il problema del costo di tali interventi e delle possibili ripercussioni sui prezzi dei prodotti al mercato.

Agendo sulle deiezioni, attuando cioè una strategia di mitigazione, si può ricorrere ad azioni quali:

- ✓ la riduzione dei tempi di stoccaggio;
- ✓ il compostaggio;
- ✓ la copertura delle deiezioni durante lo stoccaggio (digestione anerobica);
- ✓ l'areazione e la separazione solidi/liquidi,
- ✓ la produzione di biogas.

Infine si propone di istituire un Piano di Assistenza agli allevamenti, con lo scopo proprio di diffondere tra gli operatori del sistema, conoscenze e metodologie per ridurre le emissioni e facilitare l'adattamento degli animali. La attribuzione degli allevamenti a classi di emissione (*friendly, neutral, risky*) potrà rappresentare un elemento favorevole a innescare comportamenti virtuosi. Nel merito sono state individuate tipologie di allevamento nelle quali sviluppare strategie mirate e interventi a elevata efficacia con basso rapporto costo/beneficio e prospettive occupazionali.

10.5 Strategie di adattamento e mitigazione in campo forestale

Oltre allo storico ruolo produttivo svolto dai boschi, oggi alle risorse forestali vengono riconosciute nuove e importanti funzioni a beneficio dell'intera collettività, tra cui riveste un ruolo fondamentale per la società moderna quella legata alla lotta agli effetti provocati dal cambiamento climatico. I boschi possono risentire dei mutamenti climatici in atto, determinando così una minore efficienza funzionale degli ecosistemi forestali, in particolare nella capacità di assorbimento e stoccaggio del carbonio atmosferico.

Sulla scena internazionale, il ruolo e la vulnerabilità degli ecosistemi forestali nei confronti del "*global change*", sono diventati un tema prioritario di studio per la comunità scientifica e allo stesso tempo oggetto di interesse per tutte le decisioni che vengono intraprese in ambito politico per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

I boschi risentono però dei mutamenti climatici in atto, i cui effetti sono una minore efficienza funzionale degli ecosistemi forestali, e quindi la capacità di assorbimento e stoccaggio del carbonio atmosferico. Per poter esprimere al meglio i propri servigi, la foresta deve trovarsi in una condizione di buona salute ovvero, in termini ecologici, in una condizione di elevata efficienza funzionale o capacità bioecologica. Con riferimento ai boschi italiani, storicamente oggetto di una forte azione antropica, i fattori che determinano la loro condizione ed evoluzione e quindi la loro capacità di svolgere determinate funzioni in maniera ottimale, non sono solamente determinati dai cambiamenti climatici. Oggi le dinamiche naturali dei boschi italiani sono strettamente legate alle modificazioni subite nel passato e sono (e possono essere) ancora influenzate dalla gestione che può indirizzare, contenere, velocizzare le dinamiche in atto.

Affinché sul nostro territorio possa essere mantenuta costante la capacità degli ecosistemi di fornire tutta una serie di funzioni compresa la capacità di "sequestro" di carbonio atmosferico, è fondamentale che le pratiche di gestione selvicolturale si basino sui criteri internazionali di Gestione Forestale Sostenibile (*Ministerial Conference on the Protection of Forest in Europe*-MCPFE,oggi *Forest Europe*) e su una condivisa e dettagliata progettazione e pianificazione degli interventi, al fine di mantenere il dinamismo funzionale e la resilienza dei suddetti ecosistemi. In

tale contesto, per mantenere positivo il bilancio di CO_2 dell'ecosistema, in base alle caratteristiche climatico-ambientali locali, gli interventi dovranno, principalmente mirare a:

- ✓ mitigare i possibili fattori di *stress* (abiotici e biotici);
- ✓ ripristinare la copertura forestale danneggiata da eventi naturali e antropici;
- ✓ contenere i prelievi legnosi entro i limiti del tasso naturale di accrescimento dei soprassuoli;
- ✓ estendere le superfici forestali attraverso la rinaturalizzazione e/o il rimboschimento di aree degradate e/o abbandonate, realizzando piantagioni specifiche per la produzione di legname da opera e legna a uso energetico;
- ✓ praticare diradamenti e modalità di taglio ed esbosco a basso impatto ambientale, favorendo la rinnovazione naturale.

Gli interventi di progettazione, pianificazione e gestione devono inoltre mirare a:

- ✓ stimare, preservare e gestire correttamente le risorse idriche;
- ✓ salvaguardare il suolo, la diversità ecologica, prevedendo interventi di ripristino e prevenzione da eventi naturali e artificiali calamitosi;
- ✓ attuare interventi infrastrutturali compatibili con le caratteristiche ecologiche locali;
- ✓ conservare il paesaggio, favorendo anche la continuità territoriale con corridoi ecologici.

Le strategie di mitigazione e adattamento rappresentano gli strumenti principali nella lotta al *"climate change".* Un problema complesso ma di estrema attualità e urgenza, è prevedere quali saranno gli eventuali scenari futuri e individuare, per i boschi nazionali, delle possibili azioni di intervento.

Infatti, affinché le strategie di mitigazione possano avere effetti positivi sul cambiamento climatico devono essere accompagnate da misure di adattamento destinate a far fronte agli impatti già presenti, ed evitare allo stesso tempo, che se ne possano verificare altri in futuro. Ciò implica l'adozione di misure proattive, attraverso la pianificazione della protezione ambientale, e misure reattive per minimizzare le conseguenze negative dei cambiamenti del clima futuro, garantendo così l'efficienza degli ecosistemi forestali e riducendo la loro vulnerabilità e gli impatti negativi sullo sviluppo delle economie ad essi collegate.

Le priorità di adattamento devono mirare a:

- ✓ mantenere ed incrementare una gestione multifunzionale dei sistemi forestali migliorandone lo stato produttivo e di salute nel medio-lungo periodo, riconoscendo e incentivando il ruolo dei gestori, anche dove l'azione produttiva sia indiretta;
- ✓ incentivare forme di utilizzazione forestale che riducano al massimo i processi di degradazione del suolo;
- ✓ favorire la conversione di impianti monospecifici alloctoni con specie autoctone in sistemi tipici delle forme di vegetazione locale;
- ✓ favorire i dinamismi e l'evoluzione dei meccanismi di resilienza dei boschi nei confronti delle modificazioni climatiche in atto;
- ✓ incrementare la diversità biologica forestale e degli ecotoni agrosilvopastorali tutelando i patrimoni genetici locali;
- ✓ prevenire e ridurre i danni alle foreste e alla rinnovazione naturale da eccessivo carico antropico e animale (domestico e selvatico negli ecosistemi forestali).

Nelle strategie di mitigazione le foreste ed i boschi concorrono attivamente nel ridurre e stabilizzare le concentrazioni di gas serra atmosferici, grazie alla quantità di carbonio stoccata nella biomassa epigea ed ipogea, nel suolo e nella necromassa. Inoltre assume un ruolo importante il carbonio immagazzinato nei prodotti forestali che rimarrà tale per tutto il ciclo di vita del prodotto stesso. Attraverso un'azione coordinata e tenendo conto delle strategie sopra elencate, le priorità di mitigazione devono quindi contribuire a:

- ✓ incentivare e incrementare la gestione attiva del patrimonio forestale secondo i criteri di gestione forestale sostenibile e multifunzionale;
- ✓ monitorare e intervenire tempestivamente nella difesa e prevenzione da fitopatie e incendi boschivi, tutelando e migliorando la resistenza e lo stato di salute delle foreste;
- ✓ incentivare e incrementare la produzione nazionale di legname di qualità, da opera e per usi energetici;

- ✓ favorire azioni e processi produttivi in favore della riduzione dei fenomeni di deforestazione nei Paesi terzi;
- ✓ valorizzare la realizzazione di opere di imboschimento e rimboschimento in aree degradate e abbandonate, utilizzando specie autoctone di provenienza certificata e locale.

Inoltre, l'uso delle biomasse legnose per la produzione di energia rinnovabile rappresenta un rilevante contributo alla riduzione della concentrazione atmosferica di gas serra. Lo sviluppo della filiera foresta-legno-energia deve conciliarsi con la conservazione del patrimonio naturale e con le esigenze produttive ed occupazionali. La valutazione della sostenibilità nell'utilizzo delle biomasse legnose è il concetto cardine del sistema e si basa essenzialmente sul dimensionamento degli impianti in relazione alle reali necessità energetiche e capacità di approvvigionamento locali. Sono quindi da incentivare tutti i processi innovativi ed i meccanismi finanziari in grado di migliorare e consolidare la filiera "biomassa-energia", con particolare riferimento alle filiere corte.

I boschi italiani, se valorizzati attivamente con pratiche di gestione sostenibile, possono rappresentare non solo il serbatoio naturale di assorbimento del carbonio, ma anche un fondamentale strumento di investimento nella crescita dell'indotto produttivo ad esso collegato, garantendo così lo sviluppo socio-economico delle aree marginali, rurali e di montagna. La produzione di legname proveniente dai boschi italiani, secondo le statistiche ufficiali, risulta essere ancora fortemente deficitaria per coprire i fabbisogni nazionali, sia per il legname da opera che per la legna da ardere. Allo stato attuale esistono situazioni idonee per un calibrato aumento delle utilizzazioni legnose, sia in foresta che fuori foresta, da valutare caso per caso, in una logica di sostenibilità e attraverso gli strumenti della pianificazione forestale. In questo senso assume sempre più particolare importanza, nella valorizzazione sostenibile delle produzioni legnose, l'istituzione e la diffusione dei sistemi di certificazione forestale.

Un approccio eccessivamente conservativo, sia politico che civile al patrimonio forestale, frutto di una scarsa informazione e di un esasperato ambientalismo, e l'assenza di un coordinamento strategico degli enti nazionali e regionali impegnati nella lotta ai cambiamenti climatici, sono le principali criticità per lo sviluppo del settore e la tutela del patrimonio forestale nazionale.

Con riferimento alle competenze istituzionali in materia forestale definite all'art. 117 della Costituzione e ribadite nel Programma Quadro per il Settore Forestale (PQSF), e alla luce del processo di riforma federalista in atto, sarebbe opportuno e risulterebbe strategico per lo sviluppo del settore forestale nazionale, il coinvolgimento attivo delle Amministrazioni regionali negli impegni sottoscritti dal Governo Italiano con il PK. Dai dati dell'IFNC si potrebbero ottenere i dati specifici di CO_2 fissata dal patrimonio forestale di ogni Regione. Definendo un prezzo (anche minimo) per tonnellata di CO_2 (almeno quelle che rientrano nel *reporting* PK) le risorse disponibili potrebbero essere utilizzate addizionalmente per misure forestali specifiche (da definire o già esistenti, come per quelle previste nei PSR) che hanno effetti positivi non solo nella lotta ai cambiamenti climatici ma anche nel presidio e nella salvaguardia del patrimonio forestale nazionale.

10.6 Mercati agro-alimentari e le politiche del clima[69]

Ultimamente, nell'ambito del "*green marketing*" si sta affermando in tutto il mondo, soprattutto in Europa, sempre di più il *Carbon Footprint*, cioè un sistema volontario di misurazione, monitoraggio, rendicontazione e verifica delle emissioni e delle rimozioni di GHG espressi in termini di CO_2 equivalente, associate ad un prodotto, alle attività di un'organizzazione o ad un servizio. Ciò vuol dire che a parità di prodotto offerto, un'azienda potrà rendere più competitiva la sua merce grazie alla minor quantità di GHG emessi per produrla e commerciarla. Con questo sistema le aziende, non solo consolidano la propria immagine agli occhi di un pubblico sempre più attento alle tematiche ambientali (come ad esempio ponendo particolare attenzione alla stagionalità dei prodotti, da cui deriva un risparmio sia ambientale che economico) ma rendono la variabile ambientale una variabile strategica anche in termini di benefici economici. Infatti la rilevazione delle criticità ambientali all'interno di una filiera spesso identifica anche criticità di carattere economico sia dal punto di vista aziendale che sociale. Questo permette quindi ai vari attori del mercato agroalimentare italiano di personalizzare la propria strategia economico-ambientale in funzione delle peculiarità della propria filiera e degli *stakeholder* coinvolti nell'attività produttiva.

[69] Per una spiegazione più esaustiva di come si è affermato il *Carbon Footprint* e come viene calcolato, si rimanda al capitolo 5 "Settore agro-alimentare".

10.7 Strategie per la produzione di energia da fonti energetiche rinnovabili nel settore agricolo-zootecnico

Il settore dell'agricoltura e della zootecnia ha un consumo di energia elettrica stimato intorno al 2% del consumo nazionale. Tuttavia, pur avendo una minima incidenza sui consumi nazionali, ha un notevole potenziale in termini di sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili in rapporto al proprio consumo, considerato che le aziende agricole e zootecniche hanno a disposizione elevate superfici in rapporto ai propri consumi energetici. In particolare, la maggiore potenzialità è da attribuire allo sfruttamento delle biomasse agricole e zootecniche. Dati ufficiali (TERNA) stimano come la sola produzione di energia elettrica da biomassa agricola forestale superi i 3000 GWh_e all'anno; di più difficile quantificazione è la produzione di energia termica da biomasse, anche se studi ITABIA evidenziano una produzione di energia termica da biomassa intorno 4 Mtep. Inoltre, negli ultimi anni, nel panorama energetico delle rinnovabili nel settore agricolo, si sta concretizzando lo sfruttamento di energia solare fotovoltaica, con circa 115 GWh (GSE 2009) prodotti all'anno, mini eolico e geotermia per serricoltura. Pertanto, il settore agricolo e zootecnico risulta essere uno dei principali protagonisti nell'impiego di fonti energetiche rinnovabili.

A conferma di ciò, il "Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili" (bozza giugno 2010) stima che al 2020 l'energia fotovoltaica e l'energia da biomasse, possano arrivare a coprire oltre il 7% del fabbisogno nazionale di energia elettrica, con un incremento superiore al 200% rispetto al 2005. Grazie, infatti, alle politiche incentivanti l'Italia sta puntando fortemente su questi due settori ed il comparto agricolo potrà apportare un significativo contributo in termini energetici e di riduzione delle emissioni di anidride carbonica.

Le valutazioni energetiche menzionate, infatti, integrate a recenti valutazioni (ENEA, ITABIA), tra cui le analisi condotte nel Progetto Agricarbon (ISMEA), hanno evidenziato un contributo del settore agricolo e zootecnico, con un potenziale massimo di riduzione annuale di anidride carbonica mediante sfruttamento di biogas, di circa 4 Mton. Tuttavia, alla luce delle attuali tecnologie e delle attuali strutture delle aziende zootecniche italiane, costituite da allevamenti con una media di 200-500 capi, il valore di 4 Mton deve essere ricondotto a un quantitativo più realistico di circa 1 Mt, come evidenziato da studi di settore (CRPA, ITABIA) e dallo stesso progetto Agricarbon.

Come già evidenziato nel relativo capitolo, le maggiori criticità riscontrate nella realizzazione degli impianti a fonte rinnovabile sono da imputare alle fasi autorizzative e di connessione alla rete elettrica, ancora accompagnate da lunghe procedure burocratiche e da ingenti investimenti economici. Tale criticità è maggiormente riscontrata nei grandi impianti ed in particolare per impianti a biomasse con potenza superiore ai 10 MW, eolici con potenza superiore al MW e fotovoltaici con potenza superiore ai 200 kW.

Una soluzione, per quanto concerne alle criticità di connessione alla rete, potrebbe essere il riconoscimento al distributore di una componente nella tariffa di distribuzione configurata come premio per l'allacciamento di impianti alimentati a fonti rinnovabili, la quale contribuirebbe a facilitare le relazioni tra gli investitori ed i gestori di rete, dando a questi ultimi un interesse concreto nel collaborare ai nuovi investimenti. In questo modo si potrebbe rendere il distributore "*partner*" e non controparte rispetto al soggetto che realizza l'investimento. Analogamente al premio riconosciuto ai distributori per la qualità del servizio, il premio per l'incremento della generazione distribuita dovrebbe essere finalizzato a coprire i costi degli investimenti sulla rete che si rendono necessari per modificare i criteri di gestione della rete stessa. Il distributore in tal modo non vedrebbe l'investitore come una fonte di costo, ma di guadagno e diverrebbe così cointeressato alla riuscita del progetto.

Scendendo in dettaglio, si può precisare come, tra le diverse risorse per la produzione di energia rinnovabile, l'impiego del biocombustibile e del biogas per la produzione di energia elettrica risulti l'investimento più interessante dal punto di vista economico grazie ai minori costi di produzione del kWh associato alle attuali politiche incentivanti (tariffa omnicomprensiva).

Dal punto di vista socio-economico, secondo quanto riportato da IEA, i biocombustibili risultano avere anche una notevole valenza in termini di ricaduta occupazionale. Tuttavia, la biomassa necessaria per il funzionamento di un impianto può non essere tutta di origine locale a causa dei grandi quantitativi necessari, ne segue che le ricadute occupazionali sono da potersi considerare spesso transfrontaliere.

Pertanto per dare un valore aggiunto all'impiego del biocombustibile si può ricorrere ad un mix di oli per poter remunerare adeguatamente gli agricoltori locali, piuttosto che escludere a priori gli oli a minor costo d'importazione che ne aumenterebbe i costi di produzione. Il biocombustibile presenta ulteriori criticità nello stoccaggio a causa di temperature elevate di solidificazione e soprattutto presenta una instabilità nel prezzo che si ripercuote nelle politiche di investimento nel settore. Pertanto, un ulteriore aiuto all'impiego dei biocombustibili è nel cercare di stabilizzarne il costo per poter ridurre i rischi di investimento.

In alternativa il biogas presenta analoghi vantaggi economici anche se con ricadute occupazionali inferiori. Tuttavia, il biogas risulta essere una soluzione per la riduzione dei costi di trattamento dei reflui zootecnici, aiutando le attuali politiche di smaltimento dei nitrati prodotti dal settore zootecnico, e la riduzione delle relative emissioni di gas climalteranti.

Volendo sintetizzare i benefici tecnici, economici ed ambientali, restringendo l'attenzione dei risvolti occupazionali alle sole ore di lavoro agricolo, si può affermare che:

- per il fotovoltaico, l'occupazione è molto bassa-solo per manutenzione terreno e sorveglianza - la redditività è buona, i risvolti ambientali comprendono un impatto ambientale visivo medio-alto e una riduzione delle emissioni medio-alta;
- per il biogas, l'occupazione è alta, la redditività è alta, i risvolti ambientali comprendono un impatto ambientale visivo basso e una riduzione delle emissioni alta, sia per la produzione dell'energia rinnovabile, che per la riduzione di emissioni zootecniche;
- per le biomasse, l'occupazione è alta, la redditività è alta, i risvolti ambientali comprendono un impatto ambientale visivo basso e una riduzione delle emissioni medio-alta per la produzione dell'energia rinnovabile;
- per il mini eolico, l'occupazione è molto bassa -solo per manutenzione terreno e sorveglianza - la redditività è molto alta, i risvolti ambientali comprendono un impatto visivo alto e una riduzione delle emissioni medio alta.

Da quanto detto risulta, evidente come il settore agricolo e zootecnico, grazie all'impiego delle fonti rinnovabili, e in particolare l'impiego di biomassa, abbia un importante ruolo nella riduzione di produzione di anidride carbonica, nella produzione di energia, aumento del PIL e in termini di ricadute occupazionali. In particolare, il suo contributo energetico è sempre più evidente grazie alle attuali politiche incentivanti. Tuttavia, si deve sottolineare come il motore per favorire la penetrazione di impianti a biomassa o fotovoltaici non possa essere solo quello di aumentare i benefici economici aumentandone la redditività, ma anche quello di ridurne i costi di realizzazione. Tale obiettivo è possibile grazie all'impiego delle moderne tecnologie e ad una maggiore organizzazione e consapevolezza delle aziende agricole. Inoltre, in merito alla tariffa omnicomprensiva per la produzione di energia da biomasse, debbono essere definite regole e procedure chiare al fine di realizzare delle filiere "corte" di biomasse, mediante il coinvolgimento di aziende radicate sullo stesso territorio.

Un ulteriore passo importante avente carattere strategico si può individuare nell'agevolare il processo autorizzativo per l'immissione del biogas prodotto nei condotti metaniferi nazionali, come accade in altri paesi europei, al fine di poter veicolarlo dove possa essere sfruttato non solo per la produzione di energia elettrica ma anche di calore (teleriscaldamento). A tal fine, è fondamentale che il disegno di legge relativo, presentato nel novembre 2010, possa avere un iter parlamentare celere, per dare risposta ai tanti operatori del settore.

Quanto prospettato è realizzabile soltanto grazie al coinvolgimento di associazioni di categoria che incentivino la divulgazione delle attuali potenzialità tecnologiche e soprattutto informino e formino l'operatore agricolo sui temi delle fonti rinnovabili e sui relativi benefici energetici, ambientali ed economici.

Contemporaneamente gli enti territoriali, quali le Regioni, dovrebbero da una parte proporre misure per il finanziamento non solo degli impianti a fonte rinnovabile, come già avviene nei PSR, ma anche per la formazione dell'operatore agricolo, dall'altra aiutare a snellire l'iter autorizzativo degli impianti. A riguardo si dovrebbero proporre indicatori che evidenzino non solo il numero di impianti o della potenza installata, ma anche il numero delle aziende coinvolte nelle attività formative e informative.

10.8 Gli strumenti politico-economici per la mitigazione e l'adattamento nel settore agricolo e forestale

Tutte le opzioni esposte in precedenza possono essere messe in atto attraverso strumenti di *policy* illustrati nel capitolo 8.

Date le interrelazioni tra mitigazione e adattamento, soprattutto nel settore agricolo, la problematica del cambiamento climatico andrebbe affrontata in un'ottica integrata, fondando la propria strategia sulle sinergie tra l'adattamento e la mitigazione ed evitando che la separazione di queste due tematiche nell'agenda politica crei effetti perversi sulla vulnerabilità del sistema (FAO, 2010b; OECD, 2010).

Queste sinergie sono importanti non solo perché tendono ad aumentare la resilienza dei sistemi produttivi di fronte ai cambiamenti climatici, ma anche perché aumentano il sequestro del carbonio nei suoli e diminuiscono le emissioni collegate ai suoli agricoli. I principali problemi relativi alle sinergie, sono di due ordini: in primo luogo, molte di queste misure, sono strettamente legate ad un particolare contesto territoriale e pertanto vanno valutate caso per caso. Secondo poi, ci sono importanti risvolti relativi alla tempistica di azione: mentre i vantaggi derivanti dalle misure di adattamento, saranno realizzati quasi subito e saranno rilevanti, in uno scenario di moderato cambiamento climatico, circa a metà secolo, i benefici della mitigazione potranno essere realizzati soltanto dopo decenni dall'implementazione e diventare rilevanti solo verso la fine del secolo (World Bank, 2008). Ne consegue che una sfida significativa della politica climatica sarà quella di identificare, e poi sviluppare, strumenti che consentano un portafoglio di strategie flessibili di adattamento e di mitigazione che siano efficaci "nello spazio" e "nel tempo".
Inoltre, affinché una strategia per il clima sia efficace ed efficiente, deve coinvolgere tutte le politiche inerenti i settori che potrebbero risentire degli impatti dei cambiamenti climatici (come ad esempio la sanità e l'energia) ed agire non solo a livello nazionale, ma anche a livello locale. Infatti, mentre l'attuazione delle azioni di adattamento di lungo periodo deve essere affidata a politiche settoriali e strutturali sia centrali che locali, le azioni efficaci nella strategia di adattamento di breve periodo possono essere messe in atto anche a livello di azienda agricola.
In ottemperanza a quanto stabilito dal Libro Bianco della Commissione Europea (2009a), le priorità per l'attuazione di una strategia nazionale, dovrebbero riguardare:

- ✓ l'incentivazione di progetti di ricerca e sviluppo su argomenti mirati che assicurino un contributo concreto per attuare misure *ad hoc* sia per l'adattamento che per la mitigazione;
- ✓ il miglioramento della resilienza degli ecosistemi;,
- ✓ lo sviluppo di un meccanismo di scambio delle informazioni, da implementare entro il 2011;
- ✓ lo sviluppo di modelli, metodi, *set* di dati e strumenti di previsione (entro il 2011);
- ✓ l'individuazione di un set di indicatori per monitorare l'impatto dei cambiamenti climatici e i progressi realizzati in materia di adattamento e valutare, entro il 2011, i costi e i benefici dell'adattamento.

Le misure da porre in atto sono di diverse tipologie e variano a anche a seconda della responsabilità e del momento della risposta.
Sul fronte economico dell'adattamento, occorre una maggiore attuazione a tutto il sistema di gestione del rischio e dei possibili strumenti economici e strutturali utili ad azioni preventive. In Italia sono già attivi i sistemi assicurativi che, a partire dal 2010, grazie al Reg (CE) 73/2009 emanato a seguito dell'*Health Check* della PAC, hanno avuto un'implementazione grazie all'utilizzo dei fondi comunitari. In prospettiva futura e in relazione alla necessaria ricerca di strumenti di adattamento ai cambiamenti climatici in agricoltura, i punti critici del sistema assicurativo sono:

- ✓ garantire le risorse finanziarie per il supporto delle agevolazioni, sfruttando tutte le possibilità offerte dalla politica nazionale e da quella europea.
- ✓ sviluppare e adottare metodologie di valutazione del rischio che garantiscano omogeneità di trattamento, principi di equità, e regole della concorrenza, pur nel rispetto dei rapporti privatistici tra i soggetti;
- ✓ mantenere alta l'attenzione a livello politico in sede europea, partecipando attivamente al dibattito sugli obiettivi delle politiche e il quadro normativo di riferimento, con particolare riferimento alla PAC post 2013, su cui gli scenari di cambiamento climatico non potranno non incidere;
- ✓ analizzare la capacità dello strumento assicurativo e altri possibili strumenti, di produrre un adattamento delle imprese agricole ai cambiamenti climatici nel lungo periodo.

Per quanto riguarda la mitigazione, si possono implementare due modalità di intervento opposte: da un lato si possono incentivare le misure di mitigazione, dall'altro si possono imporre comportamenti meno emissivi. Nello specifico degli incentivi si può prevedere il ricorso a:

- ✓ accordi volontari;
- ✓ campagne informative (il *labelling*, la certificazione)
- ✓ strumenti economici (minori tasse, sussidi agli investimenti; pagamenti agro-ambientali considerati nella misura 214 dei PSR).

Tra gli obblighi di mitigazione, si annoverano :

- ✓ la regolamentazione diretta;
- ✓ la previsione di tariffe, tasse e imposte;
- ✓ la creazione di nuovi mercati (crediti basati su progetti, *cap and trade* chiusi o aperti).

L'efficacia delle campagne informative per i consumatori o il ricorso alla *carbon footprint* dei prodotti agroalimentari è legata ai gusti dei consumatori ed alla loro disponibilità a pagare per tali prodotti; inoltre in un contesto in cui la domanda globale di cibo è crescente, non può rappresentare l'unica soluzione alla mitigazione delle emissioni.
In generale, la volontarietà degli accordi può creare problemi di efficacia in quanto non tutti i produttori parteciperanno agli sforzi di mitigazione. Relativamente agli obblighi di mitigazione delle emissioni del settore agricolo esistono, tuttavia, una serie di difficoltà tecniche (collegate al c.d. MRV) economiche, politiche e sociali, che devono essere considerare se si vuole valutare l'utilizzo di alcuni degli strumenti citati nel settore.
La previsione di incentivi agli imprenditori agricoli virtuosi, per la produzione dei c.d. beni pubblici da parte dell'agricoltura, che come riconosce la comunicazione della Commissione (2010a) non sono remunerati del mercato, può rappresentare uno strumento efficace di gestione sostenibile delle risorse. Tuttavia, in base a quanto brevemente esposto, appare evidente che una strategia nazionale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, deve prevedere una combinazione di politiche, sia di incentivo che di regolamentazione, con target e modalità di attuazione diversi, in quanto ogni tipologia di intervento presenta diverse problematiche di attuazione.

Considerazioni conclusive

Il materiale presentato in questo libro, frutto di un processo di consultazione ed analisi, che ha coinvolto circa novanta esperti del settore appartenenti ad istituzioni di ricerca, enti istituzionali ed uffici del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, oggi ci permette di consolidare una serie di dati ed informazioni sull'adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti climatici e sul suo ruolo nella mitigazione degli stessi. Nei prossimi anni i processi negoziali relativi alla Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici dovranno definire gli impegni per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica e dei gas ad effetto serra dopo il 2012. La posta in gioco è molto alta, poiché le decisioni che verranno prese avranno effetti significativi sugli investimenti globali dei prossimi anni. Le opzioni tecnologiche e le misure agroforestali che verranno scelte lasceranno sul campo vincitori e vinti. Vinceranno i paesi che avranno saputo offrire soluzioni efficaci e convincenti, attraverso la creazione di una rete globale di consenso per le proprie tecnologie e imprese.

D'altro canto, la trasformazione del nostro modello produttivo verso quello di una "*low carbon society*", ovvero una società in grado di ridurre drasticamente le emissioni di gas serra, è divenuto un tema globale poiché, dal 2012, riguarderà anche settori come il terziario, il civile e l'agricoltura. E' pertanto necessaria una revisione del nostro modello di sviluppo, al fine di coniugare responsabilmente la crescita economica con la mitigazione delle emissioni.

L'agricoltura italiana (così come quella di tutti i Paesi del Mediterraneo) risente in maniera particolare dei cambiamenti climatici. E' necessario uno sforzo straordinario di prevenzione e capacità di adattamento della nostra agricoltura alla riduzione delle risorse idriche, agli estremi climatici, all'alterazione della stagionalità delle produzioni con conseguente spostamento degli areali di produzione ed impatti sia di natura economica, che di tenuta sociale, ancora oggi difficilmente quantificabili. E' quindi necessario il sostegno finanziario per la ricerca di tecnologie e per la diffusione delle informazioni nel mondo agricolo come non è mai stato nel passato. La difesa dei prodotti di qualità e delle tipicità regionali è ancora più urgente e necessaria in uno scenario di modificazioni climatiche come quello sull'area mediterranea.

In definitiva nonostante il settore agricolo sia uno dei soggetti potenzialmente più a rischio del cambiamento climatico, risulta anche essere un settore dove oggi sono possibili strategie efficaci di mitigazione delle emissioni di gas serra mediante l'innovazione tecnologica, pratiche agricole più sostenibili, sequestro del carbonio nei suoli e produzione di energia. Sussistono anche concrete possibilità di adattamento dei sistemi agrozootecnici utili a contrastare la contrazione e il decadimento sotto la spinta dei cambiamenti climatici, tanto più efficaci quanto più sostenute da interventi convinti e continui.

Le analisi riportate nel presente documento, evidenziano come le tecnologie meccaniche, spesso supportate anche da sistemi di controllo informatizzati, costituiscano un supporto fondamentale nelle politiche di contenimento dell'impatto ambientale derivante dalle attività produttive in agricoltura, e come importanti siano la ricerca e l'innovazione tecnologica nel settore della meccanizzazione proprio in funzione di un'agricoltura in prospettiva sempre più dinamica e differenziata. E' proprio l'estrema versatilità e capacità di modulazione delle tecnologie a rendere la meccanizzazione un importante strumento per la tutela ambientale e delle risorse naturali.

Tra le molte tecnologie ed innovazioni oggi disponibili per l'agricoltura che hanno un valore positivo sono quelle legate alla bioenergia. Tra quelle tecnologie a maggiore capacità di innovazione vanno ricordati gli impianti per la produzione

di biogas dagli allevamenti e la produzione di bioetanolo di seconda generazione. I suoli agricoli sono inoltre quelli che oggi forniscono ampie superfici per lo sviluppo del solare fotovoltaico e contribuiscono in modo significativo all'accelerazione che si è manifestata in Italia nello sviluppo di questo tipo di impianti, pur non potendosi sottovalutare i problemi legati alla competizione sul suolo agricolo che viene a generarsi da questa evoluzione. Va però sottolineato che la normativa recente (4° Conto Energia. Decreto del Ministero dello sviluppo economico del 5 maggio 2011 pubblicato nella Gazz. Uff. 12 maggio 2011, n°109), consentendo un utilizzo massimo del 10% della superficie agricola, induce a considerare sempre di più l'opzione del fotovoltaico integrato e semintegrato, per le aziende agricole che ne vogliano far ricorso. Tale opzione, oltretutto, è stata anche caldeggiata dalla Commissione europea nell'ambito dell'attuazione dei PSR. Inoltre, per quanto attiene all'energia eolica, non va sottovalutato l'impatto che le pale degli impianti hanno sul paesaggio rurale. A tal fine è opportuno che gli strumenti di pianificazione territoriale tengano adeguatamente conto della collocazione di tali strutture sul territorio.

Un altro strumento per il contenimento delle emissioni è rappresentato dalle certificazioni legate al Km zero, o all'impronta di carbonio (*carbon footprint*) dei prodotti agroalimentari che rappresentano anche un elemento di competitività sui mercati del Made in Italy all'estero.

In sintesi, la sfida climatica e le politiche di mitigazione ed adattamento possono rappresentare impulsi di sviluppo tecnologico ed innovazione, al punto da convertire una criticità per lo sviluppo in una opportunità stabile e duratura di crescita economica e occupazionale.

11 ALLEGATI

11.1 Rassegna Progetti Internazionali

L'elenco dei progetti internazionali che hanno affrontato il problema della regionalizzazione degli scenari climatici sul territorio Europeo ed in particolare quello Italiano è molto vasto. Fin dai programmi di finanziamento del 5th *Framework Program* infatti molta attenzione da parte della comunità europea è stata volta al finanziamento di progetti che in maniera specifica affrontassero il problema dei cambiamenti climatici e in particolare analizzassero sia le strategie di valutazione a scala continentale e sub continentale, sia le ripercussioni in molti comparti della struttura sociale ed economica. Di seguito una tabella riassuntiva con i principali Progetti a livello internazionale i cui risultati, ormai pubblicati, hanno contribuito a determinare la conoscenza che abbiamo degli scenari climatici futuri in Europa.

AGROSCENARI	Scenari di adattamento dell'agricoltura italiana ai cambiamenti climatici (http://www.agroscenari.it/)
ADAM	Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy (http://www.adamproject.eu/)
ADATALP	Adaptation to Climate Change in the Alpine Space (http://www.adaptalp.org/)
ALARM	Assessing Large-scale Risks for Biodiversity with Tested Methods (http://www.alarmproject.net)
ASTRA	Developing Policies & Adaptation Strategies to Climate Change in the Baltic Sea Region (http://www.astra-project.org/)
ATEAM	Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling (http://www.pik-potsdam.de/ateam/)
CARBOITALY	Una rete nazionale di misura dei sink forestali ed agricoli italiani e lo sviluppo di un sistema di previsione dell'assorbimento dei gas serra
cCASHh	Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health in Europe (http://www.euro.who.int/ccashh)
CECILIA	Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment (http://www.cecilia-eu.org/)
CIRCE	Climate Change and Impact Research: The Mediterranean Environment (http://www.circeproject.eu)
CLARINO	Cambiamenti cLimatici e impatto sul sistema AgRIcolo-forestale toscaNO (http://gis.aedit.it:8080/aesito/clarino)
CLAVIER	Climate Change and Variability: Impact on Central and Eastern Europe (http://www.clavier-eu.org/)
CLIMAGRI	Cambiamenti Climatici e Agricoltura (http://www.climagri.it/)
CLIMCHALP	Climate change, impacts and adaptation strategies in the Alpine Space (http://www.climchalp.org/)
CLIMESCO	Evoluzione dei sistemi colturali a seguito di cambiamenti climatici. (http://climesco.entecra.it/)
COCONUT	Understanding effects of land-use changes on ecosystems to halt loss of biodiversity due to habitat destruction, fragmentation and degradation) (http://coconut-project.net/summary.html)
DESERNET	Monitoraggio ed azioni di lotta alla desertificazione nella regione mediterranea europea (INTERREG IIIB MEDOCC) (http://www.case.ibimet.cnr.it/desertnet/)
DINAS-COAST	Dynamic and Interactive Assessment of National, Regional and Global Vulnerability of Coastal Zones to Climate Change and Sea-Level Rise (www.dinas-coast.net/)
ENSEMBLES	(http://ensembles-eu.metoffice.com)
MACIS	Minimisation of and Adaptation to Climate Change Impacts on Biodiversity (http://www.macis-project.net/summary.html)

MICE	Modelling the Impact of Climate Extremes (http://www.cru.uea.ac.uk/cru/projects/mice/index.html)
MONARCH	Modelling natural resource responses to climate change (http://www.eci.ox.ac.uk/research/biodiversity/monarch.php)
PESETA	Projection of Economic Impacts of Climate Change in Sectors of Europe based on Bottom-up Analyses (http://peseta.jrc.ec.europa.eu/index.html)
PRUDENCE	Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate Change Risks and Effects (http://prudence.dmi.dk/)
STARDEX	Statistical and Regional Dynamical Downscaling of Extremes for European regions (http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex/)
VECTOR	Vulnerabilità delle coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climatici e loro ruolo nei cicli del carbonio oceanico. (http://vector-conisma.geo.unimib.it/)

In un recente documento redatto dal Centre for European Policy Studies (www.ceps.eu) (A. Behrens, A. Georgiev and M. Carraro, "*Future Impacts of Climate Change across Europe*", 2010) vengono analizzati e riassunti i principali risultati della conoscenza scientifica riguardo agli impatti dei cambiamenti climatici sull'Europa. Da questo lavoro di review emerge in maniera netta che il bacino del Mediterraneo sia la zona in cui i cambiamenti climatici avranno un effetto più negativo del resto dell'Europa. In particolare, riduzione dell'apporto idrico soprattutto nel periodo invernale unito a temperature in aumento, determineranno una marcata vulnerabilità del Mediterraneo. Periodi di siccità sempre più frequenti e duraturi, già ampiamente registrati negli ultimi anni, sono confermati dalle proiezioni climatiche future. La scarsità di acqua a disposizione, sia per uso irriguo che alimentare, sarà l'elemento caratterizzante gli anni a venire in maniera ancor più intensa che in altre regioni europee. L'agricoltura pertanto è ritenuta il comparto che maggiormente risentirà degli impatti dei cambiamenti climatici (REFs).

11.1.1 Il Progetto CLIMAGRI

Il progetto "CLIMAGRI- Cambiamenti climatici e agricoltura" (www.climagri.it) è stato articolato secondo 4 sottoprogetti tematici che, prescindendo dal l n. 4 dedicato alla divulgazione dei risultati, hanno riguardato:

1) l' analisi delle condizioni climatiche del passato, le variazioni intercorse negli ultimi anni e la proiezione probabile di scenari futuri;

2) gli effetti dei cambiamenti climatici sul sistema agricolo italiano;

3) l'analisi delle condizioni di siccità e desertificazione e la gestione delle risorse idriche a fronte di possibili carenze quantitative e/o qualitative per il settore agricolo.

Uno degli aspetti principali circa il quale, il progetto CLIMAGRI ha dato un contributo scientifico importante, è stato quello di definire la misura delle variazioni climatiche a scala nazionale. Ciò grazie al numero di serie storiche disponibili di dati reali rilevati, alla disposizione geografica e alla durata plurisecolare di molte di esse. I risultati ottenuti hanno concorso a dare una migliore conoscenza del clima in Italia di dettaglio nazionale, in particolare per le precipitazioni. Un secondo aspetto significativo è stato quello di aver collegato alcuni aspetti più prettamente tecnici relativi all'agricoltura con le mutazioni intercorse nei parametri climatici.

I risultati raggiunti nel sottoprogetto 1 hanno consentito di valutare il passato, le variazioni climatiche intercorse negli ultimi 140 anni e di delineare, sulla base di queste variazioni, una suddivisione geografica del territorio italiano secondo aree climatiche omogenee, per la temperatura e, soprattutto, per le precipitazioni. L'indagine su tali variazioni ha riguardato sia i parametri aggregati (temperatura media, minima e massima annuale, precipitazioni annuali), che gli eventi estremi (precipitazioni orarie e giornaliere, periodi secchi). In particolare, i risultati hanno evidenziato che:

1) la temperatura dell'aria ha manifestato nel corso degli ultimi 140 anni un trend in aumento dell'ordine di 1°C per secolo per tutte le regioni climatiche individuate. Esso ha interessato in modo pressoché analogo tutte le stagioni dell'anno. Le temperature minime giornaliere hanno generalmente evidenziato un trend positivo leggermente più

accentuato di quelle massime, ad eccezione della Pianura Padana, ove si è manifestato un andamento opposto;

2) le precipitazioni hanno manifestato una lieve tendenza al decremento. Considerando una media relativa all'intero territorio nazionale, il trend negativo si attesta intorno 5% per secolo rispetto ai valori di norma. La stagione che contribuisce in modo più significativo a tale decremento è quella primaverile, con un trend negativo del 9% per secolo;

3) negli ultimi decenni, le precipitazioni sembrano manifestarsi attraverso modalità differenti rispetto al passato, con quantità di pioggia per unità di tempo più abbondanti, infatti è stato registrato un aumento significativo delle precipitazioni piovose più intense a fronte di una diminuzione generale della pioggia. Inoltre, è stato rilevato un significativo aumento dei casi di periodi secchi, in special modo di quelli molto lunghi e particolarmente nel periodo durante il quale si costituiscono le riserve di acqua nei bacini (da ottobre a marzo).

Le ricerche sviluppate nel sottoprogetto 2 hanno permesso di analizzare l'impatto dei cambiamenti climatici su alcuni sistemi colturali italiani. L'analisi ha prodotto due tipologie di risultati:

A) una di tipo statico, come una serie di istantanee delle caratteristiche climatiche e pedologiche e ad un livello nazionale;

B) l'altra di tipo dinamico, che ha affrontato tematiche specifiche, applicata a realtà regionali e locali.

Il primo filone ha portato alla realizzazione di due Atlanti agroclimatici: 1) la rappresentazione cartografica delle caratteristiche pedo-climatiche utili a definire le potenzialità agricole del territorio italiano; 2) mappe del territorio nazionale, in cui sono rappresentate le caratteristiche agroclimatiche in relazione a possibili evoluzioni del clima a breve termine, ottenute come proiezione dei dati del passato. Il secondo filone si è sviluppato su più linee di ricerca, secondo diverse tematiche e aree territoriali. Per la Sardegna e per l'Emilia-Romagna è stata messa a punto una metodologia per la classificazione del territorio a fini agricoli che ha consentito di valutare l'effetto indotto dalla tendenza del cambiamento climatico, sia per i parametri aggregati che per i singoli eventi estremi. Tale valutazione è stata effettuata considerando congiuntamente le caratteristiche pedologiche e climatiche, quali la disponibilità di calore e di acqua, ed il rischio climatico associato ad eventi estremi. Per l' Emilia-Romagna i risultati hanno mostrato che il trend climatico degli ultimi 20 anni ha determinato una variabilità della potenzialità produttiva, provocando una perdita di potenzialità in alcune aree e l'acquisizione di un vantaggio per altre. Diversamente, i segnali di cambiamento non sono significativi per la Sardegna, tuttavia simulazioni effettuate sulla base di scenari futuri relativi ad una diminuzione delle precipitazioni e ad un incremento della temperatura hanno prospettato una perdita di potenzialità produttiva pari al 30%, in particolare del frumento duro. Altri due aspetti trattati in questo ambito hanno riguardato le gelate e il suolo: due fattori che hanno un impatto significativo sui livelli produttivi e che, in modo considerevole, sono influenzati dalle variazioni climatiche. Infatti, negli ultimi anni, il rischio da gelo è aumentato sia per l'aumento del numero di giorni con temperature critiche, sia per il verificarsi, con maggiore frequenza, di inverni più caldi, che hanno come conseguenza un anticipo del risveglio vegetativo delle piante. Se in futuro si verificasse un ulteriore riscaldamento climatico, gli effetti potrebbero essere ancora più negativi. Tali risultati sono stati ottenuti su un'area circoscritta della provincia di Ravenna accoppiando un modello pedo – climatico al modello di sviluppo fenologico di alcune colture tipiche della zona (actinidia, albicocco, pesco, pero e melo). Per quanto riguarda il suolo, nel medio/lungo periodo esso ha subito variazioni indotte dalle pratiche agricole adottate ma anche dalle mutate condizioni climatiche, in termini di riduzione del contenuto di sostanza organica, di modificazione dell'idrologia superficiale e sottosuperficiale, del cambio dell'uso, ecc. e ciò ha avuto ripercussioni più o meno grandi in termini di erosione e/o riduzione della fertilità. L'analisi pedologica di dettaglio è stata svolta su due microbacini marchigiani del fiume Misa, nella provincia di Jesi ed ha permesso di considerare anche il fattore suolo nella valutazione di livelli produttivi futuri, in particolare del frumento duro e del girasole. Entrambe le colture prese in esame sembrerebbero non subire effetti significativi sulla produttività, per cambiamenti climatici previsti nel breve termine (40 anni). L'ipotetico aumento della produttività derivante dalla aumentata disponibilità di CO_2 nell'atmosfera, verrebbe compensata dagli effetti negativi derivanti da maggiore stress idrico indotto dall'innalzamento delle temperature. Nel caso del girasole, anche gli scenari di cambiamento climatico a lungo termine (100 anni), avrebbero effetti poco significativi sulla produttività. Agli effetti legati alla prevista risposta eco-fisiologica delle colture alla temperatura, si sommano quelli dovuti alla minore disponibilità naturale di azoto minerale, dovuti al progressivo impoverimento della sostanza organica e quindi dell'azoto mineralizzato nel terreno. Sulla base di questi risultati, le strategie di adattamento finalizzate alla stabilizzazione della produttività delle colture considerate potrebbero essere indirizzate alla costituzione di nuove varietà di frumento, meno sensibili alle alte temperature invernali, e alla modifica dell'epoca di semina e delle tecniche di

fertilizzazione, al fine di contrastare la minore disponibilità di azoto prevista nel medio-lungo termine. Il tema della CO_2 è stato affrontato anche in termini di contributo del settore agricolo all'emissione di questo gas serra in atmosfera. Dalle conclusioni si ricava una "rivalutazione" del ruolo dell'agricoltura nel Carbon *sink* in modo da inserirla come voce attiva nella valutazione quantitativa delle variazioni degli *stock* di carbonio nei vari comparti ambientali.

Le diverse ricerche del sottoprogetto 3 sono state orientate a favorire una migliore gestione delle risorse idriche e a mettere a punto sistemi per far fronte, in presenza di cambiamenti climatici, alle possibili carenze negli approvvigionamenti. Anche in questo caso, le analisi sono state effettuate su un piano statico, vale a dire uno studio delle condizioni attuali e delle eventuali variazioni a livello nazionale ed uno dinamico, composto da esperimenti specifici e di tipo locale. L'analisi dei risultati ottenuti nel primo caso ha individuato diversi ambiti geografici altamente sensibili ai fenomeni di desertificazione, per lo più le regioni meridionali, soprattutto Sicilia e Sardegna, che, a fronte di condizioni climatiche sfavorevoli, vengono classificate ad elevata vulnerabilità. La procedura di stima della sensibilità ai fenomeni di desertificazione ha evidenziato, comunque, anche un peggioramento nelle condizioni ambientali in quasi tutte le regioni italiane. A valle di questo studio, è stato messo a punto un sistema per il monitoraggio della siccità in Italia, utilizzando dati ambientali integrati, costituiti da 12 anni di dati giornalieri di immagini satellitari dell'NDVI (*Normal Difference Vegetation Index*) e da serie storiche di lungo termine di dati agrometeorologici e pedologici (uso del suolo, tipo di coltura, dati ambientali). Per quanto riguarda gli aspetti più specifici, sono stati studiati gli effetti delle diverse tecniche irrigue in relazione ai consumi complessivi e alla qualità delle acque utilizzate e da falda, in una regione, la Puglia, dove l'espansione ed il mantenimento delle aree agricole è limitata dalla disponibilità di questa risorsa. Le analisi qualitative sulle acque di falda hanno indicato che i siti più interni, dove la falda si situa generalmente ad oltre 70 m di profondità, hanno valori di salinità accettabili dal punto di vista agronomico. In prossimità della costa la salinità dell'acqua di falda è più elevata e può essere utilizzata in agricoltura solo con forti limitazioni. I valori minimi di salinità corrispondono ai prelievi eseguiti alla fine dell'inverno. Alcune falde costiere si caratterizzano per l'estrema variabilità stagionale, dovuta al fatto che nei mesi primaverili - estivi, ai consumi determinati dalla maggior richiesta degli agricoltori, si sommano quelli dei turisti che utilizzano l'acqua delle stesse falde. Dal punto di vista quantitativo, si è rilevata una tendenza all'aumento dei consumi irrigui, che, incorporata nel modello, incide sulle proiezioni relative a scenari climatici di diminuzione di pioggia ed aumento della temperatura. Tali proiezioni hanno mostrato che le colture che compiono parte del ciclo in inverno saranno soggette a maggiori fabbisogni idrici. Ad esempio, l'evapotraspirazione dell'olivo sarà superiore del 14% alla fine di questo secolo, mentre l'aumento dei volumi irrigui stagionali sarà superiore 20%. Tra le colture considerate (uva da tavola, agrumi, barbabietola da zucchero), il pomodoro sembra quella meno soggetta alle variazioni future del clima. Per limitare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla produttività agricola in aree siccitose è stato condotto uno studio che consente, attraverso l'analisi degli isotopi stabili del carbonio e dell'ossigeno nelle piante, di raggruppare specie e cultivar in base alla loro tolleranza alla siccità, all'alta temperatura e allo stress da elevata radiazione solare. Una ricerca di matrice prevalentemente ambientale è stata realizzata per valutare la risposta al cambiamento climatico di organismi acquatici. Sono state impiegate alcune famiglie di zooplancton (Anostraci) come sensori biologici per evidenziare tempestivamente eventuali variazioni legate a fattori climatici come la radiazione ultravioletta e la temperatura. Gli effetti sono specie-dipendenti e hanno soprattutto evidenziato un anticipo ed una accorciamento del ciclo di vita delle popolazioni zooplanctoniche con l'aumento della temperatura, e un ritardo ed un allungamento del ciclo con l'aumento della radiazione ultravioletta. Ne deriva che si può sostenere che i cambiamenti globali possono influenzare la stagionalità delle popolazioni e la sincronizzazione tra predatori e prede negli ecosistemi acquatici. Ciò è possibile che avvenga anche in ecosistemi terrestri. Le analisi sviluppate in CLIMAGRI sono state di tipo variegato ed hanno consentito di trarre indicazioni riguardo a problematiche concrete mancando, però, di combinarle in modo sistematico e poter cogliere in toto l'essenza complessa del sistema.

11.2 Aspetti agronomici dell'irrigazione e dell'uso dell'acqua

Per uno studio di misure efficaci di adattamento dei sistemi agricoli irrigui ai mutamenti climatici è indispensabile condurre analisi preliminari di rischio ed impatto. È essenziale infatti che le proiezioni climatiche si traducano in valutazioni per quanto possibile oggettive sulle variazioni della domanda irrigua, in diverse zone e per diverse colture. L'esempio che segue, realizzato da Arpa-Simc nell'ambito delle prime fasi del progetto finalizzato Agroscenari, si

riferisce alla coltura del kiwi in Romagna ma assume un valore metodologico estensibile in linea di massima a tutte le colture irrigue d'Italia.

Metodologia di studio

Nell'ambito del progetto finalizzato nazionale AgroScenari, Arpa-Simc (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Servizio Idro-Meteo-Clima) ha elaborato proiezioni climatiche regionalizzate per sei aree di studio italiane (Val Padana, Faentino, Marche, Beneventano, Destra Sele e Oristano), per il trentennio 2021-2050 e ha successivamente concentrato analisi e studi sulla tematica irrigua per colture frutticole, orticole e foraggere dell'Emilia-Romagna. Il periodo di riferimento è il 1961-1990 e con dati Ucea di precipitazione e temperatura minima e massima giornaliera su una griglia nazionale di circa 35 km di lato.

La regionalizzazione degli scenari è stata ottenuta con tecniche statistiche (Tomozeiu *et al*., 2007) applicate alle proiezioni di alcuni modelli climatici accoppiati oceano-atmosfera (AOGCM), con scenario di emissione A1B, le cui uscite sono disponibili grazie al progetto europeo Ensembles (Van der Linden e Mitchell, 2009). Il risultato dell'elaborazione finale è costituito da un insieme di serie meteorologiche giornaliere sintetiche, prodotte mediante un *weather generator* (Tomei *et al*., 2009), alimentato dalle analisi Ucea (Ufficio centrale di economia agraria) e dagli scenari stagionali di cambiamento climatico. Queste serie sono distribuite a tutte le Unità Operative afferenti al progetto AgroScenari e possono essere utilizzate per alimentare modelli agrometeorologici di simulazione.

Arpa-Simc utilizza queste serie per simulare le necessità irrigue di colture caratteristiche dell'agricoltura regionale. La prima indagine esplorativa effettuata sugli scenari climatici della regione Emilia-Romagna riguarda la cella Ucea 1362 corrispondente al Faentino, area vocata alla frutticoltura specializzata, in particolare alla coltura dell'actinidia, studiata in relazione ai fabbisogni irrigui (Pratizzoli, 2009).

Fabbisogni irrigui del kiwi: la calibrazione del modello

Il modello di bilancio idrico e di crescita colturale Criteria (Marletto *et al*., 2007)., è stato calibrato per questa coltura su dati raccolti in un'azienda localizzata nell'area collinare (180 m asl) di Zattaglia, comune di Brisighella (Ravenna) per un periodo di 13 anni (1996-2008)

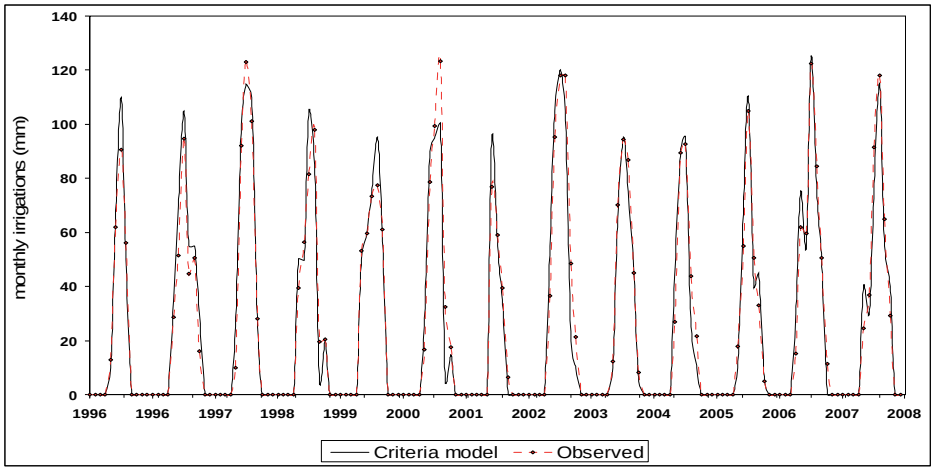


Figura 1 – Confronto tra le irrigazioni cumulate mensili osservate e simulate dal modello Criteria per il kiwi nella zona del faentino

Usualmente il periodo di irrigazione del kiwi in Romagna inizia a maggio e termina a ottobre. Per questo periodo sono state registrate giornalmente sia le precipitazioni che la quantità di acqua distribuita col metodo microirriguo della goccia. I dati di riferiscono ad impianti di actinidia cv. Hayward in piena produzione. Grazie a questa serie di dati osservati è stato possibile calibrare il modello Criteria. La figura 1 mostra il confronto tra irrigazione mensile cumulata (mm) simulata dal modello e i dati di irrigazione osservata per il periodo. La due serie sono ben correlate e presentano un R^2 pari a 0,92 e un indice di efficienza del modello (IE) pari a 0,67.

Impatti del cambiamento climatico sui fabbisogni irrigui dell'actinidia

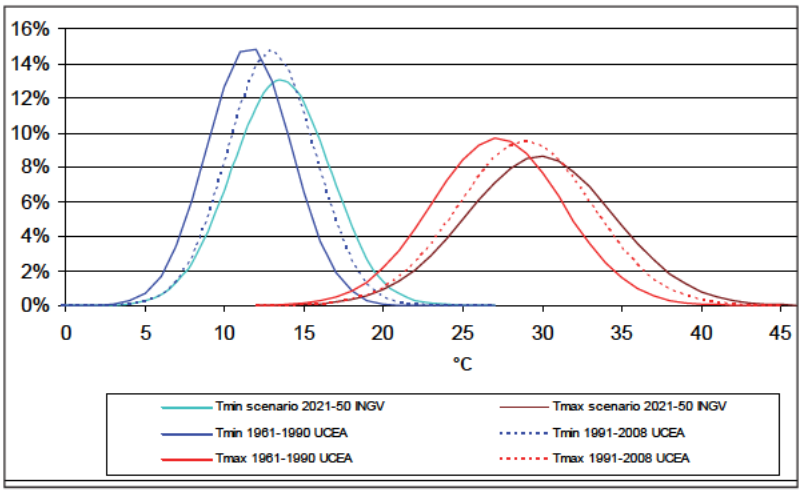


Figura 2 – Cella Ucea 1362, confronto tra la distribuzione delle temperature minime e massime registrate e distribuzione delle stesse nello scenario 2021-2050, modello Ingv.

In figura 2 viene presentata un'analisi statistica preliminare per la cella Ucea 1362 relativa al trimestre Giugno-Luglio-Agosto e allo scenario di emissione A1B per il modello climatico Ingv; i dati osservati relativi a temperature minime e massime, suddivisi nel trentennio di riferimento climatico 1961-1990 e nel periodo 1991-2008, sono stati confrontati con gli scenari climatici 2021-2050. Le temperature minime e massime dello scenario climatico 2021-2050 presentano un aumento rispetto al 1961-1990 rispettivamente di circa 2°C e 3°C, anche se si può osservare come l'ultimo periodo di dati registrati (1991-2008) si avvicini allo scenario stesso.

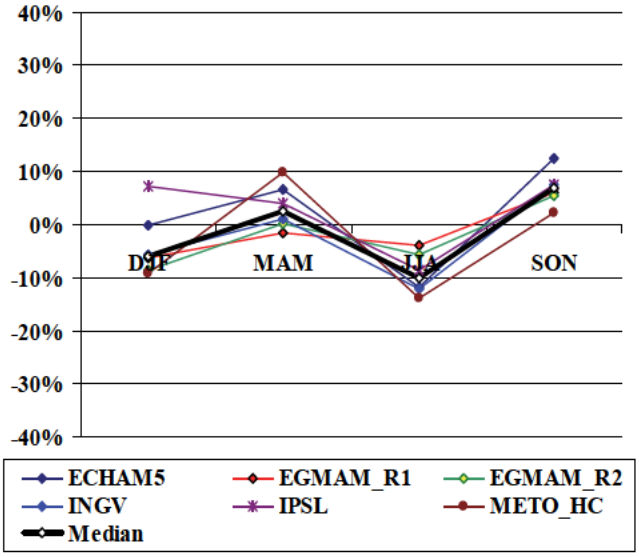


Figura 3 – Anomalie di precipitazione (%) dello scenario 2021-2050 rispetto al clima di riferimento 1961-1990

In figura 3 vengono presentate le anomalie di precipitazione per le proiezioni 2021-2050 rispetto al trentennio climatico di riferimento per la cella Ucea 1362. Si può notare che i modelli concordano nell'indicare un decremento nelle precipitazioni sia in inverno che in estate pari a circa il 10% mentre per la primavera e l'autunno viene previsto un aumento .

L'impatto del cambiamento climatico sulla richiesta irrigua del kiwi è stato stimato mediante il modello Criteria, per il periodo di dati osservati 1961-2009 e per il periodo 2021-2050 (scenario di emissione A1B).

I dati osservati di irrigazione sono stati suddivisi in due periodi che si sovrappongono parzialmente: il periodo climatico di riferimento (1961-1990) e il periodo più recente disponibile 1981-2008. La figura 4 mostra le distribuzioni dei fabbisogni irrigui del kiwi per i tre periodi; si evidenzia che è avvenuto un incremento nei fabbisogni irrigui nell'ultimo

periodo 1981-2008 rispetto al clima di riferimento ed è previsto un ulteriore leggero incremento per lo scenario 2021-2050. Più in dettaglio, la distribuzione in condizioni di scenario mostra un leggero incremento nel 25°, 50° and 75° percentile e un incremento più marcato nel 5°. Al contrario, il 95° mostra un decremento; è da sottolineare però che i casi estremi di tutti i box-plot, gli *outliers*, mostrano un intervallo coerente.

E' anche da considerare la differenza nel numero di campioni delle tre distribuzioni: i dati osservati sono composti da un massimo di 30 campioni mentre le proiezioni future sono composti da 300 campioni; questa è la ragione della variabilità inferiore della distribuzione in condizioni di scenario tra i 5° e 95° percentile.

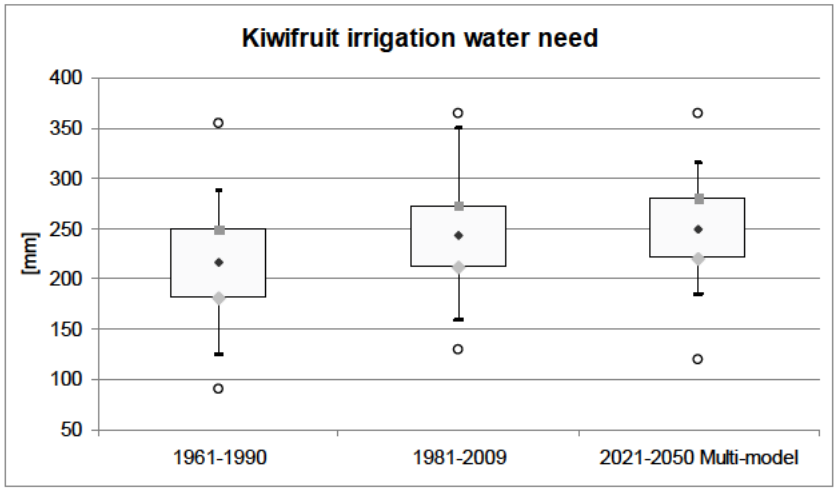


Figura 4 – Distribuzione statistica dei fabbisogni irrigui del kiwi nel faentino simulate con Criteria, per i periodi 1961-1990, 1981-2009 e lo scenario 2021-2050.

11.3 Appendici al paragrafo 4.5 "Flussi di carbonio ed azoto ed emissioni di gas serra nei suoli agrari"

A.1 Il bilancio del carbonio di un ecosistema agricolo (NBP)

Il bilancio del carbonio di un ecosistema agricolo (NBP) è quindi la risultante di flussi in entrata e flussi in uscita e può essere pertanto espresso come

NBP=NPP-H-Rh-E-F-V+I=Res-Rh-E-F-V+I (1)

in cui *H* e la componente asportata con la raccolta, *Rh* la biomassa respirata durante i processi di decomposizione dei residui colturali e della sostanza organi del terreno, *E* la biomassa persa per ruscellamento/dilavamento dei residui e del carbonio del suolo o per erosione, *F* la biomassa persa per bruciatura, *V* il carbonio emesso sotto forma di composti organici volatili, *I* gli apporti di carbonio mediante concimi organici, *Res* i residui agricoli non raccolti (stocchi, paglie radici morte, sarmenti, foglie, ecc.). Nella maggior parte dei casi *E, F* e *V* sono componenti di minore importanza e dunque il bilancio del carbonio si riduce a:

NBP = ΔSOC + S = NPP- H - Rh+I = Res – Rh + I (2)

in cui si evidenzia il ruolo dei residui colturali e degli apporti di concimi organici quali principali determinanti del potenziale di mitigazione.

Su base annuale NBP è pari alla variazione di contenuto di carbonio organico nel suolo (ΔSOC) nei seminativi e nei prati pascoli mentre nelle colture agrarie legnose include anche il carbonio accumulato nel legno e nei fusti delle piante (*S*) (Chapin et al. 2006).

Nei campi coltivati, a differenza degli ecosistemi naturali, parte della biomassa è asportata con la raccolta di cui sono disponibili normalmente stime accurate. Da tali dati, con relativa accuratezza è possibile calcolare mediante gli indici di raccolta (*HI*) anche la biomassa degli organi non utili alla produzione agraria (residui colturali) e con accuratezza

progressivamente inferiore anche la biomassa accumulata nelle radici. *NPP* e *Res* possono essere quindi calcolata dalle statistiche dei dati produttivi per i seminativi ed i prati pascoli come:

NPP= Hfw × (1-W) × Cdm/(HI × Af) **(3)**

Res=NPP_{epigea}- H + NPP_{radici} = NPP × (1-HI × Af) **(4)**

in cui *Hfw* è la biomassa dei prodotti agricoli (dai dati produttivi), *W* il contenuto idrico della biomassa raccolta, Cdm la frazione di carbonio contenuta nelle biomasse agricole, *HI* l'indice di raccolta (biomassa asportata/biomassa aerea) e *Af* la frazione di biomassa contenuta nella parte aerea.

Per le colture permanenti non può essere utilizzato lo stesso approccio poiché la biomassa destinata ai prodotti varia con l'età del frutteto o del vigneto ed è caratterizzata da un'elevata variabilità del contenuto idrico dei frutti. Una stima della NPP dalle colture permanenti (NPPf) può essere ottenuta assumendo che:

- NPP delle colture legnose sia uguale a quella media delle altre colture agricole della regione (avgNPP) (Liguori et al, 2009; Tagliavini, 2007; Tonon 2008; Sofo A. 2005)
- Assumendo una ripartizione di NPP di 44:23:33 rispettivamente in foglie+sarmenti+radici fini, legno e frutti per i fruttiferi e di 44:13:43 per la vite (Croodsma and Field, 2006)

NPPf = avgNPP = H + NPPnh + NPP_{radici} + S **(5)**

Res=NPPepigea + NPPradici – H = avgNPP – H - S **(6)**

in cui H e la componente asportata con la raccolta, NPPnh è la frazione di biomassa epigea non raccolta, NPPradici e la biomassa radicale, S è la biomassa accumulata nel legno e nei fusti delle piante.

Una frazione dei residui colturali può essere raccolta e utilizzata a scopi energetici o zootecnici (**ResH**). Queste attività sottraggono carbonio dagli ecosistemi agricoli riducendone quindi la frazione che normalmente sarebbe restituita al suolo e che potrebbe essere utilizzata per formare nuova sostanza organica nel suolo (umificazione). Tale frazione è suscettibile a cambiamenti in funzione delle recenti scelte politiche ed economiche di tipo agro-energetico che sono destinate ad avere un effetto sul bilancio dei gas ad effetto serra. In questo caso per un corretto calcolo si dovrebbero sottrarre ai CO_2 equivalenti guadagnati/risparmiati con l'utilizzo dei residui colturali a fine energetico, la quantità di C presente nella sostanza organica umificata che sarebbe prodotta lasciando i residui in campo. La frazione di residui sfruttabili a tale fine è rappresentata, nel caso dei seminativi, dalla parte aerea della vegetazione che non è raccolta e, nel caso delle colture arboree, dai sarmenti, dai residui di potatura e dal legno degli impianti a fine produzione. Tale frazione può essere calcolata come:

ResH = NPP ×(1 - HI) - P (seminativi) **(7)**

ResH=k ×H = (NPP-NPPradici-NPPfoglie- S - P)/H (legnose) **(8)**

in cui *HI* è l'indice di raccolta (biomassa asportata/biomassa aerea), *P* sono le perdite di raccolta (mediamente il 5% dell'NPP), k un coefficiente che rappresenta la frazione di residui di potatura in funzione della biomassa prodotta in frutteti e vigneti.

A.2 Modello per calcolare tasso di mineralizzazione della sostanza organica e bilancio isoumico di una coltura o di una rotazione colturale

Il più semplice modello (AAVV a cura di Sequi, 1989) per interpretare i processi concernenti la dinamica della sostanza organica nel suolo (*one pool model*) consiste nel considerare il tasso di formazione di nuova sostanza organica (SOMin) proporzionale alla quantità di residui mediante il coefficiente isoumico (K1)

SOCin = K1 * Res **(9)**

ed il tasso di mineralizzazione (SOCout) proporzionale al contenuto totale si sostanza organica nel suolo (SOM) mediante il coefficiente di mineralizzazione K2 ($anni^{-1}$).

SOCout = K2 * SOM **(10)**

La variazione di sostanza organica nel terreno è pertanto calcolata come

ΔSOC = SOCin - SOCout = K1 × Res – K2 × SOC (11)

e la perdita di C nel corso della decomposizione dovuta alla respirazione eterotrofica (Rh) è:

Rh = (1-K1) × Res + K2 × SOC (12)

Tale modello permette di calcolare il bilancio isoumico di una coltura o di una rotazione colturale e si presta ad interpretare relativamente bene le dinamiche di breve periodo della SOM. Tuttavia esso non è in grado di simulare i processi che caratterizzano le dinamiche di più lungo periodo. La sua semplicità consente di misurare direttamente i parametri (K1 e K2) del modello sia in condizioni controllate sia in campo. I valori di K1 e K2 per diverse tipologie di residui colturali e per le diverse condizioni pedoclimatiche italiane variano da 0,1 (residui orticoli) a 0,50 (letame maturo) e da 0,015 (suoli sabbiosi e sciolti) a 0,025 (suoli pesanti e argillosi) con valori medi rispettivamente di 0,18 (K1) e 0,02 (K2) (Lugato et al. 2009).

A.3 Il bilancio ecologico dell'azoto in un agro ecosistema e quantificazione delle emissioni di N_2O

Il bilancio ecologico dell'azoto in un agro ecosistema può essere calcolato come:

ΔN = Nentrata - Nuscita=Nres+Nfer+Nfix+Ndep-Ngas- Nleach-Nero (13)

in cui ΔN rappresenta la variazione della concentrazione totale di N del suolo, N res è l'azoto che si aggiunge al suolo con i residui agricoli, Nfert l'azoto proveniente dalle concimazioni organiche ed inorganiche, Nfix l'azoto proveniente da eventuale azotofissazione, Ndep l'azoto proveniente dalle deposizioni atmosferiche, Ngas l' azoto perso sotto forma di gas azotati (NH_3, NO, N_2O, N_2), Nleach l'azoto perso per dilavamento di nitrati ed altri soluti, Nero l'azoto perso in seguito a fenomeni di erosione del suolo.

E' importante notare che parte dell' azoto disponibile è assorbito nei processi di umificazione dei residui vegetali e può regolarne il tasso. Generalmente un aumento della SOC del suolo mediante apporto di residui vegetali con un alto valore C/N richiede un apporto di N. A titolo di esempio l'aumento di 1 Gg di SOC da residui di cereali (C/N=40) non richiede apporti di azoto mentre se si utilizzano residui legnosi (C/N =80) sono necessari circa 100 Kg N.

Analogamente a quanto fatto per il ciclo del carbonio e possibile calcolare Nuptake=Nprod+Nres dai dati produttivi e dal contenuto di azoto (Ndm) dei prodotti agricoli e dei residui vegetali. L'efficienza degli input azotati (**εN**), assumendo che non ci sia variazione del contenuto di sostanza organica nei suoli, risulta essere:

εN=Nprod/(Nfert+Nfix+Ndep) (14)

Una procedura semplice e generica per produrre stime di emissioni di N_2O dai suoli agricoli su scala nazionale o regionale o anche provinciale è quella proposta dall' IPCC (1997b).

Emissioni totali N_2O = *EN_2O dirette* (fertilizzanti + istosuoli + residui vegetali + pascolo) + *EN_2O indirette* (deposizione + lisciviazione) **(15)**

In questa procedura si distingue tra emissioni "dirette" di N_2O, ossia emissioni di N_2O prodotte direttamente sull'area interessata dalla gestione agricola applicata (es. superficie agricola interessata da aggiunta di fertilizzante) e le emissioni indirette, ossia le emissioni di N_2O che si generano in luoghi diversi dal luogo di applicazione della strategia agronomica ma che sono il risultato della strategia agronomica stessa. Infatti, l'applicazioni di fertilizzanti azotati in un'area agricola può generare sia N lisciviato sia emissioni gassose di NH_3 e NO che tendono a ridepositarsi al suolo entro un raggio fino a qualche centinaio di kilometri a seconda delle condizioni atmosferiche. Entrambe queste fonti di N possono generare emissioni indirette di N_2O, attraverso gli usuali processi microbici. Un esempio sono le risorgive della pianura Padano - veneta che possono spesso rappresentare degli *hotspot* di emissione di N_2O poiché sono ricche di nitrati derivanti dalla lisciviazione dei fertilizzanti applicati su terreni agricoli posizionati nelle aree che nutrono le acque di falda.

La metodologie precisa di calcolo è riportata nelle Guidelines dell'IPCC (1997b) e prevede degli approcci (TIERS) possibili con diverso grado di specificità. L'approccio più generico (TIER I) prevede l'utilizzo di fattori moltiplicativi semplici da applicare alla quantità di azoto che è aggiunto al sistema nelle varie forme specificate nell'equazione 15, 16 e 17.

$N_2O_{Diretto}$ –N (Kg N anno^{-1}) = $[(F_{SN} + F_{AM} + F_{BN} + F_{CR}) \bullet EF_1] + (F_{OS} \bullet EF_2)$ **(16)**

$N_2O_{Indiretto}$ -N (Kg N anno^{-1}) = [[(N_{FERT} • $Frac_{GASF}$) + (Σ_T(N(T) • Nex(T)) • $Frac_{GASM}$)] • EF_3]+ [N_{FERT} + Σ_T($N_{(T)}$ • $Nex_{(T)}$)] • $Frac_{LEACH}$ • EF_4 **(17)**

Dove

F_{SN} = NFERT • (1 – FracGASF); Quantitativo annuale di fertilizzante minerale azotato (Kg N) aggiunto al suolo meno la frazione di N che è persa sotto forma di (NH_3-N + NOx-N)

F_{AM} = ΣT(N(T) • Nex(T)) • (1 – FracGASM)[1 – FracPRP]; Quantitativo annuale di N aggiunto al suolo come azoto presente nelle deiezioni animali presenti applicate al suolo direttamente, meno la frazione di N che viene persa (NH_3-N + NOx-N)

F_{BN} = 2 • CropBF • FracNCRBF; Quantità di azoto fissato annualmente dalle leguminose coltivate

F_{CR} = 2 • (CropO • FracNCRO + CropBF • FracNCRBF) • (1 – FracR) • (1 – FracBURN); Quantità di N che ritorna al suolo nei residui vegetali

F_{OS} = Area di suoli organici coltivati (ettari)

$N_{(T)}$ = Numero di capi di bestiame (per specie/categoria T_esima) presenti nel paese

$N_{ex(T)}$ = Media annuale di N escreto per capo di bestiame (per specie/categoria T_esima) (Kg N/animale/anno)

Fattori emissivi (IPCC, 2007b)

EF1 Emissioni dirette di N_2O da azoto minerale di diversa origine: 0,0125(0,0025-0,0225) Kg N_2O/Kg N fertilizzante

EF2 Emissioni dirette di N_2O da lavorazione di suoli organici: 5 (suoli temperati) e 10 (suoli tropicali)

KgN/ettaro/anno

EF3 Emissioni indirette di N_2O derivanti da deposizione di N gassoso:0,01 (0,002-0,02) Kg N_2O-N/Kg NH_3-N e NOx-N emesso

EF4 Emissioni indirette di N_2O da N lisciviato: 0,025(0,002-0,12) Kg N_2O-N/Kg N lisciviato

Fattori di default da applicare alle equazioni 16 e 17 (IPCC, 1997b)

NFERT: N totale aggiunto come fertilizzante minerale (Kg)

FracGASF:0,1 Kg N come (NH_3-N + NOx-N) per ogni Kg N di fertilizzante sintetico azotato applicato

FracGASM: 0,2 Kg NH_3 come (NH_3-N + NOx-N) per ogni Kg N escreto dal bestiame

CropBF: Biomassa secca (Kg) di leguminose e soia

FracNCRBF:0,03 Kg N/Kg, Kg di N mineralizzato per Kg di sostanza secca

CropO: biomassa secca prodotta da raccolto diverso da CropBF (Kg)

FracNCRO: 0,0015 Kg N/Kg di massa secca, Kg di N mineralizzato per Kg di sostanza secca

FracR: 0,50 Kg N/Kg N nella biomassa secca, frazione di N presente nei residui ottenuta calcolando l'azoto totale nel raccolto meno quella asportata.

FracBURN: 0,25 paesi industrializzati, 0,10 o meno in via di sviluppo (KgN/Kg N nel raccolto), frazione persa nel corso della combustione di materiale vegetale

FracLEACH: 0,3 Kg (0,1-0,8) N/Kg N di fertilizzante o N presente nel concime persa per lisciviazione

A.4 Fonti per il calcolo dei bilanci di C ed N

Le equazioni 1-17 rappresentano il metodo più semplice per eseguire il bilancio annuale del carbonio e N negli agro ecosistemi a diversi livelli di aggregazione. Tali equazioni sono state utilizzate per calcolare il bilancio del carbonio annuale sulle superfici coltivate (Sup) con aggregazione regionale utilizzando le seguenti fonti di dati:

Dato	Simbolo	Fonte
Produzioni	H	Dati ISTAT – Coltivazioni 2009
Superfici	Sup	Dati ISTAT – Coltivazioni 2009
Indice di raccolta	HI	ENEA – Censimento biomasse – RSE/2009/167
Umidità alla raccolta	W	ENEA – Censimento biomasse – RSE/2009/167
Frazione residui/frutta	k	ENEA – Censimento biomasse – RSE/2009/167
Contenuti di carbonio	Cdm	USDA Agricultural Nutrient Contents – Goudrian, 2008
Contenuti di Azoto	Ndm	USDA Agricultural Nutrient Contents – Goudrian, 2008
Frazione radici	Af	20% seminativi 25% legnose
Azotofissazione	Nfix	70% dell' N della biomassa leguminosa
Carbonio Organico Suolo	SOC	European Soil Database, Jones et. Al 2005
Deposizioni azotate	Ndep	Rete monitoraggio CONECOFOR
Utilizzo Fertilizzanti N	Nfert	Dati ISTAT – Coltivazioni 2009

Elenco degli acronimi

A/R Working Group: *Afforestation/Reforestation Working Group*
AAUs: *Assigned Amount Units*
ABA: *ABscisic Acid*
ADAPTALP: *Adaptation to Climate Change in the Alpine Space*
AEA: Agenzia Europea Ambiente
AEBIOM: Associazione Europea Biomasse
AEZ: *Agro-Ecological Zoning*
AFOLU: *Agriculture, Forestry and Other Land Use*
AGBM: *Ad Hoc Group on the Berlin Mandate*
AIA: Associazione Italiana Allevatori
AIRU: Associazione Italiana Riscaldamento Urbano
AIS: *Agricultural Innovation Systems*
AOGCM: *Atmosphere-Ocean General Circulation Model*
APA: Associazione Provinciale Allevatori
ARD: *Afforestation, Reforestation, Deforestation*
Arpa-Simc: Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Servizio Idro-Meteo-Clima
AWG KP: *Ad Hoc Working Group under the Kyoto Protocol*
BCAA: Buone Condizioni Agronomiche ed Ambientali
BMR: *Brown Midrib* (varietà di sorgo)
BSI: *British Standard Institution*
CDM: *Clean Development Mechanism*
CER: *Certified Emission Reduction*
CF: C*arbon Footprint*
CFS: Corpo Forestale dello Stato
CGO: Criteri di Gestione Obbligatori
CIFI: Censimento degli Incendi Forestali d'Italia
CIGS: *Copper Indium Gallium (di) Selenide*
CIS: *Copper, Indium, Selenium*
CLI.NO: *Climatological Normals*
CLRTAP: *Convention on Long-Range Transboundary air Pollution*
CMCC: Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici
CMIP3: *Coupled Model Intercomparison Project phase 3*
CO_2eq: CO_2 equivalente
COP/MOP: *Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Protocol*
COP: *Conference of Parties*
CORINE: *Coordination of Information on the Environment*
CRA-CMA: Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura – Unità di Ricerca per la climatologia e la meteorologia applicate all'agricoltura
CRB: Centro di Ricerca sulle Biomasse
CRF: *Common Reporting Format*
CRPA: Centro Ricerche Produzioni Animali
CSTR: *Completely Stirred Reactor*

CTI: Comitato Termotecnico Italiano
CUS: Cambiamenti d'Uso dl Suolo
D.lgs: Decreto legislativo
Ddl: Disegno di legge
DEFRA: *Department for Environment, Food and Rural Affairs*
DM: Decreto Ministeriale
DMV: Deflusso Minimo Vitale
DNDC: *Denitrification–Decomposition Model*
DOE: *Designated Operational Entities*
DON*: Dissolved Organic Nitrogen*
DOP: Denominazione di Origine Protetta
ECCP: *European Climate Change Programme*
ECMRWF: *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*
EEA: *European Environment Agency*
EIT: *Economies In Transition*
EMAS: *Eco-Management and Audit Scheme*
EN: *European Norms*
ENEA: Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
EPD: *Environmental Product Declaration*
ERU: *Emission Reduction Unit*
ESAI: *Environment Sensitive Areas Index*
ETS: *Emission Trading Scheme*
EU ETS: *European Union Emission Trading Scheme*
FAO: *Food and Agriculture Organization*
FE: Fattore di Emissione
FEASR: Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale
FEP: Fondo Europeo per la Pesca
FER: Fonti di Energia Rinnovabile
FISR: Fondo Integrativo Speciale Ricerca
FORSU: Frazione Organica Rifiuti Solidi Urbani
FRA: *Forest Resources Assessment*
FSE: Fondo Sociale Europeo
GAL: Gruppi di Azione Locale
GCM: *General Circulation Model*
GEF: *Global Environment Facility*
GHG: *Green House Gases*
GIS: *Geographic Information System -*
GME: Gestore dei Mercati Energetici
GMES: *Global Monitoring for Environment and Security*
GPG LULUCF: *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*
GPS: *Global Positioning System*
GSE: Gestore dei Servizi Elettrici
GWP: *Global Warming Potentia*l
HS: *Hot Spot*
HWP: *Harvested Wood Products*

IA: Indice di Aridità
IBP: *International Biological Programme*
ICTSD: *International Centre for Trade and Sustainable Development*
IE: Indice di efficienza
IEA: *International Energy Agency*
IEIF: Inventario delle Emissioni da Incendi Forestali
IFF: Indice di Funzionalità Fluviale
IFNC: Inventario Forestale Nazionale e dei Serbatoi di Carbonio
INEA: Istituto Nazionale di Economia Agraria
INF: Inventario Forestale Nazionale
INFC: Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi di Carbonio
INSPIRE: *INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*
IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPG: *International Phenological Gardens*
IPHEN: *Italian PHEnological Network*
IRE: Indice di Risparmio Energetico
ISCI: Inventario degli *Stock* di Carbonio d'Italia
ISMEA: Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare
ISO: *International Organization for Standardization*
ISPRA: Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale
ISTAT: Istituto (Centrale) di STATistica
ITABIA: *Italian Biomass Association*
IUFRO: *International Union of Forest Research Organizations*
IUTI: Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia
JI: *Joint Implementation*
LCA: *Life Cycle Assessment*
lCER/tCER: *Long term/temporary Certified Emission Reduction*
LCI: *Life Cycle Inventory*
LT: Limite Termico
LULUCF: *Land Use, Land-Use Change and Forestry*
MATTM: Ministero dell'ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare
MDF: *Medium Density Fiberboard*
Mipaaf: Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali
MiSE: Ministero dello Sviluppo Economico
MPCFE: *Ministerial Conference for Protection of Forest in Europe* (oggi *Forest Europe)*
MRV: *Monitoring, Reporting and Verification*
NBP: *Net Biome Productivity*
NDVI: *Normal Difference Vegetation Index*
NIR: *National Inventory Report*
NMR: *Nuclear Magnetic Resonance*
NPP: *Net Primary Productivity*
OCM: Organizzazione Comune di Mercato
OCSE: Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico
OdC: Organismi di Certificazione
OECD: *Organization for Economic Co-operation and Development*

OMM: Organizzazione Meteorologica Mondiale
ORC: *Organic Rankine Cycle*
PA: Pubbliche Amministrazioni
PAC: Politica Agricola Comune
PAN: Piano d'Azione Nazionale
PAS: *Publicly Available Specification*
PCI: Potere Calorifico Inferiore
PESC: Politica Estera e di Sicurezza Comune
PFR: *Plug-Flow Reactor*
PIL: Prodotto Interno Lordo
PK: Protocollo di Kyoto
PNR: Programma Nazionale di Ricerca
POP: *Persistent Organic Pollutants*
PQSF: Programma Quadro per il Settore Forestale
PSL: Piani di Sviluppo Locale
PSN: Piano Strategico Nazionale
PSR: Programma di Sviluppo Rurale
PVS: Paesi in Via di Sviluppo
QCMV: Quadro Comune di Monitoraggio e Valutazione
R&S: Ricerca e Sviluppo
RAPF: Rilievo Aree boscate Percorse dal Fuoco
RAS: *Regional Adaptation Strategies*
RED: *Renewable Energy Directive*
RMU: *ReMoval Unit*
RRN: Rete Rurale Nazionale
RSU: Rifiuti Solidi Urbani
RUE: *Radiation Use Efficiency*
SAU: Superficie Agricola Utilizzata
SBI : *Subsidiary Body for Implementation*
SBSTA: *Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice*
SE: Servizi Ecosistemici
SEIS: *Shared Environmental Information System*
SGA: Sistema di Gestione Ambientale
SIN: Sistema Informativo Nazionale per lo sviluppo dell'agricoltura
SINCERT: SIstema Nazionale di CERTificazione
SOC: *Soil Organic Carbon*
SOM: *Soli Organic Matter*
SRES Scenarios: *Special Report on Emission Scenarios*
SRF: *Short Rotation Foresty*
SWOT: *Strenghts, Weakness, Opportunity and Treaths*
TAI: *Time Artificial Insemination*
TEE: Titoli di Efficienza Energetica
TEP: Tonnellate Equivalenti di Petrolio
TERNA: Trasmissione Elettricità Rete Nazionale
THI: *Temperature Humidity Index*

TIC: Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione
TUE: *Transpiration Use Efficiency*
UBA: Unità di Bestiame Adulto
UBCO_2eq: Unità di Bestiame CO_2eq
Ucea: Ufficio centrale di economia agraria
UF: Unità Foraggere
UFL: Unità Foraggere Latte
ULU: Unità Lavorative Uomo
UNCCD: *United Nation Convention to Combact Desertification*
UNCEM: Unione Nazionale Comunità ed Enti Montani
UNDP: *United Nations Development Programme*
UNECE: *United Nations Economic Commission for Europe*
UNEP: *United Nations Environment Programme*
UNFCCC: *United Nation Framework Convention on Climate Change*
VAS: Valutazione Ambientale Strategica
VET: Valore Economico Totale
VIA: Valutazione d'Impatto Ambientale
VSA: *Visual Soil Assessment*
WB: *World Bank*
WCC-3: *World Climate Conference*
WCRP: *World Climate Research Programme*
WFPS*: Water Filled Pore Space*
WMO: *World Meteorological Organization*
WTO: *World Trade Organization*
ZVN: Zone Vulnerabili ai Nitrati

Elenco delle tabelle e delle figure[70]

Tabelle

Capitolo 1

Tab. 1.1 Definizione dei crediti i carbonio
Tab. 1.2 Settori, categorie e relativi GHG emessi
Tab. 1.3 Scelta da parte degli Stati membri (UE 15) delle attività dell'articolo 3.4 per il primo periodo di adempimento

Capitolo 2

[70] Sono state riportate esclusivamente le tabelle e le figure dei capitoli.

Tab. 2.1 Medie climatiche annuali del territorio italiano (1971-2000)
Tab. 2.2 Medie climatiche mensili di temperatura minima giornaliera (1971-2000)

Tab. 2.3 Medie climatiche mensili di temperatura massima giornaliera (1971-2000)

Tab. 2.4 Medie climatiche mensili di precipitazione (1971-2000)

Tab. 2.5 Valori medi regionali dell'Indice di Aridità e variazione fra i due periodi considerati

Tab. 2.6 Deficit pluviometrico climatico cumulato da Aprile a Settembre

Tab. 2.7 Possibili impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi agrari nelle regioni del bacino del mediterraneo

Tab. 2.8 Elementi e implicazioni del quadro teorico di riferimento "*Agricultural Innovation System* (AIS)"

Tab. 2.9 Superfici di territorio (Km^2) classificate con metodologia ESAI afferenti a varie gradi di vulnerabilità ai processi di degrado dei suoli e desertificazione.

Tab. 2.9 bis. Relazioni tra processi di degrado (minacce alla funzionalità dei suoli), possibili azioni e politiche

Capitolo 3

Tab. 3.1 Emissioni totali, espresse in Gg, di CH_4 e N_2O e conversione in CO_2eq per categoria animale allevata in Italia

Tab. 3.2 Emissioni di Gg di CO_2eq per paese, distintamente per totale attività (LULUCF escluso), totale agricoltura, totale zootecnia e incidenze in percento di zootecnia su totale paese e totale agricoltura. Emissioni per ha SAU, UBA e abitante, distinte per paese. (2008)

Tab. 3.3 Principali fattori che influenzano le emissioni di CH_4 da fermentazione enterica

Tab. 3.4 Valori delle emissioni espresse in Unità di Bestiame CO_2 equivalenti per anno, distintamente per categoria animale e calcolo del numero di capi di ciascuna categoria che complessivamente emettono un quantitativo di CO_2eq pari ai Kg emessi per anno da una vacca da latte

Tab. 3.5 Aziende con allevamenti per specie di bestiame (2007)

Tab. 3.6 Totale aziende e capi allevati in Italia (esclusi bufalini, equini, cunicoli e caprini) (anno 2007) e numero aziende e numero capi interessati al Piano di Assistenza

Tab. 3.7 Emissioni CO_2eq (Kg/anno) capi totali e capi interessati dal Piano di Assistenza

Capitolo 4

Tab. 4.1 Densità apparente delle varie classi tessiturali dei terreni

Tab. 4.2 Coefficiente di mineralizzazione delle varie classi tessiturali dei terreni

Tab. 4.3 Coefficiente di umificazione del materiale organico

Tab. 4.4 Bilancio del carbonio dalle superfici coltivate italiane (seminativi, legnose, foraggere) con aggregazione regionale. Il SOC, non considera gli input di carbonio dei fertilizzanti organici

Tab. 4.5 Flussi di carbonio (Mg ha^{-1}) su seminativi, legnose e foraggere con aggregazione regionale

Tab. 4.6 Flussi di Azoto dalle superfici coltivate italiane con aggregazione regionale
Tab. 4.7 Potenziali di mitigazione di GHG sulle superfici coltivate italiane**.**

Capitolo 5

Tab 5.1 Emissioni nazionali del comparto agro-alimentare.

Capitolo 6

Tab. 6.1 Caratteristiche dei boschi in Italia

Capitolo 7

Tab. 7.1 Consumi elettrici e termici giornalieri per un allevamento di bovini da latte

Tab. 7.2 Consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di vitelli a carne bianca

Tab. 7.3 Entità media del consumo energetico per tipologia di allevamento suino e per fonte energetica impiegata

Tab. 7.4 Consumi energetici specifici giornalieri ed annui per allevamenti di suini da ingrasso (20 – 120 Kg)

Tab. 7.5 Consumi energetici specifici giornalieri per allevamenti di avicoli da carne (allevamento a terra)

Tab. 7.6 Consumi energetici specifici giornalieri ed annui per allevamenti di avicoli da uova (allevamento in batteria)

Tab. 7.7 Consumi elettrici giornalieri ed annuali specifici per la climatizzazione di una serra

Tab. 7.8 Consumi energetici di alcuni sistemi irrigui

Tab. 7.9 Consumi energetici di energia primaria (gasolio) di alcuni sistemi irrigui

Tab. 7.10 Valori medi dei consumi specifici elettrici e termici per il processo di essiccazione dei cereali

Tab. 7.11 Valori medi annuali di consumo di gasolio per processi di essiccazione

Tab. 7.12 consumi totali medi annuali e giornalieri di gasolio per la coltivazione ed eventuale essiccazione di diversi prodotti agricoli

Tab. 7.13 Consumi specifici medi per allevamenti

Tab. 7.14 Consumi elettrici per irrigazione ripartiti per tipologia di coltivazione

Tab. 7.15 Consumi elettrici stimati per differenti processi agro-zootecnici

Tab. 7.16 Impianti a biomassa in Italia,suddivisi per tipologia e per regione

Tab. 7.17 Situazione italiana dei piccoli impianti termici (2005)

Tab. 7.18 Situazione italiana degli impianti industriali (2005)

Tab. 7.19 Potenza e Produzione di energia elettrica del settore agricolo forestale e della pesca (GSE 2009)

Tab. 7.20 Biomasse e rifiuti organici per la digestione anaerobica e loro resa indicativa in biogas (m^3 per tonnellata di solidi volatili)

Tab. 7.21 Capacità produttiva di un impianto fotovoltaico

Tab. 7.22 proiezioni al 2020 per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili

Tab. 7.23 potenziale energetico annuo da biomasse solide

Tab. 7.24 potenziale in massa annuo delle biomasse

Tab. 7.25 potenziale annuo di produzione di biogas

Tab. 7.26 numero aziende, capi, quantità di reflui e producibilità al variare di soglie aziendali

Tab. 7.27 confronto delle stime di disponibilità di residui per coltura (data studio 2007)

Tab. 7.28 Costo (€c) di produzione del kWh elettrico per diverse fonti rinnovabili

Tab. 7.29 Occupazione diretta indiretta generata da diversi impianti a fonti rinnovabili

Tab. 7.30 Qualificazione del livello di impatto associato alla realizzazione di impianti alimentati da diverse fonti energetiche rinnovabili

Capitolo 8

Tab. 8.1 Tipologie ed esempi di adattamento in agricoltura a diversi livelli

Tab. 8.2 Classificazione delle opzioni di adattamento al cambiamento climatico per responsabilità e momento

Capitolo 9

Tab. 9.1 Elenco di atti (CGO) e norme (BCAA), declinate per standard di condizionalità

Tab. 9.2 Tabella di correlazione tra azioni, misure dei PSR e strumenti normativi

Figure

Capitolo 1

Fig. 1.1 Emissioni ed assorbimenti di gas serra per il periodo 1990-2009

Fig. 1.2 Emissioni di gas serra dal settore agricoltura per il periodo 1990-2009

Fig. 1.3 Emissioni ed assorbimenti di gas serra dal settore LULUCF per il periodo 1990-2009

Capitolo 2

Fig. 2.1 Andamento termico in Italia dal 1980 al 2009

Fig. 2.2 Andamento pluviometrico in Italia dal 1980 al 2009

Fig. 2.3a Proiezioni di cambiamento climatico per la precipitazione annua (%), periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990, scenario di emissione A1B

Fig. 2.3b Proiezioni di cambiamento climatico per la precipitazione estiva (%), periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990, scenario di emissione A1B

Fig. 2.4a Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura media annua, periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990 (°C), scenario di emissione A1B

Fig. 2.4b Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura media estiva, periodo 2021-2050 rispetto a 1961-1990 (°C), scenario di emissione A1B

Fig. 2.5 Anomalia stagionale della temperatura media trimestrale (10x °C) per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto al 1961-1990 mediata a livello provinciale

Fig. 2.6 Anomalia stagionale della precipitazione media trimestrale (mm) per i periodi 2041-2060 e 2081-2100 rispetto al 1961-1990 mediata a livello provinciale

Fig. 2.7 Mappa delle aree di studio (del progetto Agroscenari)

Fig. 2.8a Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura minima invernale. Ensemble Mean rispetto al clima di riferimento – Periodo 2021-2050, scenario di emissione A1B

Fig. 2.8b Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura minima estiva. Ensemble Mean rispetto al clima di riferimento – Periodo 2021-2050, scenario di emissione A1B

Fig. 2.8c Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura massima invernale. Ensemble Mean rispetto al clima di riferimento – Periodo 2021-2050, scenario di emissione A1B

Fig. 2.8d Proiezioni di cambiamento climatico per la temperatura massima estiva. Ensemble Mean rispetto al clima di riferimento – Periodo 2021-2050, scenario di emissione A1B

Fig. 2.9 Proiezioni di cambiamento climatico delle precipitazioni invernali ed estive (*Ensemble Mean*), scenario di emissioni A1B, per il periodo 2021-2050 per le aree di studio Val Padana, Marche e Sardegna (Oristano)

Fig. 2.10 Distribuzione di temperatura a 2 metri in estate, mediata sul periodo 1971-2000 e 2071-2100

Fig 2.11 Distribuzione di precipitazione giornaliera in estate, mediata sul periodo 1971-2000 e 2071-2100

Fig. 2.12 Proiezione di cambiamento di uso del suolo relativa all'anno 2100. Scenari di emissione A2 e B2 dell'IPCC

Fig. 2.13 Percentuali previste di distribuzione degli *Hot-Spot* (HS) dei cambiamenti di uso del suolo per diversi settori distinti dalla combinazione di caratteristiche topografiche (montagna, collina, pianura) e di distanza dalla linea di costa

Fig. 2.14 Indice di vocazionalità per le colture di olivo e frumento calcolato per il periodo di riferimento (1961-1990) e per il 2080 sotto lo scenario di emissione A2

Fig. 2.15 Valori delle anomalie del THI per la stagione estiva relativa alla decade 2041-2050 rispetto al trentennio 1971-2000 (Climate Normal, CliNo)

Fig. 2.16a, 2.16b, 2.16c Media delle differenze tra il numero di eventi di infezione potenziale ottenuti utilizzando lo scenario climatico A1B-2050 rispetto a quelli del periodo di riferimento (1987-2006). I patogeni simulati sono *Puccinia recondita* (agente eziologico della ruggine bruna del frumento, 2.16a), *Sclerotinia sclerotiorum* (agente eziologico del

marciume al colletto o "muffa bianca" del girasole, 2.16b) e *Phytophthora infestans* (agente eziologico della peronospora della patata, 2.16c)

Fig 2.17 Descrizione schematica della metodologia seguita per legare il regime idro-termico delle singole unità di paesaggio all'andamento o scenario climatico a scala regionale

Fig. 2.18 Area di coltivazione di varietà di vite stimata per le condizioni climatiche osservate (1984 – 1996) e previste (2000-2009)

Capitolo 4

Fig. 4.1 Andamento della produttività nel tempo

Fig. 4.2 Ripartizione percentuale Carbonio nei diversi ordinamenti colturali italiani (media sulla superficie italiana)

Fig. 4.3 Variazione del contenuto di carbonio nel suolo in funzione dei residui di coltivazione (radici+parte aerea)

Fig. 4.4 Produttività primaria netta e fertilizzazioni azotate nelle diverse regioni italiane

Fig. 4.5 Variazione del contenuto organico del suolo annuale ed emissioni dirette di protossido dalle superfici agricole italiane relative a coltivazioni a mais, grano duro, vite, soia, girasole

Fig. 4.6 Emissioni annuali di N_2O calcolate per tutta la superficie agricola italiana relativa a seminativi, pascolo, colture arboree per l'anno 2000

Capitolo 6

Fig. 6.1 Accumulo di C in un nuovo soprassuolo forestale gestito per avere effetto di *carbon sink*

Fig. 6.2 Accumulo di C in una nuova piantagione forestale creata per la produzione di legname

Capitolo 7

Fig. 7.1 Quote di uso finale dei consumi nazionali di energia per settore (2008)

Fig. 7.2 Ripartizione regionale, all'ottobre 2007, degli impianti di biogas operativi e/o in corso di realizzazione in Italia (306), ad esclusione degli impianti di recupero del biogas da discarica dei rifiuti urbani

Fig. 7.3 Potenza fotovoltaica installa per settori e per regioni

Fig. 7.4 Costo di produzione del kWh elettrico per fonte energetica

Fig. 7.5 Fabbisogno di occupazione per i diversi impianti a fonti rinnovabili, confronto con impianti a combustibili fossili (numero occupati/100 GWh)

Capitolo 8

Fig. 8.1 Costi e benefici stilizzati dell'adattamento ai cambiamenti climatici.

Bibliografia

AA.VV., 1989 - Paolo Sequi (a cura di) *Chimica del suolo*. Pàtron, Bologna.

AA.VV., 2008. *Programma Quadro per il Settore Forestale PQSF*; MIPAAF, Roma. (Disponibile al sito: www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/416).

AA.VV, 2009. - *Resoconto III incontro del gruppo degli esperti sulla valutazione della politica di sviluppo rurale*. Rete Rurale Nazionale.

AA.VV, 2010a. - *Resoconto V incontro del gruppo degli esperti sulla valutazione della politica di sviluppo rurale*. Rete Rurale Nazionale.

AA.VV., 2010b.- La *discussione sul futuro della PAC: quadro comunitario e interessi dell'Italia* – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali Dipartimento delle politiche europee e internazionali, Istituto Nazionale di Economia Agraria. Roma

AA.VV., 2010c. *Le nuove sfide della PAC e le misure di rilancio dell'economia nei Programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013. Analisi delle scelte dei psr nel quadro del l'Health Check e del Recovery Plan*. – Rete Rurale Nazionale. Roma

AA.VV., 2010d. *The economics of valuing ecosystem services and biodiversity*. In The Economics of Ecosystems and biodiversity: the Ecological and Economic Foundations Edit by Edited By Pushpam Kumar. Ed. Earthscan.

AA.VV., 2011. *Gli accordi volontari per la compensazione della CO_2 in Italia; Indagine conoscitiva per il settore forestale,* a cura di Romano, R., Valentina, G., Quaderno 2, Osservatorio foreste INEA.

AEA Energy & Environment e Universidad de Politécnica de Madrid 2007, *Adaptation to climate change in the agricultural sector,* AEA/ED05334/Issue 1. Report to European Commission Directorate General for Agriculture and Rural Development, Oxford.

Aegerter B.J., Gordon T.R., Davis R.M., 2000.Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and vine decline in California, *Plant Disease,* 84, pp.224-230.

Aguilar I, Misztal I, Tsuruta S., 2009. Genetic components of heat stress for dairy cattle with multiple lactations. *Journal of Dairy Science*, 92(11), pp. 5702-11.

AIRU, Associazione italiana riscaldamento urbano del 2004.

Al Ghamdi A., Hoopingarner R., 2004. Modeling of honey bee and Varroa mite population dynamics. Saudi *J. Biol. Sci*., 11, pp. 21-35.

Alberti G, Delle Vedove G, Zuliani M, Peressotti A, Castaldi S, Zerbi G., 2010. Changes in CO_2 emissions after crop conversion from continuous maize to alfalfa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136, pp.139-147.

Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N., Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E., Shvidenko, A., 2007. *Europe*. In: Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., van der Linden P.J. & Hanson C.E. (Ed): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.

Alexandersson, H., 1996. *Recent changes in the precipitation distribution over western Europe. In European conference on Applied Climatology*, Abstract Volume, 7–10 May. Norrkoping, Sweden; 59–60.

Alston J.M., Pardey P.G., Smith V.H. (a cura di), 1999. "*Paying for agricultural productivity*", John Hopkins University Press 1999.

Alvaro-Fuentes, J., Paustian, K., 2010, Potential soil carbon sequestration in a semiarid Mediterranean agroecosystem under climate change: quantifying management and climate effects. *Plant and Soil*, DOI 10.1007/s11104-010-0304-7.

Amiri et al. 1998. *Durum breeding research to improve dryland productivity in the Mediterranean region*. In: Nachit et al. (ed) SEWANA Durum Research network, ICARDA pp. 103-106.

Amon B., Kryvoruchko V., Amon T., Zechmeister-Boltenstern S. 2006, Methane, nitrous oxide ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 112, pp.153-162.

Ancev T., 2008. All cost considered: Should agriculture be a part of a National ETS? *Farm Policy Journal*, 5(4).

Andersen MN, Asch F, Wu Y, Jensen CR, Næsted H, Mogensen VO, Koch K.E., 2002. Soluble invertase expression is an early target of drought stress during the critical, abortion-sensitive phase of young ovary development in maize. *Plant Physiol*. 130, pp. 591-604.

Andreella M., Biliotti M., Bonella G., Cinquepalmi F., Duprè E., La Posta A., Luchetti D., Pettiti L., Tartaglini N., Vindigni V. 2010. *Strategia Nazionale per la Conservazione della Biodiversità*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma. URL: www.minambiente.it/opencms/export/sites/default/archivio/allegati/biodiversita/Verso_la_strategia/bozza_Strategia_nazionale_marzo_2010.pdf (ultimo accesso: giugno 2010).

Apps M.J., Price D.T.,1996, *Forest management and the Global Carbon Cycle*. ASI Series Vol. I 40, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. p pp. 1-15.

Arakawa K, Katayama M, Takabe T. 1990, Levels of betaine and betaine aldehyde dehydrogenase activity in the green leaves, and etiolated leaves and roots of barley. *Plant Cell Physiol,* 31, pp.797-803.

Armstrong D.V. 1994, Heat Stress Interaction with Shade and Cooling. *Journal of Dairy Science,* 77, pp. 2044-2050.

Asdrubali F., Castaldi S., Costantini Scala A., Miglietta F., Quaratino R., Valentini R., Ventura F, 2008. *Ruolo del settore agro-forestale nella riduzione delle emissioni di gas serra - Rapporto finale del progetto Agricarbon*. A cura di ISMEA.

Aspinall D, Paleg L. 1981*, Proline accumulation: physiological aspects*. In: Paleg LG, Aspinall D, (ed) The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press, New York 205-464.

Avilés M., Castillo S., Bascon J., Zea-Bonilla T, Martín-Sánchez P, Pérez-Jiménez R., 2008, First report of Macrophomina phaseolina causing crown and root rot of strawberry in Spain. *Plant Pathology*, 57, pp.382.

Baldini S., Cavalli R., Piegai F., Spinelli R., Di Fulvio F., Fabiano F., Grigolato S., Laudati G., Magagnotti N., Nati C., Picchio R., 2009. *Prospettive di evoluzione nel settore delle utilizzazioni forestali e dell'approvvigionamento di legname*. In: Atti, Terzo Congresso nazionale di Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Siciliana, Firenze, pp. 717-728.

Baraldi G., 1985. Confronto tra araripuntatura e altre tecniche di lavorazione profonda. *L'informatore agrario* 29, pp. 37-42.

Barbati A., Corona P., Iovino F., Marchetti M., Menguzzato G., Portoghesi L., 2010. The application of the ecosystem approach through sustainable forest management: an Italian case study. *L'Italia Forestale e Montana,* 1, pp. 1-17. DOI: 10.4129/ifm.2010.1.01.

Barbati A., Corona P., Marchetti M., 2007, A forest typology for monitoring sustainable forest management: the case of European Forest Types. *Plant Biosystems*, 141(1), pp. 93-103.

Barnes B.T., Ellis F.B. 1979.Effects of different methods of cultivation and direct drilling and disposal of straw residues on populations of earthworms, *J. Soil Sci.*,30, pp. 669–679.

Bartolini G., Morabito M., Torrigiani T., Petralli M., Cecchi L., Orlandini., S., 2006. *Trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes (1955–2004)*. In Proceedings of the 6th EMS (European Meteorological Society)/6th ECAC (European Conference on Applied Climatology), Ljubljana, 4–8 September.

Bartolini G., Morabito M., Crisci A., Grifoni D., Torrigiani T., Petralli M., Maracchi G., Orlandini S., 2008. Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. *Int. J. Climatol.* 28: 1751-1760, 2008.

Bartolini G., Puglisi A., Cecchi L., Morabito M., Torrigiani T., Petralli M., Orlandini S., 2005. *1955–2004: 50 years of Tuscany (Italy) summer temperature climatic indices*. In Proceedings of the 17th International Congress of Biometeorology, Garmisch, 5–9 September. Annalen der Meteorologie 41, vol 1; 294–397, 2005.

Beauchemin, K.A., McAllister, T.A., McGinn, S.M., 2009. Dietary mitigation of enteric methane from cattle. Perspectives in Agriculture, *Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*. 4(035), pp. 1-18.

Becker, M., Landmann, G., Levy G., 1989. Silver fir decline in the Vosges mountains (France): Role of climate and silviculture. *Water, Air, and Soil Pollution,* 48, pp. 77-86.

Bellocchi, G., Rivington M., Donatelli M., Matthews K., 2010, Validation of biophysical models: issues and methodologies. A review. *Agronomy of Sustainable Development*,30(1), pp. 109-130

Beniston M. Stephenson, DB., 2004. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, 44, pp 1–9, DOI:10.1016/j.gloplacha.2004.06.001.

Berger A. 1986. *Desertification in a changing climate, with a particular attention to the Mediterranean countries*. In R. Fantechi and N.S. Margaris (Ed)Desertification in Europe, Com. Eur. Comm. D. Reidel Pub. Comp, Dordrecht, 15-34.

Bernabucci U., Lacetera N., Baumgard L. H., Rhoads R. P., Ronchi B. Nardone A., 2010,.Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal*, 4, pp. 1167-1183.

Bigler, C. Gricar, J., Bugmann,H. Cufar, K., 2004. Growth patterns as indicators of impending tree death in silver fir. *Forest Ecology and Management*, 199, pp. 183–190.

Blandford D. Josling T. 2009. *Greenhouse Gas Reduction Policies and Agriculture: Implications for Production Incentives and International Trade Disciplines*, ICTSD–IPC Platform on Climate Change, Agriculture and Trade, Issue Brief No.1, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland and International Food & Agricultural Trade Policy Council, Washington DC, USA.

Boadi, D., K.M. Wittenberg McCaughey W.P., 2000. *Effect of energy supplementation on methane production in grazing steers*. Proc. of Forage-Ruminant Workshop, Winnipeg, July 20-21, 2000.

Boadi D., Benchaar C., Chiquette J., Masse D.. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science,* 84(3), pp.319-335.

Bodas R., López S., Fernández, M., García-González, R., Rodríguez, A.B., Wallace R.J. & González J.S. 2008. In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology,* 145, pp. 245-258.

Bolle H.-J. 2003. Climate, climate variability, and impacts in the Mediterranean Area: an overview. In: Mediterranean climate: variability and trends, ed. H.-J. Bolle. pp. 5-86. Berlin: Springer.

Bonfante A, Basile A, De Lorenzi F, Langella G, Terribile F, Menenti M., 2010. *The adaptative capacity of a viticultural area (Valle Telesina, Southern Italy) to climate changes*. VIII International Terroir Congress, June 14th-18th 2010, Soave (VR).

Bovio G., 2007. *Metodo degli effetti riscontrabili per la determinazione del livello di danneggiamento conseguente a incendi forestali*. In Ciancio ed al. Curatori Valutazione Dei Danni Da Incendi Boschivi. AISF CFS, pp.85-95.

Bouwman, A., 2001. *Global Estimates of Gaseous Emissions from Agricultural Land*. FAO, Rome, 106 pp.

Bouwman A. F., Boumans L.J.M., Batjes N. H., 2002a. Emissions of N_2O and NO from fertilized fields: Summary of available measurement data. *Global Biogeochemical Cycles* 16(4), 1058, doi:10.1029/2001GB001811.

Bouwman A. F., Boumans L.J.M., Batjes N. H., 2002b. Modeling global annual N2O and NO emissions from fertilized fields. *Global Biogeochemical Cycles* 16(4), 1080.

Boyd, R. e Hunt, A., 2006.*Climate Change Cost Assessments using the UKCIP Costing Methodology*. July 2006. Report per Stern Review, Regno Unito.

Bregaglio, S., Donatelli M., Confalonieri R., Acutis M., Orlandini, S. (in stampa). An integrated evaluation of thirteen modelling solutions for the generation of hourly values of air relative humidity. *Theoretical and Applied Climatology*.

Brodowski, S., Amelung, W., Haumaier, L., and Zech, W. 2007. Black carbon contribution to stable humus in German arable soils, *Geoderma*, 139(1–2), pp. 220–228.

Brunetti M., Maugeri M., Nanni T., 2000. Variations of temperature and precipitation in Italy from 1866–1995. *Theoretical and Applied Climatology,* 65, pp. 165–174.

Brunetti M., Buffoni L., Maugeri M., Nanni T., 2000b. Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865–1996. *Theoretical and Applied Climatology,* 66, pp. 49–60.

Brunetti M., Maugeri M., Nanni T., 2002. Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years. *International Journal of Climatology*, 22,pp. 1455–1471.

Brunetti, M., Maugeri, M., Monti, F. Nanni T., 2004. Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *J. Geophys. Res*., 109 2004 D05102, doi: 10.1029/2003JD004296.

Brunetti M., Maugeri M., Monti F., Nanni T., 2006. Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol*. 26: 345–381, 2006.

Buffoni L., Maugeri M. Nanni, T., 1999. Precipitation in Italy from 1833–1996. *Theoretical and Applied Climatology*, 63,pp. 33–40.

Buffoni L., Maugeri M., Nanni T., 1999. Precipitation in Italy from 1833–1996. *Theoretical and Applied Climatology,* 63, pp. 33–40.

Bunn Andrew G., Lisa J. Graumlich Dean L. Urban, 2005. Trends in twentieth-century tree growth at high elevations in the Sierra Nevada and White Mountains, USA. *Holocene* 15, pp. 481-488.

Caffarra A., Eccel E., 2011. Projecting the impacts of climate change on the phenology of grapevine in a mountain area. *Australian Journal of Grape and Wine Research,* 17(1), pp. 52–61.

Cairns J., McCormick P.V., Niederlehner B.R., 1993. A proposed framework for developing indicators of ecosystem health. *Hydrobiologia,* 263, pp. 1–44.

Calatrava J., Garrido A. 2005. Modelling water markets under uncertain water supply, European Review of Agricultural Economics, Vol. 32(2), pp. 119-142.

Cannel M.G.R., 1982. *World Forest Biomass and Primary P'roduction Data.* Academic Press, London- New York..

Capor, K., Ambrosi, P., 2006. *State and trends of the carbon market 2006, World* Bank and International Emissions Trading Association, Washington, Stati Uniti.

Carter M.R., Steed G.R. 1992. The effects of direct-drilling and stubble retention on hydraulic properties at the surface of duplex soils in North-Eastern Victoria, *Aust. J. Soil Res.,* 30, pp. 505–516.

Ceccarelli S, Acevedo E, Grando S. 1991. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes. *Euphytica,* 56, pp.169-185.

CEDEX-Centro de Estudios y Experimentacion de Obras Publicas, 2000. *Continental Waters in the Mediterranean Countries of the European Union*, Spanish Ministry of the Environment. Accessed May 2008, available at http://hispagua.cedex.es.

Cesaro L., 2009. *Le produzioni forestali*, in: Annuario dell'agricoltura italiana, INEA, Volume LXII, 2008.

Cesaro L., Romano, R., 2010. *Le produzioni forestali*, in Annuario dell'agricoltura italiana INEA. Volume LXIII, 2009.

Cesaro L., 2010. I cambiamenti in itinere dei programmi di sviluppo rurale per contrastare i cambiamenti climatici, *Agriregionieuropa*, Anno 6, N. 21, Giugno 2010, pp. 31-34.

Chapin, F. S. et al, 2006. Reconciling carbon-cycle concepts, terminology, and methods. Ecosystems, 9, 1041–1050.

Christensen, B., Montgomery, J.M., Fawcett, R.S., Tierney, D. 1995. *Best Management Practices for Water Quality*, Conservation Technology Center, West Lafayette, IN, USA, 17 1–3.

Christensen, J.H., Christensen, O.B. 2002, Severe summertime flooding in Europe, *Nature* 421, pp. 805-806.

Ciais P., Reichstein M., Viovy N., Granier A., Ogée J., Allard V., Aubinet M., Buchmann N., Bernhofer C., Carrara A., Chevallier F., De Noblet N., Friend A. D., Friedlingstein P., Grünwald T., Heinesch B., Keronen P., Knohl A., Krinner G., Loustau D., Manca G., Matteucci G., Miglietta F.,. Ourcival J. M., Papale D., Pilegaard K., Rambal S., Seufert G., Soussana J. F., Sanz M. J., Schulze E. D., Vesala T., Valentini R.,2005. Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature* 437, pp. 529-533.

Ciais P; Wattenbach M; Vuichard N; Smith P; Piao SL; Don A; Luyssaert S; Janssens IA; Bondeau A; Dechow R; Leip A; Smith P; Beer C; van der Werf G; Gervois S; Van Oost K; Tomelleri E; Freibauer A; Schulze ED; Team CS. 2010. The European carbon balance. Part 2: croplands. Global Change Biology 16, pp.1409-1428.

Ciancio O., 2009. *Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani*. Volume 2 Accademia Italiana di Scienze Forestali Firenze. ISBN 978-88-87553-16-1.

Ciccarese L. 2009. *Foreste e politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici: quali opportunità di mercato per i proprietari forestali?* In: Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la e la conservazione dei boschi italiani. 16-19 ottobre 2008, Taormina, Messina.

Ciccarese L. 2011. *Il calcolo della CO_2 emessa e fissata*, In:Gli Accordi Volontari Per La Compensazione Della CO_2, Indagine conoscitiva per il settore forestale in Italia; a cura di R. Romano e V.Giulietti, Quaderno 2, Osservatorio Foreste INEA, Roma.

Ciccarese L., Brown S., Schlamadinger B., 2005. *Carbon sequestration through restoration of temperate and boreal forests*. Chapter 7: 111-120. In: John Stunturf e Palle Madsen (ed). Restoration of temperate and boreal forests. CRC Press/Lewis Publishers. CRC Press. Boca Raton, USA. 569 p. ISBN 1-56670-635-1.

Ciccarese L., Pettenella, D. 2008. Compensazione delle emissioni di gas-serra. Gli investimenti forestali di carattere volontario. *Sherwood*, 14 (8), pp. 5-9.

Ciccarese L., Pettenella D., 2009. Il settore primario e la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra. *Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi*, 15 (8).

Ciccarese L., Pettenella D., 2010, Agricoltura, selvicoltura e cambiamenti climatici. *Agriregionieuropa*, Anno 6, N. 21, Giugno 2010, pp. 1-8.

Clark, H., Pinares-Patiño, C.S., de Klein, C.A.M., 2005. *Methane and nitrous oxide emissions from grazed grasslands*. In: McGilloway, D.A. (Ed.), Grassland: A Global Resource. Wageningen Academic, Wageningen, The Netherlands, pp. 279–293.

Clarke HJ, Siddique KHM. 2004a. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development. *Field Crops Research*, 90, pp.323-334.

Clarke HJ, Khan TN, Siddique KHM. 2004b. Pollen selection for chilling tolerance at hybridisation leads to improved chickpea cultivars. *Euphytica* 139:65-74.

Clausen, J.C., Jokela, W.E., Potter, F.I., Williams, J.W. 1996. Paired watershed comparison of tillage effects on runoff, sediment, and pesticide losses, J. Environ. Qual. 25, 1000–1007.

Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P. and Amon, B., 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 112, pp. 171-177.

Cochran, V.L., Sparrow, S.D., Sparrow, E.B. 1994. *Residue effects on soil micro- and macroorganisms*. In: Unger, P.W. (Ed.), Managing Agricultural Residues. CRC Press, Boca Raton, FL, 163–184.

Cocks, K.D. 1968. Discrete Stochastic Programming, Management Science, *Theory Series*, 15, 72-79.

Cohen, R.D.H., Sykes, C.D., Wheaton, E.E. and Stevens, J.P. 2002. *Evaluation of the effects of climate change on forage and livestock production and assessment of adaptation strategies on the Canadian prairies*. Report submitted to the Prairie Adaptation Research Collaborative-PARC. disponibile al link: http://www.parc.ca/research_pub_agriculture.htm.

Collier, R. J., Dahl, G. E., and VanBaale, M. J., 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science,* 89, pp. 1244–1253.

Commissione Europea 2005. Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato Delle Regioni, *Vincere la battaglia contro i cambiamenti climatici*, COM(2005)35 def.

Commissione Europea 2007. Libro Verde della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato Delle Regioni. *L'adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – quali possibilità di intervento per l'UE*. COM(2007) 354 definitivo, Bruxelles.

Commissione Europea 2009a. *Libro Bianco. L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo*. COM(2009) 147 definitivo, Bruxelles.

Commissione Europea 2009b. *Le problematiche dell'adattamento dell'agricoltura e delle zone rurali europee ai cambiamenti climatici*. Documento di lavoro dei servizi della commissione che accompagna il libro bianco. L'adattamento ai cambiamenti climatici: verso un quadro di azione europeo. SEC(2009) 417, Bruxelles.

Commissione Europea, 2010a, *La PAC verso il 2020: rispondere alle future sfide dell'alimentazione, delle risorse naturali e del territorio*. COM(2010) 672 definitivo, Bruxelles.

Commissione Europea 2010b, *Libro verde*. *La protezione e l'informazione sulle foreste nell UE: preparare le foreste al cambiamento climatico,* COM(2010) 66, Bruxelles.

Cóndor R.D. 2011, *Agricoltura: Emissioni nazionali in atmosfera dal 1990 al 2009*. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA). Rapporto tecnico 140/2011. Roma, Italia

Cóndor R.D., De Lauretis R, 2007, *Agriculture air emission inventory in Italy: synergies among conventions and directives*. In: *Ammonia Conference abstract book*. Ed. G.J. Monteny, E. Hartung, M. van den Top, D. Starmans. Wageningen Academic Publishers. 19-21 March 2007, Ede - The Netherlands.

Cóndor R.D., De Lauretis R, 2009, I *gas serra prodotti dall'agricoltura*. L'Informatore Agrario 34/2009.

Cóndor R.D., Di Cristofaro E., De Lauretis R., 2008, *Agricoltura: inventario nazionale delle emissioni e disaggregazione provinciale*. Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA). Rapporto tecnico 85/2008. Roma, Italia.

Cóndor R.D, Vitullo M., 2010, Emissioni di gas serra dall'agricoltura, selvicoltura ed altri usi del suolo in Italia, *Agriregionieuropa*, Anno 6 n.21, giugno 2010.

Confalonieri, R., Bellocchi G., Donatelli M. 2010. A software component to compute agro-meteorological indicators, *Environmental Modelling & Software*, 25, pp. 1485-1486

Confalonieri, R., Donatelli M., Acutis M., Bellocchi G., Lazar C., Fanchini D., Baruth, B.; Tubiello F. 2009. *Simulating crop damages due to abiotic events: case studies using the AbioticDamage model library*.18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand and International Association for Mathematics and Computers in Simulation July 2009, pp. 2377-2383.

Conservation Technology Information Center. 1998. *National crop residue management survey*. CTIC, West Lafayette, IN.

Cook, E.R., Glitzenstein, J.S., Krusic, P.J. Harcombe, P.A., 2001. Identifying functional groups of trees in West Gulf coast forests (USA): A tree-ring approach. *Ecological Applications*, 11 (3), pp. 883–903.

Cooper PJM, Gregory PJ. 1987. Soil water management in the rain-fed farming systems of the Mediterranean region. *Soil Use Manage,* 3, pp. 57–62.

Cooper T., Hart K., Baldock D. 2009. *The provision of public goods through agriculture in European Union*, Report prepared for DG Agriculture and rural development, Institute for European Environmental Policy, Londra, Regno Unito.

Coppola E., Giorgi F.. 2009. An assessment of temperature and precipitation change projections over Italy from recent global and regional climate model simulations. International Journal of Climatology

Corona P., Barbati A., 2010. *Orizzonti operativi della pianificazione e della gestione forestale a supporto delle politiche sui cambiamenti climatici*. In: Sanesi G., Mairota P. (a cura di) Foreste e ciclo del carbonio in Italia: come mitigare il cambiamento climatico, Fondazione Gas Natural, pp. 147-162.

Corona P., Berti S., 2010. Selvicoltura: produzioni forestali, certificazione e filiera legno. *L'Italia Forestale e Montana,* 2, pp. 149-155. DOI: 10.4129/ifm.2010.2.07.

Corona P., Ferrara A., La Marca O., 1997. Sustainable management of forests for atmospheric CO_2 depletion: the Italian case. *Journal of Sustainable Forestry* 3/4: 81-91.

Corsi S. 2011. Soil Organic Carbon accumulation in Conservation Agriculture: A review of evidence. Paper to be published in the FAO-AGP Integrated Crop management series, Rome, 2011

Costantini E.A.C., L'Abate G., 2007. Soils of Italy: Status, problems and solution. In: Zdruli P. and Trisorio Liuzzi G. Ed. 2007. *Status of Mediterranean Soil Resources: Actions Needed to Support their Sustainable Use*. Mediterranean Conference proceedings, Tunis, Tunisia, 26-31 May 2007. MEDCOASTLAND publication 6. IAM Bari, Italy, 165-186.

CRB, 2007. Documento propedeutico alla redazione del Piano Nazionale Biocarburanti e Biomasse agroforestali per usi energetici.

Crews Jr. D. H., Pendley C. T., Carstens G.E., Mendes E. D. M. 2010. Genetic characterization of feed intake and utilization in performance tested beef bulls. *Journal of Animal Science,* 88, E-Suppl. 2, 184.

CRPA, 2006. *Technical report on the framework of the MeditAIRaneo project for the Agriculture sector*, Progetto MeditAIRaneo: settore Agricoltura. Relazione finale., CRPA, Reggio Emilia.

Cubasch U, Waskewitz J, Hegerl G, Perlwitz J 1995. Regional climate changes as simulated in time-slice experiments. *Clim Change,* 31, pp. 273–304.

Cutler A. 2005. Understanding Abscisic Acid. *J Plant Growth Regul,* 24, pp. 251-252.

D'Aprile, F., 1994. *Indagine Preliminare per lo Studio su Basi Ecologico-Selvicolturali dei Boschi del Comune di Cavriglia (AR)*. Tesi di laurea, Università di Firenze, A.A. 1993-1994, pp. 730.

D'Aprile, F., 1997. Gestione multifunzionale delle foreste e tecniche pianificatorie. *Linea Ecologica*, 4, pp. 5-9..

D'Aprile, F., 1998a. *Forest Planning Based on Ecologic Parameters of the Forest: the Ecological Normality*. In Proceedings of the International Conference Indicators for Sustainable Forest Management. IUFRO, F.A.O., CIFOR. Melbourne, 1998.

D'Aprile, F., 1998b. *Pianificazione forestale su base ecologico-selvicolturale: la "Norma Ecologica"*. In Atti del Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura per la Conservazione ed il Miglioramento dei Boschi Italiani, pp.67-80. Venezia, 24-27 Giugno 1998.

D'Aprile, F., 2003a. Major communication and transport works: Impact evaluation on water resources - Grandi opere di comunicazione e trasporto: La valutazione d'impatto sulle risorse idriche. *Bollettino della Comunità Scientifica in Australia*. Ambasciata d'Italia in Australia. Settembre, 2003.

D'Aprile, F., 2003b. *Silvicultural Techniques and Forest Planning Methods Based on Dynamics of the Forest Structure in Middle Italy*. In Proceedings of the International Transdisciplinary Conference on Decision Support for Multipurpose Forestry. IUFRO, University of Natural Resources and Applied Life Sciences of Vienna, U.S. Forest Service. April, 23-25, 2003, Vienna.

D'Aprile, F., 2007. *Impacts on forest resources caused by the 'High Speed'; train line in Tuscany (Italy)*. In Proceedings of the IUFRO European Congress Forests and Forestry in the Context of Rural Development, poster session. IUFRO, Warsaw Agricultural University. Sept 6-8, 2007, Warsaw.

D'Aprile F., Tapper N., Baker P. Bartolozzi L., 2008. *Risposte di accrescimento radiale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Toscana ed influenza del clima: prime emergenze*. In Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Vol. I, 541-546. Taormina Messina, 16-19 Ottobre 2008.

D'Aprile F., Tapper N., Baker P., Bartolozzi L., 2009a. *Climate Influence and Radial Growth of Silver Fir (Abies alba Mill.) in Tuscany: First Results*. Geophysical Research Abstracts. Program CL8: Regional Climate Modelling and Impacts. European Geosciences Union EGU. General Assembly, Vienna, April, 19-24.

D'Aprile F., Tapper N., Baker P. Bartolozzi L., 2009b. *Risposte di accrescimento radiale dell'abete bianco (Abies alba Mill.) in Toscana ed influenza del clima: prime emergenze*. In Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Vol. I, 541-546. Taormina Messina, A.I.S.F., 2009.

D'Aprile F., Tapper N., Baker P. Bartolozzi L., 2010. Variability in trends of monthly mean temperature amongst sites in theTuscan Apennine Alps. *Geophysical Research Abstracts*, 12, EGU2010-5681-3, 2010. European Geoscience Union (EGU) General Assembly 2010, Vienna.

D'Arrigo R., Wilson R., Liepert B., Cherubini P., 2007. On the "Divergence Problem" in Northern Forests: A review of the tree-ring evidence and possible causes. *Global and Planetary Change*, 60, pp. 289-305.

Dal Monte G., Alilla R., Cola G., Epifani C., Mariani L., 2010: *Phenology in Italy*. Proceedings of "Phenology 2010", Dublin, Ireland, 14-18/6/2010.

De Angelis P., Scarascia Mugnozza G., 1995. Cambiamenti ambientali a scala globale: il ruolo degli ecosistemi forestali. *L'Italia Forestale e montana* 5, pp 457-480.

de Moraes Sà JCM, Séguy L, Gozé E, Bouzinac S, Husson O, Boulakia S, Tivet F, Forest F, Burkner dos Santos J Carbon sequestration rates in no-tillage soils under intensive cropping systems in tropical agroecozones. Conservation Agriculture Carbon Offset Consultation, 2008 October 28-30, West Lafayette, Indiana, USA.

DeRamus H.A., T.C. Clement, D.D. Giampola, and Dickison P.C., 2003. Methane emissions of beef cattle on forages: Efficiency of grazing management systems. *J. Env. Qual.,* 32, pp. 269–277.

De Sanctis G., Donatelli M., Orsini R., Toderi M., Roggero P.P., 2008. Impact of different climate change scenarios on rainfed cropping systems in Central Italy, Ital. *J. of Agrometeorol*., 1 sup (2008), ISNN 1834-8705, pp 38-45.

Dechow C.D., Vallimont J., Dekleva M. D., Daubert J. M., Blüm J. W., 2010. Genetic correlations of gross feed efficiency with yield, body weight, body condition score, and energy balance in dairy cattle. *Journal of Animal Science, Vol.* 88, E-Suppl. 2, 184.

Dell'Unto D., Bergonzoli S., Servadio P. 2010. Con l'orticoltura di precisione più qualità contenendo i costi. Una tecnica colturale adattabile alle diverse situazioni italiane. *L'Informatore Agrario,* 28.

Della Casa G., Bergonzini E., Fabbri R.,Rosi M.A. 1985. Confronto tra mais, orzo e frumento nella formulazione dei mangimi "monocereale" per l'ingrasso del suino pesante. *Ann.Ist.Sper.Zootec.,*18, (2), pp. 125-137.

Delogu G., Stanca A.M., Lendini M., Dettori M., De Vita P., Di Fonzo N., Stringi L., Giambalvo D. Odoardi M., 2001. Qualità del trinicato integrale di orzo e criticale. *L'informatore Agrario*, 36, pp. 32-34.

Dettori S., Marone E., Portoghesi L., 2009. *Filiera delle produzioni forestali non legnose: produzione e raccolta tra sostenibilità e tracciabilità*. In: Atti, Terzo Congresso nazionale di Selvicoltura. Accademia Italiana di Scienze Forestali, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare, Regione Siciliana, Firenze, pp. 742-751.

Diaz-Zorita M. 1999 Effects of 6 years of tillage on a Hapludoll from northwest Buenos Aires, Argentina, *Ciencia del Suelo* 17, pp. 31-36.

Dick W.A., Durlaski J.T. 1997. *No-tillage production agricolture and carbon sequestration in a tipyc Fragiudalf soil of Northeastern Ohio*, in: Lal R., Kimble J., Follett R.F., Stewart B.A. Ed., Management of carbon sequestration in soil, Advances in soil science, CRC Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 59-71.

Dobbertin M., 2005. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. *Eur. J. Forest Res*. 124, pp. 319–333.

Domonkos P., Tar K., 2003. Long-term changes in observed temperature and precipitation series 1901–1998 from Hungary and their relations to larger scale changes. *Theoretical and Applied Climatology,* 75, pp. 131–147.

Donatelli M., Russell G., Rizzoli A., et al. 2010. *A component based framework for simulating Agricultural production and externalities*. In: Environmental and Agricultural Modelling, F.M.Brower and M. Van Ittersum Ed., Intergated Approaches for Policy Impact Assessment, Springer, Science+Business media, 63-108.

Dono G., Fais A., Marongiu S., Nino P., Severini S., 2006. *Le interazioni tecnico-economiche nei modelli di gestione delle risorse idriche in agricoltura: il progetto MONIDRI,* in Atti del Convegno SIDEA 2005: "Biodiversità e tipicità. Paradigmi economici e strategie competitive", Pisa.

Dono G., Fais A., Nino P., Severini S., Bazzoffi P., Napoli R., Giannerini G., Turchi A., Giovacchini A., Minelli U., Perini L., 2005. *MONIDRI - A participatory integrated Decision Support System for water use management in agriculture at river basin level* - Proceedings of Venice 2004 IFAC Workshop: Modelling and Control for Participatory Planning and Managing Water Systems, Venice, 29 September - 1 October 2004.

Dono, G., Marongiu, S., Severini, S., Sistu, G., Strazzera, E. 2008*, Studio sulla gestione sostenibile delle risorse idriche: analisi dei modelli di consumo per usi irrigui e civili*, ENEA, Collana Desertificazione - Progetto RIADE.

Dono, G., Mazzapicchio, G. 2009. L'impatto economico dei Cambiamenti Climatici: la variabilità della disponibilità di acqua per l'irrigazione, *Economia e Diritto Agroalimentare*, 1/XIV.

Dono, G., Mazzapicchio, G. 2010. Effetti della Riforma Fischler e influenze dei Cambiamenti Climatici sull'attività di irrigazione in un'area del Mediterraneo, *Rivista di Economia Agraria*, LXV, n°1, marzo 2010.

Dono, G., Mazzapicchio, G. 2010. Uncertain water supply in an irrigated Mediterranean area: an analysis of the possible economic impact of climate change on the farm sector, *Agricultural Systems,* 103, pp. 361-370.

Doran J.W., Parkin T.B., 1994. *Defining and assessing soil quality*. In: Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart, B.A. (Ed.). Defining soil quality for a sustainable environment SSSA special publication No. 35, Soil Sci. Soc. Amer., Amer. Soc. Agron, Madison, WI: 3–21.

Douguédroit, A. et De Saintignon, M.F., 1970. Méthode d'étude de la décroissance des temperatures en montagne de latitude moyenne: Exemple des Alpes françaises du Sud. *Rev. Geog. Alp.* 583: 453-472.

Douguédroit, A. et De Saintignon, M.F., 1974. A propos du Alpes françaises du Sud. Un nouveau mode de représentation des temperatures moyenne en montagne: l'orothermogramme. *Rev. Geog. Alp.* 6(22), pp. 205-207.

Easterling D.R., Evans J.L., Groisman P.Y.A., Karl T.R., Kunkel K.E. Ambenje P., 2000. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81,pp. 417–425.

Ecofys, 2006. The Gold Standard: Voluntary emission reductions VERs. Manual for Project Developers, Version 5. *Ecofys*. Disponibile al sito: www.cdmgoldstandard.org (consultato il 29 gennaio 2009).

Edwards, C.A., Lofty, J.R. 1982. The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations, *J. Appl. Ecol*., 19, pp. 723–734.

EEA-European Environment Agency, 2008. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2008: Tracking progress towards Kyoto targets*. Copenhagen: European Environment Agency. EEA Report 5/2008, 182 pp .

EEA-European Environment Agency, 2009. *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009: Tracking progress towards Kyoto targets*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. EEA Report 9/2009.

European Environment Agency –EEA (2011), *Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2009 and inventory report 2011 Submission to the UNFCCC Secretariat.* Technical report 2/2011.

Ehleringer J.R., Field C.B., 1993. *Scaling physiological processes: from leaf to globe.* Academic Press, San Diego, pp. 1-388.

Ekwue E.T. 1992. Quantification of the effect of peat on soil detachment by rainfall, *Soil Till. Res*. 23 (1-2), 141-151.

ENEA e Ministero dello Sviluppo Economico, 2009. Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS". Roma.

ENEA, 2008. Rapporto Energia ambiente

Esposito S., 2009. *Sviluppo di un sistema di allerta con previsioni dell'indice di stress termo-igrometrico per gli animali di allevamento*. Relazione conclusiva progetto CLIMANIMAL, Viterbo June 30, 2009.

Esposito S., Epifani C., Serra M.C. a cura di, 2006. *Climagri: Cambiamenti Climatici e Agricoltura – Risultati conclusivi.* CRA-UCEA Roma, ottobre 2006, ISBN 88-901472-6-1.

Estrella N., Sparks T.H. Menzel A., 2007: Trends and temperature response in the phenology of crops in Germany. *Glob. Change Biol*., doi:10.1111/j.1365- 2486.2007.01374.x.

Evans R. 1996. *Soil Erosion and its Impacts in England and Wales*, Friends of the Earth, London, 121 pp.

Faggian P. and Giorgi, F. 2009. An Analysis of Global Model Projections Over Italy, With Particular Attention to the Italian Greater Alpine Region-GAR, *Climatic Change,* 96, pp. 239-258.

Fairbairn S.L., Patience J.F., Classen H.L., Zijlstra R.T. 1999. The energy content of barley fed to growing pigs: characterizing the nature of its variability and developing prediction equations for its estimation. *Journal of Animal Science,* 77, 1502-1512.

Falcucci A, Maiorano L, Boitani L., 2007. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. *Landsc. Ecol*., 22, 617-631.

FAO-Food and Agriculture Organization 2010a, *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector. A Life Cycle Assessment*, FAO, Roma.

FAO-Food and Agriculture Organization 2010b. *Climate-Smart agriculture. Policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation*, FAO, Roma.

Fawcett R.S., 1995. *Agricultural tillage systems: impacts on nutrient and pesticide runoff and leaching. In: Farming For a Better Environment: A White Paper*, Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, pp. 67.

Federici S., Vitullo M., Tulipano S., De Lauretis R., Seufert G., 2008, "An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UNFCCC: the Italian case". iForest 1, pp. 86-95.

Fereres E, Orgaz F, Villalobos FJ.,1998. *Crop productivity in water-limited environments*. In: Proceedings of the Fifth ESA Congress, Nitra, The Slovak Republic. pp 317–318.

Fischer, G., Shah, M., Tubiello, F.N., van Velthuizen, H., 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080. Phil. Trans. R. Soc. B, 360: 2067-2083.

Foolad MR, Subbiah P, Kramer C, Hargrave G, Lin G.Y., 2003. Genetic relationships among cold, salt and drought tolerance during seed germination in an interspecific cross of tomato. Euphytica 130:199-206.

Founda D., Papadopolous K.H., Petrakis M., Giannakopolous C. Good P., 2004. Analysis of mean, maximum, minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events. *Global and Planetary Change,* 44, pp. 27–38.

Fox G.P., Bowman J., Kelly A., Inkerman A., Poulsen D., Henry R., 2008. Assessing for genetic and environmental effects on ruminant feed quality in barley Hordeum vulgare. Euphytica 163:249-257.

Francia E., Pecchioni N., Li Destri Nicosia O., Poletta G., Taibi L., Franco V., Odoardi M., Stanca A.M., Delogu G., 2006. Dual-purpose barley and oats in a Mediterranean environment. *Field Crop Research*, 99, pp. 158-166.

Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., Verhagen, J. 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. Geoderma 122, 1-23.

Gardi C e Sconosciuto F 2007 Evaluation of carbon stock variation in Northern Italian soils over the last 70 years Sustainability Science 2, pp. 237-243.

Garcia-Torres L., Benites J., Martinez-Vilela A., Holgado-Cabrera A.. 2003. *Conservation agriculture: environment, farmers experiences, innovations, socio-economy, policy*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.

Garnsworthy P.. 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. *Animal Feed Science and Technology,* 112, pp. 211-223Gebhart D.L., Johnson H.S., Mayeux H., Polley W., 1994. The CPR increase soil carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49, pp. 488-492.

Gentilesca T., Todaro L., 2008. Crescita radiale e risposte climatiche dell'abete bianco Abies alba Mill. in Basilicata. *Forest@*, 5, pp. 47-56 .

Geri F., Amici V., Rocchini D., 2010. Human activity impact on the heterogeneity of a Mediterranean landscape. *Applied Geography*, 30, pp. 370-379.

Gervois, S., P. Ciais, N. de Noblet-Ducoudre´, N. Brisson, N. Vuichard, and N. Viovy. 2008. Carbon and water balance of European croplands throughout the 20th century, *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB2022,doi:10.1029/2007GB003018

Giannakopoulos C., Le Sager,P., Bindi,M., Moriondo M., Kostopoulou,E., Goodess,C.M., 2009. Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Chang*e. 68, pp. 209-224.

Giardini L., 1989. *Agronomia generale*. Patron Editore, Bologna.

Giavante S., Quaresima S., Di Giuseppe E., Esposito S., Beltrano M.C., 2009. Discontinuità di serie storiche termo pluviometriche italiane nel periodo 1961-2007. *Italian Journal of Agrometeorology*, 14, 2 giugno 2009, pp. 40-41.

Gioia, M. 2003. *Un modello di Programmazione Stocastica per l'uso dell'acqua di irrigazione nell'area del Consorzio di Bonifica del Campidano di Oristano*, Ph.D. Thesis.

Giordano E., Scarascia Mugnozza G., 2009. *Formazioni forestali potenzialmente vulnerabili ai cambiamenti climatici e strategie di adattamento*. ATTI del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. ISBN 978-88-87553-16-1

Giorgi, F., 2006. Climate change hot-spots. *Geophys*. Res. Lett., 33, L08707, doi: 10.1029/2006GL025734.

Giorgi F, Mearns LO 2002. Calculation of average, uncertainty range, and reliability of regional-climate change from AOGCM simulation via the reliability ensemble averaging (REA) method. *J Clim* 15, pp. 1141–1158.

Giupponi C., Ramanzin M., Sturaro E., Fuser S., 2006. Climate and land use changes, biodiversity and agri-environmental measures in the Belluno province, Italy. *Environ. Sci. Policy* 9, pp. 163-173.

Giupponi, C., Shechter, M. 2003. *Climate Change in the Mediterranean. Socio-economic Perspectives of Impacts, Vulnerability and Adaptation*, Edward Elgar Publishing.

Global Donor Platform for Rural Development, 2010. *Agriculture and Climate Change Beyond Copenhagen*. Platform Issue Paper No.9, Aprile2010.

Graham H, Fadel J.G., Newman C.W., Newman R.K. 1989. Effect of pelleting and beta-glucanase supplementation on the ileal and fecal digestubility of a barley-based diet in the pig. *Journal of Animal Science,* 1989, 67, pp. 1293-1298.

Grainger C., T. Clarke K.A. Beauchemin S.M. McGinn Eckard R.J., 2008. Effect of whole cottonseed supplementation on energy and nitrogen partitioning and rumen function in dairy cattle on a forage and cereal grain diet. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48, pp. 860-865.

Graumlich L. 1991. Subalpine tree growth, climate and increasing CO_2: an assessment of recent growth trends. *Ecology* 72, pp. 1-11.

Graumlich L.J., Brubaker L.B., Grier C.C., 1989. Long-term trends in forest net primary productivity. Cascade Mountains, Washington. *Ecology* 70, pp. 405-410.

Gregory PJ., 2006. *Food Production under Poor, Adverse Climatic Conditions*. In Proc. IX ESA Congress 4-7 September 2006, Warsaw, Poland, 19 pp.

Grove A.V., Hepton J., Hunt C.W. 2003. Chemical composition and ruminal fermentability of barley grain, hulls, an straw as affected by planting date, irrigation level and variety. The *Professional Animal Scientist,* 19, pp. 273-280.

GSE rapporto 31 Dic 2009.

Gualdi, S. et Navarra, A., 2005. Scenari climatici nel bacino mediterraneo. *Forest@* 2 (1), pp. 19-30.

Hamilton K., Sjardin M., Marcello T., Shapiro A., 2009. *Fortifying the foundation: State of the voluntary carbon markets*, 2009.

Hansen P. J., Aréchiga C. F., 1999. Strategies for managing reproduction in the heat-stressed dairy cow. *Journal of Animal Science,* 77, pp. 36-50.

Harper D. 1992. *Eutrophication of fresh waters*. Chapman & Hall, Saffolk, 327 pp.

Harrod T.R. 1994. Runoff, soil erosion and pesticide pollution in Cornwall. In: Rickson, R.J. Ed., Conserving Soil Resources. CABI, Oxford, UK, pp. 105–115.

Hegarty R.S., Goopy J.P., Herd R.M., McCorkell B., 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science,* 85, pp. 1479–1486.

Hewitson BC, Crane RG 1996. Climate downscaling: techniques and application. *Clim Res,* 7 pp. 85–95

Hijmans R.J., Cameron S.E. J.L. Parra Jones P.G. Jarvis A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, pp. 1965-1978.

Hindrichsen I.K., Wettstein H.R., Machmuller A. Kreuzer M., 2006. Methane emission, nutrient degradation and nitrogen turnover in dairy cows and their slurry of different milk production scenarios with and without concentrate supplementation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113, pp. 150-161.

Holland J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence, *Agriculture*, *Ecosystems and Environment,* 103, pp. 1-25.

Horton, E,B,, Folland, C.K. Parker, D.E., 2001. The changing incidence of extremes in worldwide and central England temperatures to the end of the twentieth century. *Climatic change*, 50, pp. 267–295.

House G.J., Parmelee R.W. 1985. Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems, *Soil Till. Res*. 5, pp. 351–360.

Huang L, Ye Z, Bell RW, Dell B. 2005. Boron nutrition and chilling tolerance of warm climate crop species. *Annals of Botany*, 96, pp. 755-767.

Huggins, D.R., G.A. Buyanovsky, G.H. Wagner, J.R. Brown, R.G. Darmody, T.R. Peck, G.W. Lesoing, M.B. Vanotti, L.G. Bundy. 1998. Soil organic C in the tallgrass pairie-derived region of the corn belt: effect of long-term crop management. *Soil and Tillage Research,* 47, pp. 219-234.

Hulme, M., Osborn T.J. Johns T.C., 1998. Precipitation sensitivity to global warming: Comparison of observations with HadCM2 simulations. *Geophys. Res. Lett*., 25, pp. 3379-3382.

Hurrell J., . van Loon W. H, 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Clim. Change*, 36, pp. 301-326.

Ibarra-Caballero J., Villanueva-Verdugo C., Molina-Galan J., Sanchez-de-Jimenez E., 1988. Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: a tissue differentiation requirement. *J Exp Bot*, 39, pp. 889-97.

Idowu J.O., Van Es H.M., Abawi G.S., Wolfe D.W., Ball I.J., Gugino B.K., Moebius B.N., Schindelbeck R.R., Bilgili A.V., 2008. Farmer-oriented assessment of soil quality using field, laboratory, and VNIR spectroscopy methods. *Plant Soil*, pp. 307:243–253.

IEA, 2009. World Energy Outlook

Ieep-Institute For European Environmental Policy 2007. *Evaluation Of The Environmental Impacts Of Cap (Common Agricultural Policy). Measures Related To The Beef And Veal Sector And The Milk Sector*, Deliverable Prepared For Dg Agriculture.

Iglesias E., Garrido A., Gomez-Ramos A. 2007. Economic drought management index to evaluate water institutions' performance under uncertainty, *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, n.51, pp. 17-38.

Imaz M.J., Virto I., Bescansa P., Enrique A., Fernandez-Ugalde O., Karlen D.L., 2010. Soil quality indicator response to tillage and residue management on semi-arid Mediterranean cropland. Soil *and Tillage Research,* 107, pp. 17-25.

INEA-Istituto Nazionale di Economia Agraria,–2009. *Annuario dell'agricoltura italiana* 2008, INEA, Roma.

Ingraham R. H., Stanley R. W., Wagner W. C., 1979. Seasonal effects of tropical climate on shaded and nonshaded cows as measured by rectal temperaure, adrenal cortex hormones, thyroids hormone and milk productions. *Am. J. Vet. Res*., 40, pp. 1792-1797.

Ingram, J.S.I., and E.C.M. Fernandes. 2001. Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agriculture, Ecosystems and Environment,* 87, pp. 111- 117.

Inouye D. W. 2008. Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers. *Ecology*, 89(2), pp. 353-362.

International Geosphere Biosphere Program 1998. The terrestrian cycle: implication for the Kyoto protocol. *Science,* 280, pp. 1393-1394.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997a. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Emission Inventories*. Tre volumi: Reference Manual, Reporting Manual, Reporting Guidelines and Workbook. IPCC/OECD/IEA. IPCC WG1 Technical Support Unit, Hadley Centre, Meteorological Centre, Meteorological Office, Bracknell, UK.

IPCC -Intergovernmental Panel on Climate Change, 1997b. Agriculture: Nitrous oxide from agricultural soils and manure management. In: Houghton, J.T. et al. (Eds.), *Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC/Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)/International Energy Agency (IEA), Paris, France Meteorological Office, Bracknell, UK

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2000. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Hayama, Kanagawa, Japan.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001. *Third Assessment Report: Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry*. Penman J., M. Gytarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe and F. Wagner Ed. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. ed. Published: IGES, Japan.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change 2007a. *Climate Change 2007*: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri R.K and Reisinger A.ed.]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp. ISBN 92-9169-122-4.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change 2007b. *Historical Overview of Climate Change Science*.

IPPC D. Lgs 372/99: *Linee guida per l'identificazione delle migliori tecniche disponibili Categoria IPPC 6.6: impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini*, G.U. 31/5/2007.

ISPRA. 2008. *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2006. National Inventory Report 2008*, Roma. ISPRA, Rapporto tecnico 84/2008. Roma.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2009a. La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni, Rapporti 92/2009, ISPRA - ISBN 978-88-448-0392-6

ISPRA- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2009b *Italian Emission Inventory 1990-2007.* Informative Inventory Report *2009*, Roma. Ispra Rapporto tecnico 99/2009, Roma.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2010a, *National Greenhouse Gas Inventory System in Italy*. Year 2010. ISPRA rapporto tecnico 120/2010. Roma.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2010b *Personal Communication*. Responsabile preparazione inventario del settore Lulucf dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale ISPRA Marina Vitullo.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2011a, *Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2009*. National Inventory Report 2011, ISPRA rapporto tecnico 139/2011.Roma.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2011b, National Greenhouse Gas Inventory System in Italy. Year 2011. ISPRA rapporto tecnico 136/2011. Roma.

ISPRA-Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale 2011c, *Quality Assurance/Quality Control Plan for the Italian Emissioni Inventory. Year 2011***.** ISPRA rapporto tecnico 137/2011. Roma.

ISTAT, 2000, *V Censimento generale dell'agricoltura*, ISTAT, Roma.

ITABIA, Rapporto 2008

Jacoby, G.C., R.D. D'Arrigo T. Davaajamts, 1996. Mongolian tree rings and 20th century warming. *Science*, 273, pp. 771-773.

Joffre R., Rambal S., 2002. *Mediterranean Ecosystems. Encyclopedia of Life Sciences*. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group / www.els.net, p.1-7.

Johnson, J.M.-F., Franzluebbers, A.J., Lachnicht Weyers, S., Reicosky, D.C. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* 150, 107-124.

Jones R.J.A., Montanarella L., 2003. *Land degradation*. The JRC enlarged action Workshop 10-B,. ed, EUR20688 EN, pp 324. Office for official publications of the European Communities Luxemburg.

Kaharabata S. K., Schuepp P. H., Desjardins R. L., 1998. Methane emissions from above ground open manure slurry tanks 12, pp. 545–554.

Kebreab E., Clarke K., Wagner-Riddle C., France J., 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture. A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 86, pp. 135–158.

Kebreab, E., Johnson, K. A., Archibeque, S. L, Pape, D., Wirth, T., 2008. Model for estimating enteric methane emissions from United States dairy and feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 86(10), pp. 2738-2748.

Kendall, P. E., Verkerk, G. A., Webster, J. R., Tucker, C. B., 2007. Sprinklers and shade cool cows and reduce insect-avoidance behavior in pasture-based dairy systems. *Journal of Dairy Science,* 90, pp. 3671–3680.

Klein Tank, A.M.G. Konnen, G.P., 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe 1946–99. *Journal of Climate*, 16(22), pp. 3665–3680,

Kliber, H. H., 1964. Environnmental physiology and shelter engineering. LXVII Thermal effects of various temperature-humidity combinations on Holstein cattle as measured by physiological responses, *Re.s Bull. Missouri Agric. Exp. Station*, 862.

Koike S., 2008. Crown rot of strawberry caused by Macrophomina phaseolina in California. *Plant Disease*, 92, 1253.

Kooistra M.J., Lebbink G., Brussaard L. 1989 The Dutch programme on soil ecology of arable farming systems 2: Geogenesis, agricultural history, field site characteristics and present farming systems at Lovinkhoeve experimental farm, *Agric. Ecosys. Environ*. 27, pp. 463– 469.

Kosmas C, Ferrara A, Briasouli H, Imeson A 1999. *Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification*. In: The Medalus project: Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification Kosmas C, Kirkby M, Geeson N (ed.)s, European Union 18882, ISBN 92-828-6349-2, pp. 31-47.

Kroes GC, van Dam J.C. (ed),. 2003. Reference Manual SWAP version 3.0.3. *Alterra-report 773*. Alterra, Green World Research, Wageningen, Olanda.

Kroodsma, David A. and Christopher B. Field. 2006. Carbon sequestration in california agriculture, 1980–2000. *Ecological Applications,* 16, pp. 1975–1985.

Krull, E., Bray, S., Harms, B., Baxter, N., Bol, R., and Farquhar, G. 2007. Development of a stable isotope index to assess decadal-scale vegetation change and application to woodlands of the Burdekin catchment, Australia, *Global Change Bioogy*, 13, pp. 1455-1468.

Külling D.R., Menzi H., Sutter F., P. Lischer Kreuzer M., 2003. Ammonia, nitrous oxide and methane emissions from differently stored dairy manure derived from grass and hay-based rations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems,* 65 , pp. 13–22.

Kumar V.P., Bindi, M., Crisci, A. and Maracchi, G., 2005. Detection of variations in air temperature at different time scales during the period 1889–1998 at Firenze, Italy. *Climatic Change,* 72, pp. 123–150.

La Motta S., Stefanoni M., 2009. Chapter 4. Policies and measures. In: Angeloni M., Dramis G., Perrella G., Bordet M., Caminiti M.N., La Motta S., Contaldi M., De Lauretis R. Castellari S. general coordinators and editors. *Italy's Fifth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change*. Ministry for the Environment, Land and Sea. 236 p.

Lal R., Kimble J., Follett R., Cole C.V. 1998. *The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect.* Ann Arbor Press, Ann Arbor USA.

Lal R., 2004: Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma,* 123, pp. 1-22.

Lane B.G., 1991. *Cellular desiccation and hydration developmentally regulated proteins and the maturation and germination of seeds embryos*. FASEB J 5:2893-901.

Lees A.K., Hilton A.J., 2003. Black dot (Colletotrichum coccodes): an increasingly important disease of potato. *Plant Pathology* 12, pp. 1-12.

Lehmann J., 2007. Bio-energy in the black. Frontiers in Ecology and the Environment 5, 381-387 DOI10.1890060133.

Lenoir J., Gégout J.C., Marquet P.A., de Ruffray P., Brisse H., 2008. A Significant Upward Shift in Plant Species Optimum Elevation during the 20th Century. *Science*, 320, 1768 .

Lieth H., Whittaker R. H., 1975. *Primary productivity of the biosphere.* Ecological Studies 14, Springer-Verlag, Berlin, pp 339.

Liguori G., Gugliuzza G., Inglese P. 2009. Evaluating carbon fluxes in orange orchards in relation to planting density. *Journal of Agricultural Science*, 147, pp. 637-645.

Lindner M., Maroschek M., Netherer S., Kremer A., Barbati A., Garcia-Gonzalo J., Seidl R., Delzon S., Corona P., Kolström M., Lexer M. J., Marchetti M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259, pp. 698-709, doi:10.1016/j.foreco.2009.09.023.

Lindsay R., 2007. Buzzing about climate change. http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Bees/

Lindstrom J.E., Barry R.P., Braddock J.F. 1998. Microbial community analysis: a kinetic approach to constructing potential C source utilization patterns*, Soil Biology & Biochemistry,* 30, pp. 231–239.

Loyon L., Guiziou F., Beline F., Peu P., 2007. Gaseous emission NH3, N2O, CH4 and CO" from the aerobic treatment of piggery slurry. Comparison with a conventional storage system. *Biosystems Engineering,* 97, pp. 472-480.

Lugato E., Berti A., 2008. Potential carbon sequestration in a cultivated soil under different climate change scenarios: a modeling approach for evaluating promising management practices in north-east Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 128, pp. 97-103.

Lugato E, Morari F, Nardi S, Berti A, Giardini L. 2009. Relationship between aggregate pore size distribution and organic-humic carbon in contrasting soils. *Soil and Tillage Research*, 103, pp. 153–157.

Lugato E, et al. 2010. Application of DNDC biogeochemistry model to estimate greenhouse gas emissions from Italian agricultural areas at high spatial resolution *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139, pp. 546-556.

Lukesch R., Schuh B., 2009. *Approaches for assessing the impacts of the rural development programmes in the context of multiple intervening factors*. Draft Working Paper, Gruppo di lavoro tematico della Rete di Valutazione Europea per lo Sviluppo Rurale.

Lumicisi A., Tedeschi V., Vitullo M., Federici S., Pompei E., 2007. Il ruolo dello Stato e delle Amministrazioni Regionali e Locali nell'applicazione del Protocollo di Kyoto nel settore forestale*. Forest@* 4 (3), pp. 246-249.

Maggiore T., Onofrii M. 1982. *Foraggi:produzione e qualità, stato attuale e prospettive della foraggicoltura lombarda di pianura*. Atti del convegno "Lodi Latte 1982".

Magnani F., Mencuccini M., Borghetti M., 2007. The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests. *Nature*, 447: Pp 848-850.

Manetti, M.C., Cutini, A., 2006. Tree-ring growth of silver fir Abies alba Mill. in two stands under different silvicultural systems in central Italy. *Dendrochronologia*, 23, pp. 145-150.

Manici L.M., Caputo F., 2009. Fungal community diversity and soil health in intensive potato cropping systems of the east Po valley, northern Italy. *Annals of Applied Biology*, 155, pp. 245-258.

Manning M.R., Edmonds J., Emori S., Grubler A., Hibbard K., Joos F., Kainuma M., Keeling R. F., Kram T., Manning A.C., Meinshausen M., Moss R., Nakicenovic N., Riahi K., Rose S.K., Smith S., Swart R., Van Vuuren D.P. 2007. Misrepresentation of the IPCC CO_2 emission scenarios. *Nature Geoscience* 3, pp. 376 – 377.

Manton M.J., Della-Marta P.M., Haylock M.R., Hennessy K.J., Nicholls N., Chambers L.E., Collins D.A., Daw G., Finet A., Gunawan D., Inape K., Isobe H., Kestin T.S., Lefale P., Leyu C.H., Lwin T., Maitrepierre L., Ouprasitwong N., Page C.M., Pahalad J., Plummer N., Salinger M.J., Suppiah R., Tran V.L., Trewin B., Tibig I., Yee D., 2001. Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific: 1961–1998. *International Journal of Climatology,* 21,pp. 269-284.

Marracchi G., Benincasa F., Cristoferri G., Giannini R. 1998; *Tecniche di monitoraggio di alcuni aspetti dell'interazione radiazioni-colture.* Collana tecnico-scientifica, Cnr Ibimet, quaderno 2.

Maria Bielza Diaz-Caneja et al. 2008. *Agricultural Insurance Schemes* (EUR 23392 EN), JRC scientific and technical reports.

Marletto V., Ventura F., Fontana G., Tomei F., 2007. Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and a numerical model. *Agricultural and forest meteorology,* 147, pp.71-79.

Marsili A., Servadio P., 1996. Compaction effects of rubber or metal-tracked tractor passes on agricultural soils. *Soil & Tillage Research*, 37 n. 1, pp. 37-45.

Marsili A., Servadio P., 2002. *Effetti sulle caratteristiche fisico-meccaniche del suolo agrario di un cantiere di lavoro per la raccolta del mais*. Convegno Società Italiana della scienza del suolo – La conservazione della risorsa suolo. Piacenza 8-10 giugno 2002.

Marsili A., Servadio P., Pagliai M. Vignozzi N., 1998. Changes of some physical properties of a clay soil following passage of rubber- and metal - tracked tractors. *Soil & Tillage Research*, 49(3), pp. 185-199.

Matteucci G., Scarascia Mugnozza G., 2007. *Ecosistemi forestali e mitigazione dei cambiamenti ambientali: sequestro di carbonio in foreste italiane.* Clima e cambiamenti climatici: le attività di ricerca del CNR, pp 709-712.

MATTM-Ministreo dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2006. *Report on the determination of Italy's assigned amount under Article 7, paragraph 4, of the Kyoto Protocol*. Disponibile sul sito internet:http://unfccc.int/files/national_reports/initial_reports_under_the_kyoto_protocol/application/pdf/aa-report-notificato.pdf.

MATTM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2007. *Fourth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change Italy*. November 2007.

MATTM - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2009. *Fifth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change Italy*. November 2009

McCarthy Jr. R.D., Klusmeyer T.H., Vicini J.L.,J.H. Clark, Nelson D.R.. 1989. Effects of source of protein and carbohydrate on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *Journal of Dairy Science,* 72:2002-2016.

McCaughey, W.P., K.M. Wittenberg, D. Corrigan. 1999. Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science,* 79, pp. 221-226.

McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T., Colombatto, D. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal of Animal Science*, 82, pp.3346-3356.

MCPFE/PEBLDS, 2006. *Joint position of the MCPFE and the EfE/PEBLDS on the Pan-European Understanding of the Linkage between the Ecosystem Approach and Sustainable Forest Management. Geneve-Warsaw*. Disponibile al sito: http://www.pebld s.org/files/STRA-CO/2006/STRA-CO%202006%202%20_EA%20SFM%20JT%20STMT__E_final.pdf (ultimo accesso: giugno 2010).

Meehl G.A., Washington W.M., Arblaster J.M., Hu A., 2004. Factors affecting the Climate Sensitivity in Coupled General Circulation Models*. Journal of Climate,* 17,pp. 1584-1596.

Melero S, Lopez-Garrido R, Madejon E, Murillo JM, Vanderlinden K, Ordonez R, Moreno F 2009 Long-term effects of conservation tillage on organic fractions in two soils in southwest of Spain.

Menesatti P., D'Andrea S., Baldi M., Lanini M.,Vitali A., Lacetera N., Bernabucci U., Nardone A. 2008. *Evaluation of the thermal efficiency of housing systems for dairy cows*. Lavoro presentato al 59th Annual Meeting European Association Animal Production.

Menzel A., Sparks T.H., Estrella N., Koch E., Aasa A., Ahas R., Alm-Kubler K., Bissolli P., Braslavska O., Briede A., Chmielewski F.M., Crepinsek Z., Curnel Y., Dahl A., Defila C., Donnelly A., Filella Y., Jatczak K., Mage F., Mestre A., Nordli Ø., Peñuelas J., Pirinen P., Remišova V., Scheifinger H., Striz M., Susnik A., van Vliet A.J.H., Wielgolaski F.-E., Zach S. Zust A., 2006: European phonological response to climate change matches the warming pattern. *Glob. Change Biol*., 12, pp. 1969-1976.

Mereu V., Dettori G., Muresu P., Spano D., (in preparazione) *Land Capability for Agriculture: a methodology for climate change impact evaluation*.

Mereu V., Iocola I., Spano D., Murgia V., Duce P., Cesaraccio C., Tubiello F.N., Fischer G., 2008. *Land suitability and potential yield variations of wheat and olive crops determined by climate change in Italy*. Atti del X Congresso della Società Europea di Agronomia, Bologna 2008.

Metzger M., Schröter D., 2006. Towards a spatially explicit and quantitative vulnerability assessment of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change,* 6, pp. 201-216.

Miller-Rushing A.J., Primack R.B. 2008. Global warming and flowering times in thoreau's concord: a community perspective. *Ecology*,89(2), pp. 332-341.

Mills J. A. N., Dijkstra J., Bannick A., Cammell S. B., Krebreab E., France, J., 2001. A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: model development, evaluation and application. *Animal Science,*, 79, pp. 1584:1597.

Mipaf – Ministero delle politiche agricole e forestali, D.M. 26 febbraio 2002." *Determinazione dei consumi medi dei prodotti petroliferi impiegati in lavori agricoli, orticoli, in allevamento, nella silvicoltura e piscicoltura e nelle coltivazioni sotto serra ai fini dell'applicazione delle aliquote ridotte o dell'esenzione dell'accisa*."

Mipaf - Ministero delle politiche agricole e forestali, D.lgs 29 marzo 2004, n. 102 Interventi finanziari a sostegno delle imprese agricole, a norma dell'articolo 1, comma 2, lettera i, della legge 7 marzo 2003, n. 38 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 95 del 23 aprile 2004.

Mipaf-Ministero delle politiche agricole e forestali, 2005. *Condizionalità: un nuovo rapporto tra agricoltura, ambiente e società*. Manuale operativo. Imago Media (CE).

Mipaaf – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Decreto del Ministro delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali n. 30162 del 22 dicembre 2009 Piano assicurativo nazionale 2010.

Mipaaf - Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali. Circolare del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali n. 7078 del 29 marzo 2010 Nuove procedure per la copertura assicurativa agevolata dei rischi agricoli

MiSE - Ministero dello Sviluppo Economico, 2010. Bozza del Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili, 2010. Roma

MiSE - Ministero dello Sviluppo Economico, 2010. Piano di azione nazionale per le energie rinnovabili. Roma

MiSE – Ministero dello Sviluppo Economico, 2011. Incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti solari forovoltaici. Roma

Moncada Lo Giudice G., Asdrubali F., *La sfida dell'Energia*, Franco Angeli 2007.

Mordenti A., Piva G., Della Casa G. 1994. Nutrition and fat quality in the heavy pig. *Ital. J. Food Sci*,2, pp. 141-155.

Morari F et al. 2006. Long-term effects of recommended management practices on soil carbon changes and sequestration in north-eastern Italy. *Soil Use and Management* 22, 71-81.

Morelli L.M. (a cura di), 2008. *Il contributo dei piani di sviluppo rurale e della condizionalità alla mitigazione dei cambiamenti climatici e al loro adattamento*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali – Rete Rurale Nazionale. Roma

Moriondo M., Bindi M., 2007. Impact of climate change on the phenology of typical mediterranean crops. *Italian Journal of Agrometeorology,* 3 , pp. 5-12.

Nardone A., 1998. Thermoregulatory capacity among selection objectives in dairy cattle in hot environment. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 24, pp. 297-308.

Nardone A., Ronchi B., Lacetera N., Bernabucci U., 2006. Climate effects on productive traits in livestock. *Vet Res Commun* 30 (1), pp. 75–81.

NERA- Economic Consulting, 2007. *Market Mechanisms for Reducing GHG Emissions from Agriculture, Forestry and Land Management*, Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, UK.

New, M., Lister, D., Hulme, M. and Makin, I., 2002. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research,* 21.

Nkrumah J. D., Okine E. K., Mathison G. W., Schmid K., Li C., Basarab J. A., Price M. A., Wang Z., Moore S. S., 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance and feeding behaviour with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal of Animal Science,* 84, pp. 145–153.

NocekJ.E., Tamminga S., 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, 74, pp. 3598-3629.

Norman H.D., Powel R.L., Mohammad W.A., Wright J.R., 1983. Effect of herd and sire on uniform functional type trait appraisal scores for Ayrshires, Guernsey, Jersey and milking Shorthorns. *Journal of Dairy Science*, 66, pp. 2173-2184.

Nsabimana D., Haynes R. J., Wallis F. M., 2004. Size, activity and catabolic diversity of the soil microbial biomass as affected by land use, *Applied Soil Ecology*, 26(2), pp. 81-92.

O'Brien D., Shalloo L., Grainger C., Buckley F., Horan B., Wallace M., 2010. The influence of strain of Holstein-Friesian cow and feeding system on greenhouse gas emissions from pastoral dairy farms. *Journal of Dairy Science,* 93, pp. 3390–3402.

Oberhuber et Kofler, 2003. Effects of climate and slope aspect on radial growth of cembran pine Pinus cembra L. at the alpine timberline ecotone on Mt. Patscherkofel Tyrol, Austria. *Austrian Journal of Foreste Science*,120, pp. 39-50

Odongo, N. E., Or-Rashid M. M., Kebreab E., France J., McBride B. W., 2007. Effect of supplementing myristic acid in dairy cow rations on ruminal methanogenesis and fatty acid profile in milk. *Journal of Dairy Science*, 90, pp. 1851–1858.

OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development 2005. —*Effects of eco-labelling schemes: compilation of recent studies*. Joint Working Party on Trade and Environment, COM/ENV/TD200434/FINAL, Parigi.

OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development 2008, *Risk management in agriculture - A holistic conceptual framework,* TAD/CA/APM/WP200822/FINAL

OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development 2009. *The economics of climate change mitigation. Policies and options for global action beyond 2012*, OECD, Parigi

OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development 2010. *Climate Change and Agriculture: Impacts, Adaptation, Mitigation*, OECD, Parigi.

Orlandi F., Bonofiglio T., Ruga L., Sgromo C., Sannipoli V., Romano B., Fornaciari M., 2007. Phenological timing of some arboreal species in a phenological garden in Perugia (ITALY) *Italian Journal of Agrometeorology* 3, pp. 30-38.

Ørskov E. R., 1986. Starci digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science,* 63, pp. 1624-1633.

Pagliai M., 2009. Verso una strategia Europea per la protezione del suolo. *Informazioni dai Georgofili*, anno III, 2, pp. 12.

Pasini L., Bruschini S., Bertoli A., Mazza R., Fracheboud Y., Marocco A. 2005. Photosynthetic performance of cold-sensitive mutants of maize at low temperature. *Physiol. Plant*, 124, pp. 362-370.

Passioura J., 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. *J. Exp Bot.* Integrated Approaches to Sustain and Improve Plant Production under Drought Stress. Special Issue 58(2), pp. 113–117.

Paustian K, Babcock BA, Hatfield J, Lal R, McCarl BA, McLaughlin S, Mosier A, Rice C, Robertson GP, Rosenberg NJ, Rosenzweig C, Schlesinger WH, Zilberman D. 2004. *Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy Options*. CAST--Council on Agricultural Science and Technology, Report R141 2004, ISBN 1-887383-26-3.

Pedersen B.S., 1998. The role of stress in the mortality of Midwestern oaks as indicated by growth prior to death. *Ecology*, 79(1), pp. 79-93.

Peigné J., Girardin P., 2004. Environmental impacts of farmscale composting practices. *Water Air Soil Pollut*. 153, pp. 45–68.

Pelorosso R., Leone A., Boccia L., 2009. Land cover and land use change in the Italian central Apennines: A comparison of assessment methods, *Applied Geography*, 29, pp. 35-48.

Pendley C. T., Enns R. M., Crews Jr. D. H., 2010. Analysis of published genetic parameter estimates for feed utilization traits in beef cattle. *Journal of Animal Science,* 88, E-Suppl. 2, 184.

Peñuelas J., Filella I. Comas P., 2002. Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Glob. Change Biol*., 8, pp. 531-544.

Perelli M., 2007. Prezzi dei prodotti agricoli e fertilizzazione. Fertilizzanti Maggio 2007. Anno IX N3. 10-13pp.

Perini L., Salvati L., Zitti M., Sorrenti S. Ceccarelli T., 2008. *La desertificazione in Italia. Processi, indicatori, vulnerabilità del territorio*. Bonanno Editore, Roma-Acireale. ISBN 88-7796-422-7.

Peterson et al., 1989. Rapid climate changes in the tropical Atlantic region during the last deglaciation. *Nature* 380, pp. 51– 54

Pettenella D., 2007. Il ruolo del settore agricolo-forestale nei cambiamenti climatici: modelli e politiche. *Agriregionieuropa*, giugno 2007.

Pettenella D., Urbinati C., Bortoluzzi B., Fedigoli M., 2000. *Indicatori di gestione forestale sostenibile in Italia*. Rapporto finale della ricerca affidata al Dipartimento Territorio e Sistemi Agro–Forestali dell'Università di Padova. Anpa, Serie Stato dell'Ambiente 11/2000;

Pettenella, D., Zanchi, G., 2006. *Inquadramento generale del protocollo di Kyoto. Opportunità e limiti per il settore forestale*, in: Pilli, R. – Anfodillo , T. - DALLA Valle , E. (ed.)-Stima del carbonio in foresta: metodologie e aspetti normativi.

Piccarreta M., Capolongo D., Boenzi F., Bentivenga M., 2006. Implications of decadal changes in precipitation and land use policy to soil erosion in Basilicata, Italy. Catena, 65(2), pp. 138-151.

Pierce DW, Barnett TP, Santer BD, Gleckler PJ 2009. Selecting global climate models for regional climate change studies. *Proc Nat Acad Sci* USA 106, pp. 8441–8446.

Pieri C 1995 Long-term soil management experiments in Semi-arid francophone Africa.In: Lal R, Kimble J, Levine E, Stewart BA eds. Soil Management and Greenhouse Effect. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL: 93-99.

Piervitali, E., Colacino, M. Conte, M., 1998. Rainfall over the central-western Mediterranean basin in the period 1951–1995. Part I: precipitation trends. Il Nuovo Cimento, 21C, pp. 331–344.

Pinares-Patiño C.S., Ulyatt M.J., Lassey K.R., Barry T.N., Holmes C.W., 2003. Persistence of differences between sheep in methane emission under generous grazing conditions. *Journal of Agricultural Science,* 140, pp. 227–233.

Pisante M., 2007. Agricoltura Blu – *La via italiana dell'agricoltura conservativa – Principi, tecnologie e metodi per una produzione sostenibile*. Il Sole 24 Ore Edagricole, Bologna, XII+317.

Piva G. 1983. *Il mais nella produzione del latte*. In Bonsembiante M. Ed., Il Mais. Liviana Editrice, Padova.

Povellato, A., Bosello, F., Giuseppe G., 2007. Cost-effectiveness of green house gases mitigation measures in the European agro-forestry sector: a literature survey. *Environmental Science & Policy*, 10(5), pp. 474-490 .

Pratizzoli W., 2009. Validazione di un modello di bilancio idrico per colture "idroesigenti". *ARPA rivista*, 3, pp. 38-39.

Puchala R., Min B.R., Goetsch A.L., Sahlu T., 2005. The effect of condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science,* 83, pp. 182–186

Puppi G., Zanotti A.L., 2009. Phenological trends in Northern Italy (Bologna) *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-9408.

Rae A.N., 1971., Stochastic Programming, Utility, and Sequential Decision Problems in Farm Management. *American Journal of Agricultural Economics*, 53, pp, 448-460.

Ragab R., Prudhomme C., 2002. Climate change and water resources management in arid and semi arid regions: prospective and challenges for the 21st century. *J. Biosystems Engineering*, 81,pp. 3-34.

Rapetti F., Vittorini S., 1988. *Differenze pluviometriche tra i versanti tirrenico ed adriatico dell'Appennino settentrionale, lungo l'allineamento Livorno- Modena*. 20 th Int. Conf. On Alpine Meteor., Sestola, Italia, 18-25 SettembreRasmussen, P.E., Allmaras, R.R., Rohde, C.R., Roager Jr., N.C., 1980. Crop residue influence on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Science Society of American Journal*,44, pp. 596- 600.

Rasmussen K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: a Scandinavian review, *Soil Till. Res.* 53, pp. 3–14.

Ravagnolo O., Misztal I., 2000. Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *Journal of Dairy Science,* 83, pp. 2126–2130.

Regione Piemonte, 1999, "Il risparmio energetico e la razionalizzazione dei consumi nelle aziende agricole", Quaderni della Regione Piemonte, *Agricoltura*, n.15, Maggio 1999.

Regolamento (CE) n. 1698/2005 del Consiglio, del 20 settembre 2005, sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR).

Regolamento (CE) n. 1974/2006 della Commissione del 15 dicembre 2006 recante disposizioni di applicazione del Regolamento (CE) n. 1698/2005 del Consiglio sul sostegno allo sviluppo rurale da parte del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (FEASR).

Regolamento (CE) n.73/2009 del Consiglio del 19 gennaio che stabilisce norme comuni relative ai regimi di sostegno diretto agli agricoltori nell'ambito della politica agricola comune e istituisce taluni regimi di sostegno a favore degli agricoltori, e che modifica i regolamenti (CE) n. 1290/2005, (CE) n. 247/2006, (CE) n. 378/2007 e abroga il regolamento (CE) n. 1782/2003.

Reicosky D. C., Kemper W. D., Langdale G. W., Douglas C. L., Rasmussen P. E. 1995 Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production, J. Soil Water Cons. 50(3), pp. 253-261.

RETE RURALE NAZIONALE, 2009. *Analisi dei PSR sulle nuove sfide dell'Health Check*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, Rete Rurale Nazionale, Roma.

RETE RURALE NAZIONALE, 2010a.*Difendiamo il nostro bene più prezioso: la Terra. Documento di posizione del sistema rurale italiano rispetto alle politiche sul clima*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, Rete Rurale Nazionale, Roma.

RETE RURALE NAZIONALE, 2010b.*Le nuove sfide della PAC e le misure di rilancio dell'economia nei programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013. Analisi delle scelte dei PSR nel quadro dell Helth Check e del Recovery Plan*. Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, Rete Rurale Nazionale, Roma.

Ringius L 2002 Soil carbon sequestration and the CDM: opportunities and challenges for Africa. Clim. Change, 54: 471-495.

Rizza F., Badeck F.W., Cattivelli L., Lidestri O., Di Fonzo N., Stanca A.M., 2004. Use of a water stress index to identify barley genotypes adapted to rainfed and irrigated conditions. *Crop Science,* 44, pp. 2127-2137.

Rock C.G., Polan C.E., Etgen W.M., Miller C.N. 1974. Varying dietary fiber for lactating cows fed corn and barley silages. *Journal of Dairy Science,* 57, pp. 1474-1481.

Rolland et al., 1999. Ecological requirements of Abies alba in the French Alps derived from dendro-ecological analysis. Journal Vegetation Science 10: 297 – 306.

Rolland, C., 1993. Tree-ring and climate relationships for Abies alba in the internal Alps*. Tree-Ring Bulletin*, 53, 1993.

Rolland, C., 2002. Decreasing teleconnections with inter-site distance in monthly climatic data and tree-ring width networks in a mountainous Alpine area. *Theor. Appl. Climatol*., 71 ,pp. 63-75.

Romano R., 2008. *Il settore forestale nello sviluppo rurale, in Politiche forestali e sviluppo rurale*, a cura di Cesaro L. e Romano R. Quaderno 1 Osservatorio Foreste INEA.

Romano R., 2010. Gli investimenti volontari nel campo agricolo e forestale finalizzati alla compensazione delle emissioni di CO_2; *Agriregionieuropa*, Anno 6, N. 21, Giugno 2010, pp. 34-36.

Rosso R., Rulli M.C., 2002. An integrated simulation method for flash-flood risk assessment: 2. Effects of changes in land-use under a historical perspective. *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(2), 285-294.

Ryan J 1997 Change in organic carbon in long-term rotation and tillage trials in northern Syria. In: Lal R, Kimble J, Follett RF, Stewart BA eds. Management of carbon sequestration in soil: 28.

Sanderson t., Ancev t. Betz r., 2008, *Optimal Coverage of Installations in a Carbon Emissions Trading Scheme (ETS)*, The 51st Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, Queenstown, New Zealand.

Santini M., Valentini R. Hot-Spots of Land Use Changes in Italy by Ensemble Forecasting. Sottomesso a Regional Environmental Changes.

Schmickl T., Crailsheim K, 2007. HoPoMo: A model of honeybee intracolonial population dynamics and resource management. *Ecological Modelling*, 204, pp. 219-245.

Scholten, M. C. Th., Szabolcs, I. 1993, Salinization of groundwater and the mobilization of micropollutants: Effect on the food chain. *Land Degradation and Development*, 4, pp. 253-256.

Scopel E, Triomphe B, Ribeiro MFS, Séguy L, Denardin JE, Kochann RA 2004 Direct seeding mulch-based cropping systems (DMC) in Latin America. In Fischer T, Turner N, Angus J, Mclntyre L, Robertsen M, Borrell A, Llyod D eds. New Directions for a Diverse Planet: Proceedings for the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 September-1 October 2004.

Segnalini M., Nardone A., Bernabucci U., Vitali A., Ronchi B., and Lacetera N., 2011. Dynamics of the temperature-humidity index in the Mediterranean basin. *International Journal of Biometeorology,* 55(2), pp. 253-263 DOI 10.1007/s00484-010-0331-3.

Séguy L, Bouzinac S, Husson O 2006 Direct-seeded Tropical Soil Systems with Permanent Soil Cover: Learning from Brazilian Experience In: Biological Approaches to Sustainable Soil Systems (Uphoff, N et al, Eds), 323-342 CRC Press, Taylor & Francis Group.

Semenov M.A., Donatelli M., Stratonovitch D., Chatzidaki E., Barut B., (in stampa). ELPIS: a dataset of local-scale daily climate scenarios for Europe, *Climate Research*.

Servadio P., Marsili A., 1998. Performance and work quality of two new machines for tilling in marginal areas. Proc. AgEng Oslo, Norway 24-27.

Servadio P., Marsili A., Belfiore N. P., 2007. Analysis of the Driving Seat Vibrations in High Forward Speed Tractors. *Biosystems Engineering* 97, pp. 171-180.

Servadio P., Marsili A., Pagliai M., Pellegrini S., Vignozzi N., 2001. Effects on some clay soil qualities following the passage of the rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. *Soil & Tillage Research* 61, pp. 143-155.

Servadio P., Marsili A., Vignozzi N., Pellegrini S., Pagliai M., 2005. Effects on some soil qualities in central Italy following the passage of four wheel drive tractor fitted with single and dual tires. *Soil & Tillage Research*. 84(1), pp. 87-100.

Sexten A. K., Kuehn L. A., Smith T. P. L., Freetly H. C., Snelling W. M., Lindholm-Perry A. K., 2010. A region on BTA6 is associated with feed intake and gain in beef cattle. *Journal of Animal Science,* 88, E-Suppl. 2, 185.

Sharma A.K., Nagarchenkar R., 1981. Studies of inheritance of sweat gland characteristics in Murrah buffaloes. *World Review of Animal Production,* 17, pp. 35-39.

Shepherd G., Stagnari F., Pisante M., Benites J. 2008. *Visual Soil Assessment – Field guide for annual crops*. FAO, Rome, Italy. VIII + 26. ISBN-978-92-5-105941-8.

Shukla M.K., Lal, R., Ebinger, M., 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Till. Res.* 87, pp. 194–204.

Skylas DJ, Cordwell SJ, Hains PG, Larsen MR, Basseal DJ, Walsh BJ, Blumenthal C, Rathmell W, Copeland L, Wrigley CW. 2002. Heat shock of wheat during grain filling: Proteins associated with heat tolerance. *J. Cereal Sci.* 35, pp.175-188.

Smith, J.F., Brouk, M.J., and Harner J.P. 2001. *Freestall Barn Design and Cooling Systems*. Kansas State University, available on the World Wide Web at: http://www.oznet.ksu.edu.

Smith P et al. 2007a. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. *Agricultural Ecosystem and Environment*, 118, 6–28.

Smith, P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., 2007b. *Agriculture*. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (ed), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Sofo A, Nuzzo V, Palese AM, Xiloyannis C, Celano G, Zukowskyj P, Dichio B. 2005. Net CO2 storage in Mediterranean olive and peach orchards. Scientia Horticulturae, 107 (1), pp. 17-24.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. M. B., LeRoy, Miller H. Jr., Chen, Z. 2007., *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.

Sommer, S.G., Olesen, J.E., Petersen, S.O., Weisbjerg, M.R., Valli, R., Rodhe, L., Line, F., 2009. Region-specific assessment of greenhouse gas mitigation with different manure management strategies in four agroecological zones. *Global Change Biology*, 15, pp. 2825–2837.

Sonnleitner R., Lorbeer E., Schinner F., 2003. Effects of straw, vegetable oil and whey on physical and microbiological properties of a chernozem, *Appl. Soil Ecol.* 22(3), pp. 195-204.

Spano D., Cesaraccio C., Duce P.P., Snyder R.L., Botarelli L., Pratizzoli W., Sacchetti V., 2007 Observation and prediction of phenological trends in two italian phonological gardens. *Italian Journal of Agrometeorology,* 3, pp. 13-18.

Sparks T.H., Jeffree E.P. Jeffree C.E., 2000: An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol.,* 44, pp. 82-87.

Sparling G.P., Schipper L.A., 2002. Soil quality at a national scale in New Zealand. *Journal of Environmental Quality,* 31, pp. 1848–1857.

Spedding A., Hamela C. Mehuysa., G.R, Madramootoo C.A 2004. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems, *Soil Biology & Biochemistry*, 36, pp. 499–512.

Stagnari F., Ramazzotti S., Pisante M., 2009. Conservation Agriculture, a different approach for crop production through sustainable soil and water management. A review. In: AUTORI VARI. Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants Series*: Sustainable Agriculture Reviews.* 1, Lichtfouse, Eric, ISBN/ISSN: 1774-0746.

Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., 2006. *Livestock's long shadows*. FAO, Roma.

Stevenson, F.J., 1994*. Humus Chemistry*. John Wiley and Sons, New York.

Stinner B.R., House G.J., 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 35, pp. 299–318.

Stöckle C.O., Donatelli M., Nelson R., 2003. CropSyst, a cropping sytem simulation model *Eur J Agron* 18, pp. 289-307.

Stott L., Cannariato K., Thunell R., Haug G.H., Koutavas A., Lund S., 2004. Decline of surface temperature and salinity in the wester tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch. *Nature*, 431, pp. 56-59.

Tabor K., Williams J.W., 2010. Globally downscaled climate projections for assessing the conservation impacts of climate change. *Ecol. Appl.* 20, pp. 554-565.

Tardif J., Camarero J.J., Ribas, M. and Gutierrez, E., 2003. Spatiotemporal variability in tree growth in the Central Pyrenees: Climatic and site influences. *Ecological Monographs*, 73(2), pp. 241–257.

Tebrügge F., Düring R.A., 1999. Reducing tillage intensity — a review of results from a long term study in Germany, *Soil Till. Res.* 53(1), pp. 15-28.

Thompson A.G., Wagner-Riddle C. Fleming R., 2004. Emissions of N_2O and CH_4 during the composting of liquid swine manure. *Environmental Monitoring and Assessment,* 91, pp. 87–104.

Tomei F., Villani G., Pavan V., Pratizzoli W., Marletto V., 2009. *Report on the quality of seasonal predictions of wheat yield and irrigation needs in Northern Italy*. Ensembles Project, 6th Eu R&D Framework Programme, deliverable 6.22 from www.ensembles-eu.org.

Tomozeiu R., Cacciamani C., Pavan V., Morgillo A., Busuioc A., 2007. Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Theoretical and Applied Climatology,* 90, pp. 25-47.

Tonolli S., Salvagli F. (a cura di), 2007. *InFoCarb: Inventario Forestale del Carbonio della Provincia di Trento, 1-176*. Centro di Ecologia Alpina, Trento.

Tran Quoc H, Boyer J, Inthavong C, Senephansiri S, Keodouangsy L, Chounlamountry T, Khamxaykhay C, Panyasiri K, Tivet F, Séguy, 2008 Changes in soil aggregation, soil water-holding capacity and soil biological activity under no-till systems and cropping sequences in the Lao PDR. Regional workshop on conservation agriculture - Investing in Sustainable Agriculture: The Case of Conservation Agriculture and Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems, 28 October - 1 November 2008, Phonsavan, Xieng Khouang, Lao PDR.

Tran Quoc H, Tivet F, Senephansiri S, Keodouangsy L, Chounlamountry T, Khamxaykhay C, Séguy L, 2008 Maize yield and profit increase under a no-tillage system and crop rotation with legumes in southern Sayaboury province, LAO PDR. Regional workshop on conservation agriculture - Investing in Sustainable Agriculture: The Case of Conservation Agriculture and Direct Seeding Mulch-Based Cropping Systems, 28 October - 1 November 2008, Phonsavan, Xieng Khouang, Lao PDR.

Tubiello N. F., Donatelli M., Rosenzweig C., Stockle C.O., 2000. Effects of climate change and elevated CO_2 on cropping systems: model predictions at two Italian locations. *Eur. J. Agron*, 13, pp. 179-189.

Tukker A., Emmert S., Charter M., Vezzoli C., Sto E., Andersen M., Geerken T., Tischner U., Lahlou S., 2008. Fostering change to sustainable consumption and production: an evidence based view, *Journal of Cleaner Production*, Volume 16, Issue 11, The Governance and Practice of Change of Sustainable Consumption and Production, pp.1218-1225.

Tukker A., Baush-Goldbohm S., Verheiden M., de Koning A., Kleijn O., Perez Domingez I., 2009. *Environmental impacts of diet changes in the EU*, European Commission Joint Research Centre Scientific and Technical Report, http://ipts.jrc.ec.europa.eu/publications/pub.cfm?id=2359.

Turner N.C., 2004. Sustainable production of crops and pastures under drought in a Mediterranean environment. *Ann. Appl. Biol*. 144, pp. 139-147.

Trumbore P., Hughen K.A., Overpeck J.T., Larry C., Trumbore S. 1989. Rapid climate changes in the tropical Atlantic region during the last deglaciation. *Nature* 380, 51 – 54 (07 March 1996).

UNCBD, 2000. *COP 5 Decision* V/6 Ecosystem approach. URL: http://www.cbd.int/decision/cop/?id=7148 (ultimo accesso: giugno 2010).

UNFCCC-United Nation Framework Convention on Climate Change, 1997. *The Kyoto Protocol, COP3*, Climate Change Secretariat, Bonn. Disponibile al sito : http://www.unfccc.int/.

UNFCCC-United Nation Framework Convention on Climate Change, 2005. United Nations Framework Convention on Cimate Change, *Decision 16/CMP.1. Land use, land use change and forestry.* FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.3, p. 3.

UNFCCC-United Nation Framework Convention on Climate Change, 2007. *Report of the review of the initial report of Italy*. FCCC/IRR/2007/ITA 10 December 2007. Disponibile al sito: http://unfccc.int/resource/docs/2007/irr/ita.pdf. Paragrafo 126, p. 29.

UNFCCC- United Nation Framework Convention on Climate Change, 2009. Challenges and opportunities for mitigation in the agricultural sector, Technical paper, FCCC/TP/2008/8 21 November 2008.

UNFCCC - United Nations Framework Convention Climate Change, 2010. *Report of the individual review of the annual submission of Italy submitted in 2010* (FCCC/ARR/2010/ITA; 22 November 2010).

Uri N.D., Atwood J.D., Sanabria J. 1998. The environmental benefits and costs of conservation tillage. *Sci. Total Environ*. 216, pp. 13–32.

Valentini R., Matteucci G., Dolman A.J., Schulze E.D., Rebmann C., Moore E.J., Granier A., Gross P., Jensen N.O., Pilegaard K., Lindroth A., Grelle A., Bernhofer C., Grünwald T., Aubinet M., Ceulemans R., Kowalski A.S., Vesala T., Rannik Ü., Berbigier P., Loustau D., Guamundsson J., Thorgeirsson H., A. Ibrom A., Morgenstern K., Clement R., Moncrieff J., Montagnani L., Minerbi S., Jarvis P.G., 2000. Respiration as the main determinant of carbon balance in European forest. *Nature*, 404: Pp 861-865

Van der Knijff J.M.; Jones R.J.A., Montanarella L., 1999. *Soil Erosion Risk Assessment in Italy*, European Soil Bureau, Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy, http://eusoils.jrc.it/.

Van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. 2009. *ENSEMBLES: Climate Change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project*, Met Office Hadley Centre, UK, 160 pp.

Van Drecht G., Bouwman A.F., Knoop J.M., Beusen A.H.W., Meinardi C.R., 2003. Global modelling of the fate of nitrogen from point and nonpoint sources in soils, groundwater, and surface water. *Global Biogeochemical Cycles* 17(4), 1115.

Vanotti M.B., Sgogi A.A., Vives C.A., 2008. Greenhouse gas emission reduction and environmental quality improvement from implementation of aerobic waste treatment systems in swine farms. *Waste Management,* 28, pp. 759-766.

Velthof, G.L. D.A. Oudendag & O. Oenema 2007. *Development and application of the integrated nitrogen model MITERRA-EUROPE.* Task 1 Service contract "Integrated measures in agriculture to reduce ammonia emissions". Alterra report 1663.1, Alterra, Wageningen.

Villani,G., Tomozeiu R., Tomei F., Marletto V. 2010. *Scenari di cambiamento climatico e loro impatto sull'agricoltura Irrigua Romagnola*, Atti del XII Convegno Nazionale di Agrometeorologia - Rivista Italiana di Agrometeorologia,103-104, Patron Editore, edizione giugno 2010.

Vincent L.A., Peterson T.C., Barros V.R., Marino B., Rusticucci M., Carrasco G., Ramirez E., Alves L.M., Ambrizzi T., Berlato M.A., Grimm A.M., Marengo A., Molion L., Moncunill D.F., Rebello E., Anunciacao, Y.M.T., Quintana J., Santos J.L., Baez J., Coronel G., Garcia J., Trebejo I., Bidegain M., Haylock M.R. Karoly D., 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960–2000. *Journal of Climate* 18, pp. 5011–5023.

Vitali A., Segnalini M., Bertocchi L., Bernabucci U., Nardone A., Lacetera N., 2009. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science,* 92, pp. 3781–3790.

Walmsley J.D., Jones D.L., Reynolds B., Price M.H., Healey J.R., 2008. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. Forest Ecology and Management 257, pp. 1104-1111.

Walter C., Stützel H., 2009. A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators, *Ecological Economics*, 68, pp. 1288-1300.

Wardle D.A. 1995. *Impacts of soil disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practices*. In: Begon M. (Ed.), Advances in Ecological Research 26, Academic Press, New York, pp. 105–185.

Watson R.T., Zinvowera-Mrufa C., Moss R.H., 1996. *Technologies, policies and measures for mitigating climate change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC 1996, pp 84.

Weiske A., Vabitsch A., Olesen J.E., Schelde K., Michel J., Friedrich R., Kaltschmitt M. 2006. Mitigation of greenhouse gas emissions in European conventional and organic dairy farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112, pp. 221–232.

West J. W., 1999. Nutritional strategies for managing the heat stressed dairy cow*., Journal of Animal Science,* 77 (Suppl. 2), pp. 21–35.

West T.O., Marland G. 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: comparing tillage practices in the United States, *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 91, pp. 217–232.

Wibig Heino S., R., Brázdil R., Førland E., Tuomenvirta H., Alexandersson H., Beniston M., Pfister C., Rebetez M., Rosenhagen G., Rösner J., 1999. Progress in the study of climatic extremes in northern and central Europe. *Climatic Change,* 42, pp. 151–181.

Wilson B.R., Growns I., Lemon J., 2008. Land-use effects on soil properties on the north-western slopes of New South Wales: implications for soil condition assessment. *Australian Journal of Soil Research* 46, pp. 359–367

Wilson R., Elling W., 2004. Temporal instability in tree-growth/climate response in the Lower Bavarian Forest region: implications for dendroclimatic reconstruction. *Trees* , 18, pp. 19–28.

Wimmer R., 2002. Wood anatomical features in tree-rings as indicators of environmental change. *Dendrochronologia*, 20/1 2.

WMO, 1996. *Climatological Normals (CLI.NO) for the period 1961-1990*, Pubblicazione N. 847.

World Bank, 2010. *World Development Report 2010. Development and Climate Change*, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, Washington D.C.

Xu Z., Gleason M.L., Mueller D.S., Esker P.D., Bradley C.A., Buck J.W., Benson D.M., .Dixon P.M., Monteiro JEBA. 2008. Overwintering of Sclerotium rolfsii and S. rolfsii var. delphinii in different latitudes of the United States. *Plant Disease*, 92, pp. 719-724.

Yan Z., Jones P.D., Davies T.D., Moberg A., Bergström H., Camuffo D., Coche, C., Maugeri M., Demaree G.R., Verhoeve T., Thoen E., Barriendos M., Rodrıguez R., Martın-Vide J. Yang C., 2002. Trends of estreme temperature in Europe and China based on daily observation. *Climatic Change,* 53: 355–392.

Yeh H.Y., Wensel L.C. Turnblom E.C., 2000. An objective approach for classifying precipitation patterns to study climatic effects on tree growth. *Forest Ecology and Management*, 139, pp. 41-50.

Zdruli P., Jones R., Montanarella L., 1999. *Organic Matter in the Soils in Southern Europe*, Expert Report prepared for DG XI.E.3 by the European Soil Bureau.

Zoltan K., Ione I. P., 2007. Climate-growth relationship of tree species from a mixed stand of Apuseni Mts., Romania. *Dendrochronologia*, 24, pp. 109-115.

PIANO STRATEGICO DELLO SVILUPPO RURALE
L'AGRICOLTURA A BENEFICIO DI TUTTI

RETE RURALE NAZIONALE 2007-2013
Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Dipartimento delle politiche competitive del mondo rurale e della qualità
Direzione generale della competitività per lo sviluppo rurale

Via XX Settembre, 20 - 00187 Roma

reterurale@politicheagricole.gov.it
www.reterurale.it

ISBN 978-88-96095-11-9

9 788896 095119

Pubblicazione realizzata con il contributo FEASR (Fondo europeo per l'agricoltura e lo sviluppo rurale)
nell'ambito delle attività previste dal programma Rete Rurale Nazionale 2007-2013