



**Valutazione quantitativa delle misure agroambientali del  
Piano di Sviluppo Rurale delle Marche  
Quarto stato di avanzamento**

**Rapporto finale del terzo stralcio esecutivo  
4-III-RF  
Ancona, 30/06/2007**



## Sommario

1.	Composizione del gruppo di lavoro .....	4
2.	Introduzione .....	5
3.	Metodologie di valutazione.....	6
3.1.	Caratterizzazione idrogeologica e pedologica dell'area di monitoraggio di pianura.....	6
3.2.	Caratterizzazione della vegetazione, del bioclina e di bioindicatori nelle aree campione...7	
	Caratterizzazione bioclimatica.....	8
	Sistema di bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema.....	9
	Indagine faunistica sui coleotteri carabidi .....	12
3.3.	Valutazione quantitativa delle relazioni tra sistemi colturali e indicatori ambientali.....	13
	Bilanci apparenti .....	13
	Monitoraggio dei parametri agro-meteorologici.....	14
	Sistemi colturali e dinamica delle acque di deflusso superficiale.....	16
	Sistemi colturali e qualità dell'acqua di falda.....	17
	Valutazione quantitativa del bilancio dell'azoto con il modello DSSAT .....	19
	Calibrazione del modello EUROSEM per la valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo .....	22
4.	Risultati e discussione .....	23
4.1.	Caratterizzazione idrologica e pedologica delle aree campione .....	23
4.2.	Caratterizzazione di bioclina, vegetazione e bioindicatori delle aree campione .....	27
	Bioclina.....	27
	Vegetazione.....	29
	Bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema (area di pianura) .....	35
	Indagine faunistica sui coleotteri carabidi .....	38
4.3.	Valutazione quantitativa delle relazioni tra sistemi colturali e indicatori ambientali.....	41
	Bilanci apparenti .....	41
	Andamento meteorologico nel periodo di osservazione .....	47
	Afflussi, deflussi ed erosione idrica del suolo .....	48
	Perdite di azoto nitrico nel deflusso superficiale .....	48
	Perdite di fosforo solubile nel deflusso superficiale .....	49
	Valutazione della qualità delle acque di falda .....	51
	Calibrazione del modello DSSAT.....	56
	Calibrazione del modello EUROSEM .....	59
5.	Considerazioni conclusive .....	64
6.	Riferimenti bibliografici .....	69

## Indice delle figure

Figura 1 - Particolare di un lisimetro a disco (PRENART soil disc) e, a destra, pompa a vuoto portatile collegata ad una bottiglia per la raccolta delle soluzioni dal lisimetro.....	7
Figura 2 - Schema del sistema lisimetro – bottiglia di raccolta – pompa a vuoto. ....	7
Figura 3 - Rappresentazione grafica degli indici del modello dell'agroecosistema relativo ad una cenosi vegetale l'esempio riguarda le formazioni erbacee di margine dell'associazione <i>Centaureo bracteatae-Brometum erecti</i> ). ....	10
Figura 4 - Schema semplificato dell'ordinamento sulla base del dinamismo e dei livelli di maturità delle classi di vegetazione.....	11
Figura 5 - Dispositivo di monitoraggio del deflusso superficiale installato nel fosso collettore del bacino Bottiglie. A destra: dettaglio della sonda di misura della portata "area velocity" (sullo sfondo) e del terminale del campionatore. ....	16



Figura 6 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Bottiglie”.....	18
Figura 7 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Spescia”. .....	18
Figura 8 - Caratteristiche funzionali fondamentali del modello di simulazione DSSAT v4.0 (Jones et al., 2003). .....	21
Figura 9 - Diagramma bioclimatico e del bilancio idrico per le stazioni di Pergola e Jesi.....	27
Figura 10 - Diagramma bioclimatico e del bilancio idrico per la stazione di Ancona Torrette.....	29
Figura 11 - Grafici degli Indici di Maturità (IM) - Biodiversità ( $\text{sp m}^{-2}$ ), e delle forme biologiche applicato alla serie climacica collinare su arenarie del cerro <i>Lonicero xylostei-Quercus cerridis sigmetum</i> .....	36
Figura 12 - Spazializzazione dell’ Indice di Maturità (IM) relativo a tutte le tipologie di vegetazione rilevate.....	37
Figura 13 – Andamento termopluviometrico nel periodo giugno 2006-giugno 2007. Elaborazione dati forniti dal Centro Operativo del Servizio di Agrometeorologia dell’Agenzia Servizi Settore Agroalimentare Regionale – ASSAM.....	47
Figura 14- Dinamica della concentrazione di nitrati ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e della piezometrica (m) (dal piano di campagna) dei pozzi (“Bottiglie” pozzi: 1-2a-3-7-B; “Spescia” pozzi: 4-6-S). .....	51
Figura 15- Calibrazione frumento per le annate 2003-2004 e 2004-2005 per i trattamenti con concimazione N90 e N180 con lavorazione convenzionale. ....	58
Figura 16 - Calibrazione mais per le annate 2003-2004 e 2004-2005 per i trattamenti con concimazione N90 e N180 con lavorazione convenzionale. ....	59
Figura 17 –Precipitazioni mensili del 1998 (trattino), 1999 (triangolo nero) e 2000 (cerchio bianco) utilizzati per le fasi di calibrazione e validazione del modello, a confronto con i dati medi pluriennali. ....	60
Figura 18 – Deflussi osservati in relazione alle precipitazioni per il periodo 1998 – 2000.....	60
Figura 19 - Valori osservati di erosione idrica del suolo nei bacini di Serra de’ Conti in relazione alle precipitazioni per il periodo 1998 – 2000. ....	60
Figura 20 – Valori misurati e simulati di deflusso superficiale (totale per evento) a fine calibrazione (1998) e dopo la validazione (1999-2000). .....	61
Figura 21 – Confronto con la retta ideale $y=x$ . Cerchi = calibrazione; triangoli neri = validazione. ....	61
Figura 22 – Valori osservati e simulati di erosione (totali per evento) a fine calibrazione (1998) e dopo la validazione (1999-2000). ....	62
Figura 23 – Confronto con la retta ideale $y=x$ . Cerchi = calibrazione; triangoli neri = validazione. ....	62
Figura 24 – Valori annuali di erosione osservati, simulati da EUROSEM e con USLE.....	63

## Indice delle tabelle

Tabella 1 – Composizione del gruppo di lavoro .....	4
Tabella 2 - Lista delle abbreviazioni.....	4
Tabella 3 - Contenuto percentuale medio in azoto, fosforo e anidride fosforica dei principali prodotti agricoli del territorio oggetto di indagine, secondo i dati medi delle asportazioni analizzate dal laboratorio ASSAM di Jesi. I dati si riferiscono al prodotto secco, fatta eccezione per la vite, per la quale si considera il prodotto tal quale.....	14
Tabella 4 - Principali parametri analizzati sui campioni di suolo prelevati nei siti campione da ciascun orizzonte dei diversi profili realizzati. ....	19
Tabella 5 - Variabili misurate, e metodologia usata, per la calibrazione di DSSAT per la coltura di frumento duro nei siti di collina e di pianura. ....	20
Tabella 6 - Variabili misurate, e metodologia usata, per la calibrazione di DSSAT per la coltura di mais nei siti di collina e di pianura. ....	20
Tabella 7 Aggruppamento a <i>Equisetum telmateja</i> .....	31



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 8 – <i>Agropyro repenstis</i> – <i>Dactyletum glomeratae</i> Ubaldi 1976 em. Ubaldi, Puppi, e Speranza 1983.....	32
Tabella 9 – Aggruppamento a <i>Lolium perenne</i> .....	33
Tabella 10 – <i>Aphano arvensis</i> – <i>Matricanetum chamomillae</i> Tuxen 1937 .....	34
Tabella 11 – <i>Linario spurie</i> – <i>Stachyetum annuae</i> Lorenzoni 1965 .....	35
Tabella 12 - Tabella riassuntiva delle specie, degli esemplari per ciascun <i>taxon</i> e degli indici biotici per ogni sito nei bacini Bottiglie e Spescia - Serra de' Conti (AN).....	39
Tabella 13 Quadro riassuntivo delle caratteristiche ecologiche e biologiche riscontrate nelle diverse entità, espresso come numero di specie e come percentuale per ogni sito nei bacini Bottiglie e Spescia - Serra de' Conti (AN). .....	40
Tabella 14- Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo dell'azienda campione nel sito di pianura.....	42
Tabella 15– Scheda colturale del frumento duro in pianura .....	42
Tabella 16 – Scheda colturale del mais in pianura.....	43
Tabella 17 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Spescia" (Serra de' Conti). .....	44
Tabella 18 - Colture del bacino "Spescia" (Serra de' Conti) nell'annata agraria 2006-07.....	44
Tabella 19 – Annata 2006-07. Colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Bottiglie" (Serra de' Conti). I dati di produzione della vite sono espressi in t ha <sup>-1</sup> di prodotto tal quale, quelli delle altre colture in t ha <sup>-1</sup> di sostanza secca.....	44
Tabella 20- Colture del bacino "Bottiglie" (Serra de' Conti) nell'annata agraria 2006-07.....	45
Tabella 21– Scheda colturale del frumento duro in collina .....	45
Tabella 22– Scheda colturale del girasole in collina.....	46
Tabella 23 – Scheda colturale del favino/pisello in collina .....	46
Tabella 24– Scheda colturale dell'erba medica in collina .....	46
Tabella 25 - Bacino "Spescia": caratteristiche delle principali precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.....	50
Tabella 26 - Bacino "Bottiglie": caratteristiche delle principali precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.....	50
Tabella 27 – Sintesi dei risultati delle analisi mineralogiche dell'acqua dei pozzi oggetto di valutazione nei microbacini di Serra de' Conti (periodo 2006-2007). .....	55
Tabella 28 - Trattamenti sperimentali relativi a tecniche di lavorazione e concimazioni. ....	56
Tabella 29 - Caratteristiche medie dei suoli nei quali è stata condotta la sperimentazione. Tra parentesi l'errore standard.....	57
Tabella 30 – Precipitazioni e temperature medie mensili di Agugliano (AN). Anni di osservazione: gen 1998 – giu 2007. Elaborazione da dati della stazione meteo dell'ASSAM di Augliano. ....	57



## 1. Composizione del gruppo di lavoro

Il gruppo di lavoro che contribuisce alla valutazione ha competenze nel campo dell'Agronomia e coltivazioni erbacee, Pedologia e Botanica (Tabella 1).

Tabella 1 – Composizione del gruppo di lavoro

Nome	Qualifica	Competenza	Dipartimento
Pier Paolo Roggero	prof ordinario	Agronomia e coltivazioni erbacee	SAPROV
Marco Toderi	ricercatore		
Giovanna Seddaiu	ricercatore		
Giacomo Desanctis	dottore di ricerca		
Giuseppe Iezzi	dottore di ricerca		
Roberto Orsini	dottore di ricerca		
Martina Perugini	dottoranda di ricerca		
Giuseppe Corti	prof associato	Pedologia	
Stefania Cocco	ricercatore		
Clorino Cioci	dottorando di ricerca		
Fabio Taffetani	prof ordinario	Botanica	
Michele Rismondo	dottore di ricerca		
Pietro Lanari	Responsabile	Laboratorio Agrochimico	ASSAM
Maddalena Canella	Funzionario		
Ettore Marchegiani	Responsabile	Servizio Agrometeo	
Busilacchi Michela	Tecnico		

Tabella 2 - Lista delle abbreviazioni

Abbrev.	Significato
AGEA	Agenzia per le erogazioni in agricoltura
ARF	sistema Agroalimentare ambiente Rurale e Foreste
ASSAM	Agenzia per i Servizi del Settore Agroalimentare nelle Marche
CTC	Comitato Tecnico di Coordinamento
DDS	Decreto del Dirigente del Servizio
n-k-xx	n = numero arabo (1-5) corrispondente allo stato di avanzamento; k = numero romano (I-IV) corrispondente allo stralcio del progetto xx = PD, PE, RF
PAC	Politica Agricola Comune
PD	Progetto Definitivo (1-PD)
PE	Progetto Esecutivo
PSR	Piano di Sviluppo Rurale (reg. 1260/99) 2000-2006 per la Regione Marche
RF	Rapporto Finale
RTI	Valutatore indipendente Ecoter-Resco-Unicab
SAPROV	Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali, Università Politecnica delle Marche
STAR	Comitato per le Strutture Agricole e Sviluppo Rurale
ZVN	Zona Vulnerabile per l'inquinamento da Nitrati di origine agricola



## 2. Introduzione

Il progetto di valutazione quantitativa rappresenta un approfondimento rispetto al programma di valutazione affidato dalla Regione Marche all'RTI, in particolare per gli aspetti che riguardano l'impatto delle misure F1 e F2 attuate dalla regione sull'erosione del suolo, la lisciviazione di nitrati e fosforo e la conservazione della fertilità del suolo.

Questa relazione finale si riferisce al quarto stato di avanzamento (terzo stralcio esecutivo) del progetto di valutazione quantitativa delle Misure Agroambientali del Piano di Sviluppo Rurale delle Marche, che è stato affidato all'ASSAM (Agenzia per lo Sviluppo del Settore Agroalimentare nelle Marche) e ad un gruppo di lavoro interdisciplinare dell'Università Politecnica delle Marche. Essa costituisce un ulteriore avanzamento rispetto alle relazioni precedenti, aggiornato a giugno 2007, ed è basata sulla raccolta e valutazione di dati originali nei siti di monitoraggio prescelti, nel periodo giugno 2006-giugno 2007.

La relazione riporta, nello stesso ordine seguito nella tabella 5 del progetto definitivo (**Allegato 1**), le metodologie e i principali risultati conseguiti basati sulla raccolta di dati biofisici in tre aree di campionamento, una ubicata in ambiente di pianura irrigua, le altre due in ambiente collinare.

Le finalità del quarto stato di avanzamento della valutazione quantitativa del PSR possono essere così schematizzate:

- 1) Proseguimento della caratterizzazione pedologica, idrologica, vegetazionale e colturale di un sito di pianura in cui svolgere le valutazioni necessarie per la valutazione delle misure agro ambientali;
- 2) Valutazioni intermedie degli effetti delle tecniche agronomiche sulla qualità delle acque nei siti di collina, nei quali il monitoraggio è stato avviato sin dal 1998;
- 3) Calibrazione e validazione di un modello matematico per la stima dell'erosione del suolo a scala di bacino e prime valutazioni.

In relazione alle finalità del progetto di valutazione e alle considerazioni esposte successivamente nel capitolo 3.1 sulle caratteristiche idrogeologiche e pedologiche rilevate nel sito di monitoraggio di pianura descritto nelle precedenti relazioni, le analisi stratigrafiche inizialmente previste dal progetto definitivo per la caratterizzazione idrogeologica del sito di pianura sono state ritenute superflue ai fini della valutazione quantitativa della lisciviazione dei nitrati nell'acquifero sottostante. Tuttavia, considerando gli obiettivi della valutazione, era necessario disporre di affidabili strumenti di analisi che permettessero di quantificare in maniera scientificamente valida il bilancio idrico e dei principali nutrienti a livello di sistema colturale, sulla base delle specifiche condizioni climatiche e pedologiche locali. Le verifiche di campo effettuate nelle prime fasi di avanzamento del lavoro avevano infatti messo in evidenza il fatto che attraverso le ricerche stratigrafiche e l'analisi delle acque dei pozzi non sarebbe stato possibile mettere in relazione le caratteristiche qualitative dell'acqua con i sistemi colturali effettivamente adottati nell'area prospiciente i pozzi. D'altra parte, attraverso i dati sperimentali e i monitoraggi di lungo termine condotti dal gruppo di lavoro nelle Marche, potevano essere utilizzati per la calibrazione di un modello matematico a base fisica, capace di simulare le colture, il bilancio idrico e dei principali nutrienti con elevato grado di accuratezza. Questa scelta ha comportato un notevole investimento di risorse per la calibrazione del modello DSSAT (Jones et al., 2003), del quale in questo rapporto si illustra la fase propedeutica all'ottenimento dei risultati di valutazione che saranno riportati nella relazione finale.

Questa relazione contiene informazioni sulle metodologie di valutazione e sui principali risultati conseguiti relativamente all'area di pianura e di collina, ed alcuni approfondimenti relativi alla caratterizzazione pedologica e della vegetazione del sito di pianura. Per ulteriori dettagli sulla metodologia seguita per il monitoraggio a scala di microbacino in collina, si deve far riferimento al





rapporto finale del primo e secondo stato di avanzamento (2-I-RF, 3-II-RF). I principali archivi informatici relativi ai risultati conseguiti sono stati allegati esclusivamente su supporto digitale.

### 3. Metodologie di valutazione

#### 3.1. Caratterizzazione idrogeologica e pedologica dell'area di monitoraggio di pianura

La caratterizzazione pedologica del sito di pianura è stata eseguita mediante apertura di 4 profili di suolo, ciò ha permesso l'individuazione e il campionamento dei differenti suoli presenti. I profili di suolo sono stati descritti dettagliatamente ed è stato eseguito il campionamento per orizzonti, con lo scopo di eseguire in laboratorio una loro caratterizzazione chimico fisica.

Sono stati successivamente installati strumenti di misura su quattro appezzamenti di terreno di un'azienda privata ubicata in prossimità della foce del fiume Esino nel comune di Falconara Marittima (Ancona). In ogni profilo sono stati installati dei lisimetri a disco (*plate lysimeters - Prenart soil disks*) per il campionamento delle soluzioni telluriche. I lisimetri sono stati posti in corrispondenza del limite inferiore dei principali orizzonti pedologici identificati (due o tre lisimetri per ogni orizzonte a partire dalla profondità di circa 60 cm). Mediamente sono stati considerati 3 orizzonti per profilo entro 120-150 cm di profondità. Al fine di permettere le normali operazioni colturali, ogni lisimetro è stato collegato a tubi in teflon che fuoriescono dal suolo a bordo campo che, al momento del campionamento delle soluzioni, vengono collegati a delle bottiglie di raccolta, a sua volta collegate ad una pompa a vuoto (Figura 1 e Figura 2).

Al momento dell'installazione dei lisimetri, in ogni profilo sono stati anche installati sei dispositivi per la misura dell'umidità (*Eijkelkamp soil moisture blocks*) alle stesse profondità dei lisimetri. In due dei quattro profili sono state anche installate sonde per la raccolta di gas tellurici (a circa 90 cm e a circa 140 cm di profondità).

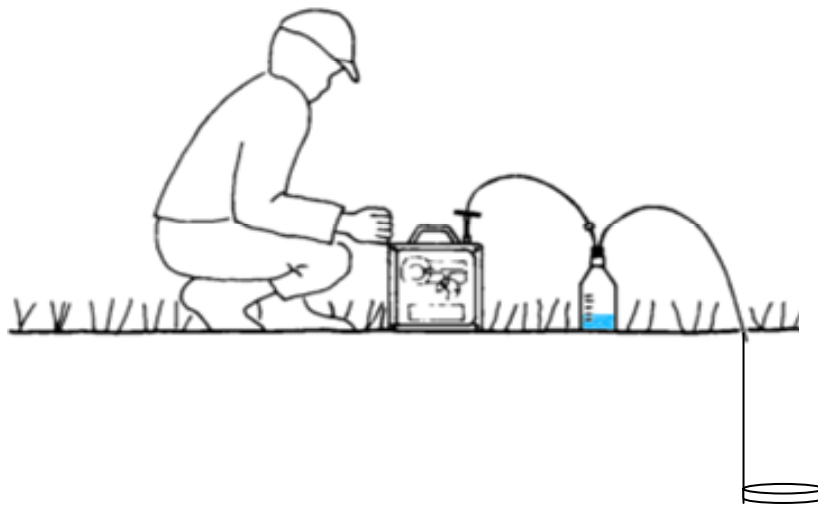
Attraverso questo metodo è possibile misurare, con elevata accuratezza, la dinamica del profilo verticale di concentrazione dei nitrati ed altri nutrienti nel terreno, in relazione alle pratiche colturali effettivamente utilizzate negli appezzamenti oggetto di monitoraggio. In tal modo, si evita il problema che invece si sarebbe potuto verificare con il monitoraggio dell'acqua della falda, attraverso freatimetri o pozzi che, nelle condizioni molto frequenti del fondo valle delle Marche, intercettano acquiferi la cui origine è difficilmente riconducibile alle pratiche colturali dei campi sovrastanti.

Un limite di applicazione di questa metodologia è che i lisimetri permettono la raccolta di campioni di acqua solamente se il terreno si trova con un contenuto idrico prossimo o superiore alla capacità idrica di campo, che peraltro è anche la condizione necessaria perché avvenga la lisciviazione dei nitrati. Ciò significa che la raccolta dati è fortemente condizionata dall'andamento pluviometrico durante il periodo di monitoraggio. Il dispositivo installato rappresenta perciò uno strumento per monitoraggi di medio-lungo termine. Per ovviare a questa limitazione, si è deciso di integrare questa installazione utilizzando l'analisi del profilo di suolo e i dati raccolti sui sistemi colturali di pianura per la calibrazione del modello matematico DSSAT, in grado di simulare i principali processi biofisici che controllano la produttività delle colture, la dinamica dell'acqua, dell'azoto e della sostanza organica nel terreno. Il modello DSSAT rappresenta inoltre lo strumento ideale per ovviare alle limitazioni delle analisi stratigrafiche già descritte nel cap. 2 e discusse nella relazione 3-II-RF, capitolo 4.1 pag. 8. Una dettagliata descrizione delle caratteristiche del modello DSSAT è riportata nel cap. 0 di questa relazione. Il modello permetterà inoltre di migliorare l'inferenza delle valutazioni su scala territoriale, assumendo la disponibilità di un sistema informativo sulle caratteristiche dei suoli e dei sistemi colturali della regione. Questa scelta rappresenta quindi un investimento anche per le future valutazioni quantitative dell'impatto delle misure agroambientali.

Figura 1 - Particolare di un lisimetro a disco (PRENART soil disc) e, a destra, pompa a vuoto portatile collegata ad una bottiglia per la raccolta delle soluzioni dal lisimetro



Figura 2 - Schema del sistema lisimetro – bottiglia di raccolta – pompa a vuoto.



### 3.2. Caratterizzazione della vegetazione, del bioclimate e di bioindicatori nelle aree campione.

Nelle precedenti relazioni sono stati riportati i dati relativi alla caratterizzazione floristica e vegetazionale dei siti di collina. In questa relazione si riportano i dati relativi alla caratterizzazione bioclimatica dei siti di pianura e di collina e le caratteristiche della vegetazione del sito di pianura. Inoltre, coerentemente con l'obiettivo di caratterizzare le possibili interazioni tra aree coltivate e fasce di vegetazione spontanea circostanti, si riportano le metodologie e i primi risultati derivanti dalla quantificazione di una serie di bioindicatori utili a definire l'impatto della gestione dell'agroecosistema.





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

*Caratterizzazione bioclimatica*

La bioclimatologia è una scienza ecologica che studia le relazioni tra il clima e la distribuzione delle specie viventi sulla terra. Essa si differenzia dalla Climatologia essenzialmente per il fatto che le informazioni, gli indici e le unità di misura utilizzate sono correlati alle specie ed alle biocenosi, all'interno delle quali le comunità vegetali, per il loro stretto legame con le caratteristiche climatiche e pedologiche del territorio, risultano maggiormente adeguate come bioindicatori (Rivas-Martinez, 1987). In particolare lo studio del fitoclima permette di risalire alla vegetazione potenziale naturale di un territorio, diventando uno strumento conoscitivo indispensabile per esaminare i processi dinamici che caratterizzano la vegetazione di un'area e di conseguenza pianificare su base scientifica la gestione delle risorse (Blasi, 2003). Il "Worldwide Bioclimatic Classification System" proposto dal Rivas-Martinez (Rivas-Martinez et al., 1999) definisce i principali macrobioclimi, con le rispettive varianti bioclimatiche, a livello mondiale sulla base del calcolo e dell'applicazione di indici specifici. Tali indici, a partire da dati geografici, di temperatura e delle precipitazioni, consentono di determinare le caratteristiche fitoclimatiche di una determinata area sia a livello puntuale, sia come inserimento della stessa in contesti macrobioclimatici più ampi.

Per lo studio del clima nelle aree indagate sono stati utilizzati alcuni indici utili per la descrizione dei rapporti tra temperatura e precipitazioni, come base per la definizione del fitoclima presente. Gli indici utilizzati sono:

- *Pluviofattore di Lang*:  $Pf = P/T$  ( $P$ =precipitazioni medie annue;  $T$ =temperatura media annua). I valori di questo indice, calcolati per le stazioni pluviometriche considerate, mostrano in generale di aumentare all'aumentare dell'altitudine delle stazioni. Il clima secondo questo indice è da considerarsi umido in quanto tutti i valori sono superiori a 40.
- *Indice di aridità di De Martonne*:  $Ia = P/(T+10)$  ( $P$ =precipitazioni medie annue;  $T$ =temperatura media annua). Tale indice rappresenta una modificazione dell'indice di Lang ed indica l'aridità delle stazioni in modo inversamente proporzionale ai valori dell'indice. Tali valori esprimono la potenzialità della vegetazione forestale nel territorio.
- *Indice di Meditteraneità ( $Im2$ ) di Rivas-Martinez*:  $Im = ETP/P$  ( $ETP$ =evapotraspirazione potenziale dei mesi estivi;  $P$ =precipitazioni medie dei mesi estivi). Dei tre indici di meditteraneità proposti dall'autore, in cui  $Im1$  considera solo i dati relativi al mese di Luglio,  $Im2$  che tiene conto dei mesi di Luglio e Agosto, ed  $Im3$  che tiene conto dei mesi di Giugno Luglio e Agosto, l' $Im2$  sembra il più rappresentativo in quanto consente, nel caso della Regione Marche, le delimitazioni del bioclima mediterraneo indicando la stazione di Ancona Torrette come il limite settentrionale di tale bioclima per il versante adriatico della penisola (Biondi & Baldoni, 1993).
- *Indice ombrotermico estivo ( $Iov$ ) di Rivas-Martinez*:  $Iov = Ppv/Ttv$  ( $Ppv$ =precipitazioni medie mensili dei mesi di Giugno Luglio e Agosto;  $Ttv$  temperature medie mensili dello stesso periodo) Secondo tale indice il clima temperato è definito da valori dell'indice superiori a 2, mentre valori inferiori esprimono il clima mediterraneo.
- *Indice di termicità ( $It$ ) di Rivas-Martinez*:  $It = (T+M+m)10$  ( $T$ =temperatura media annua;  $M$ =media delle massime del mese più freddo dell'anno;  $m$ =media delle minime del mese più freddo dell'anno) L'attribuzione dei piani bioclimatici avviene in base al calcolo dell'indice di termicità, secondo il quale le stazioni considerate appartengono al piano collinare subumido.
- *Climatogrammi secondo Walter e Lieth*: vengono costruiti riportando in ascissa i mesi dell'anno. Mentre sulle ordinate vengono indicate le temperature medie mensili e le precipitazioni medie mensili. La scala delle precipitazioni è doppia rispetto a quella delle temperature per cui  $1^\circ C = 2mm$ . Quando si realizza la condizione  $P < 2T$ , la curva delle precipitazioni scende al di sotto di quella delle temperature ed il periodo corrispondente viene



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

considerato arido. Oltre i 100mm di precipitazioni la scala viene ridotta di 1/10 e l'area corrispondente viene indicata in nero. Lungo l'ascissa vengono inoltre evidenziati i mesi freddi utilizzando i rettangoli di colore pieno se la media dei minimi del mese corrispondente è inferiore a 0°C, si usano rettangoli rigati quando pur essendo la media dei minimi del mese superiore a 0°C si registra un minimo assoluto mensile inferiore a 0°C. Il diagramma è completato dall'indicazione della temperatura minima e massima assoluta per il periodo studiato, altitudine della stazione, precipitazioni medie annue, temperatura media annua e numero degli anni di osservazione.

- *Diagrammi del bilancio idrico secondo Thornthwaite*: Attraverso questo metodo si ottiene una classificazione del clima mediante la determinazione del bilancio idrico, basata sul calcolo dell'evapotraspirazione reale (AE) e potenziale (PE). L'evapotraspirazione è un fattore molto importante per la vita vegetale in quanto rappresenta la precisa definizione del bisogno d'acqua della vegetazione (Thornthwaite & Mather, 1957). Per evapotraspirazione reale si intende la quantità d'acqua che effettivamente evapora dal suolo e traspira attraverso le piante; l'evapotraspirazione potenziale rappresenta invece la quantità d'acqua che evaporerebbe e traspirerebbe in determinate condizioni climatiche se le riserve idriche del suolo venissero costantemente rinnovate.

*Sistema di bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema*

Obiettivo finale di questa parte della valutazione è quello di acquisire elementi utili sul ruolo ecologico delle aree marginali e/o di aree di vegetazione naturale in aree interessate da sistemi colturali di diverso tipo, allo scopo di ricavare indicazioni riguardo l'uso sostenibile e la gestione integrata di queste risorse. Partendo da questi obiettivi primari è stato applicato un sistema di bioindicatori per la valutazione della qualità del paesaggio agrario, elaborato ad hoc per questo tipo di studi, come strumento utile all'interpretazione delle dinamiche evolutive che si instaurano negli ecosistemi, ma soprattutto accessibile ed utilizzabile da utenti diversi in fase analitica e successivamente gestionale e pianificatoria. La metodologia di indagine è basata sull'integrazione di dati di natura biologica (flora, vegetazione, fauna) e fisica (geomorfologia, clima), in modo da ottenere un output in grado di descrivere il paesaggio individuandone le unità funzionali che esprimono univocità delle caratteristiche costitutive, anche dal punto di vista evolutivo e potenziale (Taffetani e Santolini 1997). L'integrazione dei dati permette infatti una precisa interpretazione delle dinamiche che si instaurano all'interno dell'agroecosistema; pertanto, attraverso lo studio delle relazioni biologiche e fisiche tra elementi del territorio, è possibile individuarne la potenzialità anche in ambiti dove la pressione antropica ha provocato profondi rimaneggiamenti del tessuto naturale (Biondi e Taffetani 1999). Tali dati risultano dunque essere fondamentali per la caratterizzazione delle unità di paesaggio perché permettono di capire come, ad esempio, una cenosi vegetale potrà evolvere o regredire a seguito del sopraggiungere o del cessare di input esterni (es. diminuzione dell'impatto delle pratiche agricole) al sistema. Il livello di evoluzione e di stabilità nel tempo degli elementi del paesaggio rappresenta dunque una priorità di studio nell'ottica della salvaguardia delle specie animali e vegetali ad essi legate. In particolare all'interno dell'agroecosistema lo studio delle formazioni vegetali marginali (intendendo con questo termine le fasce di vegetazione di margine, cioè di bordo campo), che più risentono delle pressioni derivanti dai regimi colturali, permette di comprendere quali siano le risposte biotiche ai condizionamenti antropici. È dunque grazie a questa "sensibilità", ed alla possibilità di misura e quantificazione della stessa, che le formazioni vegetali, in particolare erbacee ed arbustive, possono fornire informazioni particolarmente utili per il monitoraggio della qualità degli habitat, la pianificazione degli interventi e la scelta delle pratiche agricole in relazione al contesto presente in un determinato momento.

Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

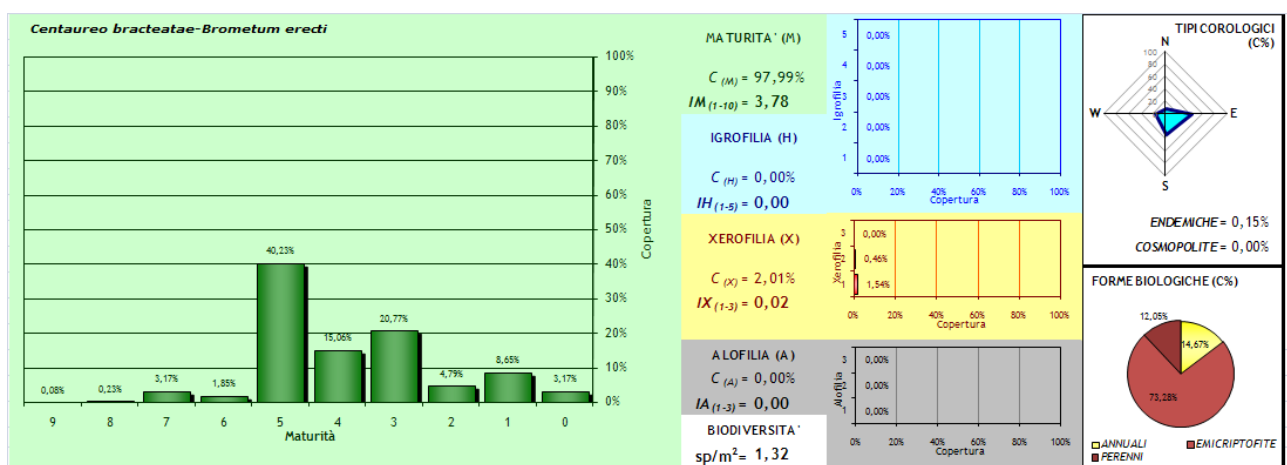
Questo strumento permette di valutare il grado di modificazione del paesaggio ed il sistema di relazioni biotiche ad essa conseguenti. Partendo dalle tabelle fitosociologiche, che forniscono informazioni riguardanti le specie presenti, la classe sintassonomica di appartenenza, le forme biologiche, i tipi corologici, ed il loro grado di copertura del suolo, è stato creato un elenco floristico delle specie rilevate all'interno delle aree studiate, attraverso il quale è stato costituito un database informatizzato della vegetazione. Partendo dalle informazioni contenute all'interno del database, sono stati utilizzati i dati di tipo qualitativo presenti per ottenere indici specifici riguardanti non solo il livello di biodiversità delle cenosi<sup>1</sup>, ma anche la distribuzione e la copertura del suolo delle specie rilevate. La biodiversità da sola non è infatti in grado di descrivere quali specie siano dominanti in una cenosi vegetale, o quale sia il livello di maturità raggiunto dal sistema (Taffetani et al. 2006).

Il sistema di bioindicatori agro-ambientali ha lo scopo di descrivere in modo specifico le interazioni dinamiche che si instaurano all'interno e fra cenosi vegetali nell'agroecosistema, soprattutto per quanto concerne le formazioni erbacee (margini, praterie, orli), che rappresentano gli indicatori più sensibili al disturbo in ambienti antropizzati e fortemente frammentati. L'utilizzo del metodo proposto trova il suo massimo di efficienza in questo ambito in quanto appositamente studiato e calibrato per dare risposte specifiche ed idonee al contesto di applicazione. Il sistema è composto da grafici ed indici che esprimono l'influenza di differenti fattori ecologici in risposta al livello di modificazione ed alle modalità di gestione dell'agroecosistema.

### Maturità delle cenosi vegetali

Il grafico in Figura 3 mostra come le specie appartenenti a differenti classi di vegetazione si distribuiscono a seconda del livello di maturità (M) attribuito a ciascuna classe e l'andamento degli istogrammi rende visibile in maniera intuitiva quali livelli di maturità hanno una maggiore influenza sulla copertura (C) del suolo. Il valore  $C(M)$  è infatti un indice influenzato dal grado di biodiversità e dal grado di copertura del suolo.

Figura 3 - Rappresentazione grafica degli indici del modello dell'agroecosistema relativo ad una cenosi vegetale l'esempio riguarda le formazioni erbacee di margine dell'associazione *Centaureo bracteatae-Brometum erecti*.

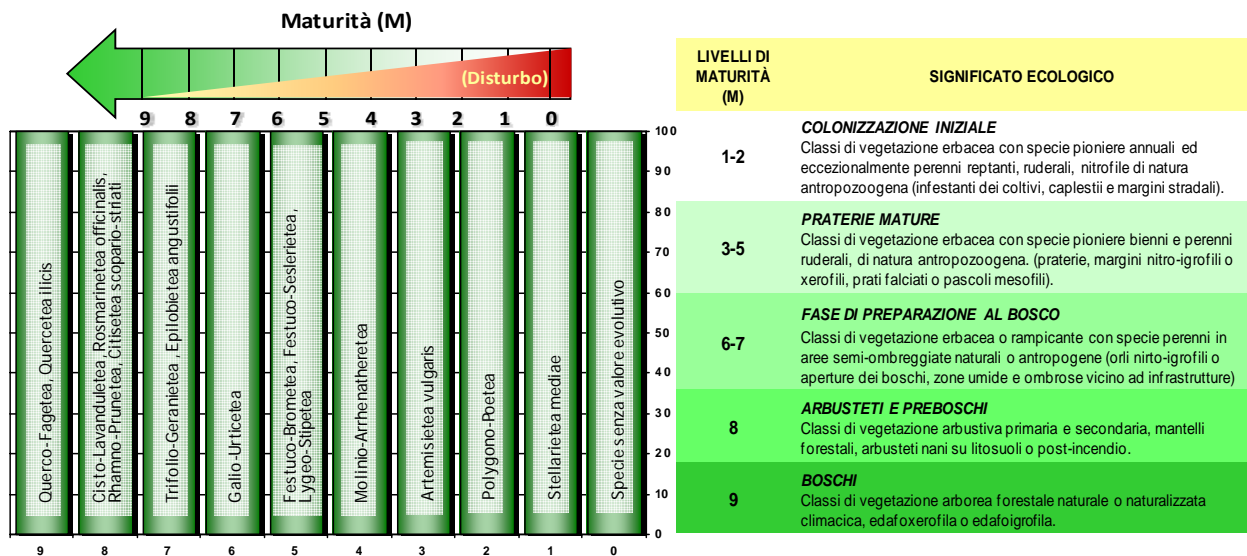


<sup>1</sup> Gli indici di Shannon, Eveness, Simpson D e Simpson 1/D sono indici standard che pesano in misura differente dominanza, ricchezza specifica e la distribuzione delle diverse specie nei siti di campionamento, e permettono di quantificare con un numero i diversi aspetti della biodiversità di una determinata cenosi.

Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Il grafico dei livelli di maturità descrive il grado di complessità interno alla cenosi vegetale, mentre l'Indice sintetico di Maturità (IM) indica lo stadio attuale di maturità della cenosi vegetale, e la potenzialità evolutiva verso formazioni più o meno mature in relazione al grado di disturbo (Figura 4).

Figura 4 - Schema semplificato dell'ordinamento sulla base del dinamismo e dei livelli di maturità delle classi di vegetazione



Incidenza dei fattori limitanti (Xerofilia – Igrofilia – Alofilia)

Gli indici di Xerofilia (IX), Igrofilia (IH) e Alofilia (IA) indicano la presenza di specie adattate ad ambienti con presenza di fattori limitanti. I grafici relativi indicano la copertura del suolo delle specie in base ai rispettivi livelli di adattamento a tali fattori. Questi valori, oltre che a fornire una indicazione singola sul grado di presenza (e di copertura) dell'una e dell'altra tipologia di specie, influenzano l'Indice di Maturità (IM), che rappresenta la sintesi degli indici IM, IX, IH, IA.

La condizione di xerofilia indica una situazione edafica relativamente povera con scarsità di suolo e limitata permanenza delle acque meteoriche. La colonizzazione di questi ambienti risulta difficile e con tempi relativamente lunghi, quindi la presenza di specie adattate a queste condizioni è un indicatore di basso livello di disturbo (maggiore maturità) della cenosi vegetale. La condizione di igrofilia facilita invece l'ingresso di piante legate all'umidità edafica con capacità di colonizzazione rapida, il che in ambiente agricolo non lega specificatamente il grado di maturità al livello di disturbo, bensì al fatto che tali specie non entrano a far parte delle dinamiche evolutive, abbassando il livello di maturità della cenosi. La condizione di alofilia indica la presenza di fattori di stress per molte specie vegetali tali da influenzare l'evoluzione delle stesse all'interno dell'agro-ecosistema.

Indice di Biodiversità floristica

L'indice di biodiversità floristica esprime l'abbondanza relativa (alla superficie) delle specie all'interno delle diverse cenosi vegetali. Tale indicazione risulta utile nel confronto tra tipologie di vegetazione, in quanto mette in evidenza come spesso, al contrario di quanto comunemente ritenuto, siano le formazioni erbacee (soprattutto orli di vegetazione) a possedere indici di biodiversità maggiormente elevati rispetto alle formazioni arbustive ed arboree.



## Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali

### Diagramma delle forme biologiche

Tale rapporto indica la percentuale di copertura delle specie terofitiche (annuali) rispetto alle specie perenni ed emicriptofite (erbacee perenni), ricavato dall'indicazione delle forme biologiche di ogni specie presente nella Flora d'Italia (Pignatti 1982).

Questo indice fornisce indicazioni riguardo la tendenza alla strutturazione o al ringiovanimento in relazione al livello di disturbo. In particolare la presenza di specie annuali esprime la tendenza pioniera delle formazioni erbacee scarsamente mature caratterizzate da elevato disturbo antropico, mentre la presenza di vegetazione erbacea perenne indica insieme l'entità del disturbo e lo stato evolutivo della vegetazione dal punto di vista fisionomico

### Indice dei tipi corologici

Gli indici relativi ai tipi corologici vengono comunemente impiegati per studi di carattere floristico, ma in questo caso possono essere utili per fornire informazioni riguardanti la presenza ed il grado di copertura di endemismi o specie cosmopolite, oltre che agli areali di distribuzione delle specie.

L'indice fornisce indicazioni sul grado di banalizzazione, resilienza ed omeostasi della cenosi vegetale in relazione alle pratiche agronomiche ed alla frammentazione del territorio.

### *Indagine faunistica sui coleotteri carabidi*

Attraverso lo studio della carabidofauna è possibile analizzare il valore che elementi naturali quali siepi, boschetti, alberi isolati o in filare, piantate, stagni e laghetti hanno nel mantenimento della biodiversità. I Carabidi sono efficaci indicatori dello stato dell'ambiente, sia che per esso si intenda l'ambiente naturale non o poco alterato dall'uomo, sia nel senso di ambiente modificato o degradato da specifici interventi umani (Rainio e Niemela 2003). Questa loro capacità deriva dagli stretti legami di ciascuna specie con fattori ambientali quali il grado di copertura vegetale del terreno, le sue caratteristiche chimico-fisiche, i fattori climatici e microclimatici (Thiele 1977). La persistenza di una comunità in un habitat dipende soprattutto dallo stadio vitale più vulnerabile, che nel caso dei Carabidi è quello larvale. La scelta dell'habitat quindi è influenzata dalla temperatura, dall'umidità, dalla disponibilità di cibo, dalla presenza e dalla distribuzione di competitori (come le formiche), dalla stagionalità e dagli input chimici di origine antropica. Inoltre il ruolo di predatori, all'apice di molteplici piccole catene alimentari, li rende particolarmente sensibili alle alterazioni ambientali. Per questi motivi ogni comunità di specie è in grado di fornire importanti informazioni sull'ambiente che la ospita, compreso il suo grado di stabilità e di disturbo antropico. Le comunità dei Carabidi possono essere ecologicamente caratterizzate da parametri quali il tipo riproduttivo delle specie, le loro strategie alimentari, il potere di dispersione (legato alle dimensioni e alla presenza o meno di ali funzionali) e le caratteristiche biogeografiche.

Negli agroecosistemi i Carabidi vengono utilizzati come bioindicatori soprattutto negli ambienti pratici, nelle colture di cereali, erbacee, frutticole e molte altre. I Carabidi sono influenzati negativamente da vari metodi di gestione dei campi (metodi tradizionali) e dei margini non coltivati (sfalcio, diserbo tradizionale, pirodiserbo, manutenzione dei fossati) e positivamente dai metodi di coltivazione a basso impatto ambientale (come quelli biologici). In generale il disturbo antropico causa la diminuzione del numero di specie e di individui (Rainio e Niemela 2003).

La carabidofauna è stata analizzata in 7 siti nel Bacino Bottiglie e in 9 siti nel Bacino Spescia nel comune di Serra de' Conti (AN). I Coleotteri Carabidi sono stati campionati mediante le trappole a caduta (*pitfall traps*), che rappresentano il metodo di campionamento tradizionalmente utilizzato per studiare tutti gli artropodi attivi sul suolo.





### 3.3. Valutazione quantitativa delle relazioni tra sistemi colturali e indicatori ambientali

#### *Bilanci apparenti*

Il bilancio apparente dei nutrienti, in agricoltura, rappresenta un importante indicatore della sostenibilità delle pratiche aziendali. Il bilancio consiste nel calcolo dei nutrienti apportati direttamente al terreno con i fertilizzanti e, indirettamente, attraverso gli alimenti destinati agli animali in produzione zootecnica (entrate), e delle asportazioni di nutrienti con le produzioni delle colture e degli allevamenti (uscite). Il bilancio tra entrate e uscite rappresenta il surplus di azoto e/o fosforo per un determinato appezzamento di terreno. Un surplus positivo di azoto, per esempio, corrisponde ad un eccesso temporaneo di azoto nel terreno, che può avere diversi destini: essere utilizzato dalla coltura che segue nella successione (es. successione di una graminacea dopo una leguminosa), essere temporaneamente fissato nel terreno sotto forma di ammonio o sostanza organica, essere perso per lisciviazione superficiale o profonda (es. i nitrati) o per volatilizzazione (es. l'ammoniaca). Più alto è il surplus, maggiore sarà la probabilità che si verifichino perdite e inquinamento delle acque. Un surplus negativo di azoto indica che le asportazioni sono state superiori agli apporti. Ciò può accadere nel caso di colture depauperanti non adeguatamente nutrite, che determinano un depauperamento della fertilità naturale del terreno, ma anche nel caso in cui la coltura abbia utilizzato fonti di azoto non apparenti, quali l'azoto combinato apportato con le precipitazioni o l'azoto fissato dalle leguminose.

Il metodo del bilancio apparente, se applicato a scala di bacino imbrifero, consente di valutare, in prima approssimazione, i surplus o deficit di nutrienti a scala territoriale e per le singole colture o appezzamenti. Sulla base di queste informazioni è possibile formulare ipotesi sul potenziale inquinante dei sistemi colturali. Il rischio di inquinamento da nitrati o fosforo di origine agricola nelle acque, oltre alla disponibilità di nutrienti in eccesso, dipende da numerosi altri fattori, quali la distribuzione stagionale delle precipitazioni, la capacità di ritenzione idrica dei terreni e la dinamica stagionale del bilancio idrico del sistema colturale. Un surplus medio annuale alto, calcolato su base pluriennale, indica comunque un elevato potenziale inquinante, mentre un surplus medio annuale basso in genere indica un basso rischio di inquinamento anche se, nel caso fosse associato a una concentrazione delle precipitazioni in un periodo in cui la concentrazione di azoto nitrico nel terreno è relativamente elevata, non si esclude la possibilità che l'acqua di percolazione destinata alla ricarica della falda possa raggiungere occasionalmente concentrazioni elevate.

#### Metodologia di rilevamento

L'acquisizione dei dati necessari al calcolo dei bilanci apparenti è stata effettuata a scala di micro-bacino mediante interviste sistematiche agli agricoltori sui sistemi colturali adottati, cioè sugli avvicendamenti e le tecniche agronomiche (tipo e data di lavorazione del terreno, data e dose di semina, data, tipo e dose di concimazioni, data, tipo e dose di trattamenti fitosanitari, data di raccolta e produzione delle colture). Sulle produzioni raccolte sono stati quantificati, mediante analisi di laboratorio eseguite presso il Laboratorio agrochimico dell'ASSAM di Jesi, il contenuto in azoto e fosforo dei prodotti asportati (Tabella 3). Sono stati acquisiti i dati necessari per:

- monitorare le asportazioni di azoto e fosforo degli avvicendamenti colturali in atto,
- redigere il bilancio apparente dell'azoto e del fosforo di ciascun sistema colturale a livello di bacino imbrifero,
- ottenere informazioni sulle pratiche agricole adottate dagli agricoltori, che sono state utilizzate anche per l'utilizzo dei modelli matematici impiegati nella valutazione (Eurosem e DSSAT).





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 3 - Contenuto percentuale medio in azoto, fosforo e anidride fosforica dei principali prodotti agricoli del territorio oggetto di indagine, secondo i dati medi delle asportazioni analizzate dal laboratorio ASSAM di Jesi. I dati si riferiscono al prodotto secco, fatta eccezione per la vite, per la quale si considera il prodotto tal quale.

Prodotto	% Azoto (N)	% fosforo (P)	% anidride fosforica (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Frumento duro (cariossidi)	2,1	0,5	1,1
Girasole (acheni)	2,3	0,8	1,8
Mais	1,3	0,3	0,6
Orzo	1,7	0,4	0,8
Pisello	3,2	0,8	1,8
Barbabietola da zucchero	0,2	0,1	0,2
Erba medica	1,7	0,3	0,7
Fagiolo borlotta	2,9*	0,5	1,1
Vite	0,47**	0,035**	0,08**
Farro	2,1	0,6	1,4
Cece	3,7	0,4	0,8
Cicerchia	4,4	0,6	1,4
Favino	4,2	0,8	1,8

\*stimato da letteratura (Giardini, 1989); \*\* sul prodotto tal quale

Per quanto riguarda l'azotofissazione, si è fatto riferimento ai dati ottenuti da sperimentazioni pluriennali condotte nelle Marche dal Gruppo di Ricerca della Sezione di Agronomia e Coltivazioni erbacee del SAPROV (Roggero et al., 2003; Graziaplena et al., 2005; Seddaiu et al., 2004; 2007). Sulla base di queste indicazioni, il bilancio dell'azoto dell'erba medica è stato posto pari a zero durante i primi 2 anni del ciclo produttivo; è stato calcolato un apporto netto pari al 50% dell'N asportato in media negli ultimi 2 anni al momento della rottura del prato; il 25% dell'N asportato è stato inserito nella voce input della coltura in successione. Per cece, cicerchia e favino, è stato calcolato un surplus pari al 50% dell'N asportato, mentre il 25% dell'N asportato è stato considerato come input della coltura in successione.

Della media delle asportazioni valutate attraverso analisi di laboratorio (Tabella 3) e dei dati forniti dagli agricoltori, sono stati calcolati i bilanci apparenti di tutti i terreni dei microbacini e delle principali colture dell'azienda campione di pianura.

#### Monitoraggio dei parametri agro-meteorologici

Il monitoraggio dei parametri agro-meteorologici è indispensabile per poter interpretare correttamente i risultati di campo del monitoraggio dei sistemi colturali e delle acque ed è una fonte primaria di informazioni per la calibrazione e validazione dei modelli di simulazione.

I dati meteorologici utilizzati per la valutazione sono stati forniti dal Centro Operativo Agrometeo Regionale dell'ASSAM (<http://www.meteo.marche.it/>) sotto forma di archivio MS Excel e sono allegati alla relazione. Le stazioni meteo alle quali si è fatto riferimento sono: Agugliano, Serra de' Conti e Falconara marittima.

Le stazioni di Agugliano e Serra de' Conti (località Spescia) fanno parte della rete di monitoraggio agrometeorologico della regione, quella di Falconara marittima è stata installata appositamente a supporto della valutazione.

La stazione di Agugliano, situata all'interno dell'azienda agraria didattico-sperimentale "Pasquale Rosati" dell'Università Politecnica delle Marche è fornita di sensori per la misurazione di:



## Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali

- Bagnatura fogliare
- Direzione vento a m 10
- Precipitazione
- Temperatura aria a m 1,5
- Umidità relativa aria
- Velocità direzione vento a m 10

In questo sito, è disponibile la serie storica di dati giornalieri dal 1998, di cui sono stati utilizzati una parte dei dati per la calibrazione del modello DSSAT

La stazione di Serra de' Conti è situata in prossimità del bacino Spescia ed è stata installata nell'ambito di un precedente progetto ASSAM-5b finalizzato alla valutazione delle misure agroambientali (reg. 2078/92). I sensori presenti nella stazione sono:

- Precipitazione
- Radiazione globale
- Temperatura aria a m 1,50
- Umidità relativa aria

I dati sono disponibili da ottobre 1998 e sono stati utilizzati nella valutazione per l'interpretazione dei dati di lisciviazione a scala di bacino e per la calibrazione del modello EUROSEM.

Nel sito di Serra de' Conti, a valle del bacino Bottiglie, da ottobre 2006 è attiva una seconda stazione di monitoraggio, per ridurre i possibili errori legati alla forte variabilità spaziale della distribuzione delle piogge a carattere temporalesco. In questa stazione sono quindi presenti solo sensori per la misura della temperatura dell'aria e delle precipitazioni.

La stazione di Falconara marittima è stata installata nel sito campione di pianura a supporto dell'interpretazione dei dati di lisciviazione ottenuti con il sistema lisimetrico di campionamento delle acque e della simulazione delle perdite di nutrienti mediante modelli matematici.

I sensori presenti nella stazione sono:

- Precipitazione
- Radiazione globale
- Temperatura aria a m 1,50
- Umidità relativa aria
- Velocità direzione vento a m 3

Tutte le stazioni sono gestite da *datalogger* Campbell interrogati per via digitale da remoto. L'energia necessaria all'alimentazione elettrica degli strumenti è fornita da pannelli solari, pertanto, per problemi di dimensionamento del pannello, i pluviometri non sono riscaldati. Per questo motivo la valutazione delle precipitazioni a carattere nevoso è sottostimata rispetto a quella delle precipitazioni piovose, ciò spiega il fatto che in alcuni casi siano stati osservati nei bacini eventi di deflusso superiori alle precipitazioni.

Per la calibrazione del modello EUROSEM per la simulazione dei bilanci idrici e dell'erosione idrica, in tutte le stazioni il *datalogger* per l'acquisizione dei dati di eventi piovosi superiori a 10 mm è stato impostato per una scansione di 10', per tener conto delle variazioni di erosività della pioggia. Questa impostazione permetterà di costruire un'ampia serie storica di dati, utile alla quantificazione e previsione dell'erosione idrica. Sarebbe auspicabile dotare di questa caratteristica il maggior numero di stazioni meteorologiche possibili. La modifica, operativa dalla fine del 2006 nelle tre stazioni, è stata impostata dai tecnici ASSAM con uno specifico intervento sul software che gestisce l'acquisizione dati meteo. Per quanto riguarda le altre variabili, i dati sono forniti su base giornaliera sotto forma di massimi, minimi e medie calcolate su base oraria.

*Sistemi colturali e dinamica delle acque di deflusso superficiale*

L'ubicazione dei siti di sperimentazione e la necessità di effettuare un campionamento sistematico e continuativo sulle aree in oggetto, ha portato alla progettazione di un sistema di campionamento automatico che permette di raccogliere diverse aliquote di campioni di torbida a valle dei bacini, nel fosso collettore principale. Questa procedura consente di ottenere campioni rappresentativi di ciascun deflusso superficiale che non sarebbe possibile ottenere con un campionamento manuale. Al campionatore automatico è accoppiato un misuratore di portata elettronico di tipo “*area velocity*” (Figura 5), che permette di riferire ciascun campione di torbida ad un volume ben preciso di acqua defluita nel fosso principale.



Figura 5 - Dispositivo di monitoraggio del deflusso superficiale installato nel fosso collettore del bacino Bottiglie. A destra: dettaglio della sonda di misura della portata “*area velocity*” (sullo sfondo) e del terminale del campionatore.

La tecnica *area velocity* è uno dei metodi più efficaci ed efficienti per misurare in continuo la portata in canali. Il notevole successo applicativo di questa tecnica di misura deriva dalla possibilità di effettuare la misura con strumenti automatici, senza la presenza costante dell'operatore. Sul mercato sono presenti sensori che utilizzano due modi di misura della velocità nei liquidi, quello che sfrutta il *principio di Faraday* (elettromagnetico) e quello che invece sfrutta gli ultrasuoni con il *principio dell'effetto Doppler*. Il secondo è normalmente riconosciuto come il più affidabile ed è quello impiegato nel dispositivo ubicato nei due bacini dell'area campione di collina. I moderni sensori Doppler per la misura della velocità, consentono di mantenersi in un errore non superiore al 4 - 5 % potendo determinare, quindi, con notevole precisione la velocità della sezione bagnata del canale. La velocità, utilizzata nel calcolo della portata, è la media di tutte le velocità lette lungo la sezione verticale della superficie bagnata ove si sta effettuando la misura. Il sistema calcola automaticamente la *media* delle letture, che permette di stimare con precisione la portata del fosso in ogni istante. I dati vengono archiviati con frequenza di 15 minuti.

Il campionatore ubicato nella sezione di chiusura dei bacini sperimentali è stato impostato in modo da prelevare 3 campioni di 500 mL, ognuno ogni 4000 m<sup>3</sup> di deflusso, corrispondente a circa 5,0 mm di deflusso nel bacino Spescia (80,83 ha) e 6,6 mm nel bacino “Bottiglie” (60,33 ha). Ogni campione è formato da 10 subcampioni da 50 ml estratti ogni 400 m<sup>3</sup> di deflusso. Il campionatore può raccogliere fino a 8 triplette di campioni e ha quindi un'autonomia di circa 40-50 mm di deflusso. Le triplette di campioni raccolte per ogni deflusso sono state analizzate presso il



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

laboratorio agrochimico dell'ASSAM di Jesi per quantificare la concentrazione di azoto nitrico, fosforo solubile e solidi sospesi. I campioni destinati alla determinazione dell'azoto nitrico sono stati acidificati con 1 ml L<sup>-1</sup> di acido cloridrico, quelli destinati alla determinazione del fosforo solubile con 1 ml L<sup>-1</sup> acido solforico per prevenire alterazioni dovute alla conservazione in attesa di essere analizzati.

I risultati sul monitoraggio delle acque superficiali sono stati messi in relazione con le tecniche colturali adottate nei due sottobacini, al fine di studiare i processi che controllano l'inquinamento e acquisire elementi di valutazione a supporto delle decisioni sulle eventuali possibilità di intervento.

*Sistemi colturali e qualità dell'acqua di falda*

Al fine di valutare le relazioni tra sistemi colturali e dinamica della concentrazione di inquinanti nella falda, nell'ambito del programma di valutazione è stato impostato un monitoraggio di lungo termine di alcuni pozzi ubicati nei due bacini Spescia e Bottiglie. La dinamica dell'acqua di falda nelle specifiche condizioni ambientali della collina marchigiana è particolarmente complessa, per cui è molto difficile poter identificare il bacino di competenza del pozzo, che spesso attinge a più falde contemporaneamente. La scarsa permeabilità dei suoli già a pochi cm dagli orizzonti lavorati, non permette di mettere in stretta relazione le pratiche colturali adottate in prossimità del pozzo con la qualità delle acque della falda immediatamente sottostante. Per questo motivo, si è preferito procedere ad un monitoraggio approfondito dei piccoli pozzi presenti nei due bacini "Bottiglie" e "Spescia" (Figura 6 e Figura 7), nell'ipotesi di correlare la dinamica della concentrazione di nitrati con i sistemi colturali degli stessi bacini.

Nel periodo compreso tra giugno 2006 e giugno 2007 sono stati raccolti complessivamente 96 campioni di acqua dagli 8 pozzi oggetto del monitoraggio. Con cadenza approssimativamente mensile, è stata misurata l'altezza piezometrica, la concentrazione di nitrati e di fosforo solubile, la conducibilità elettrica e il pH. Semestralmente è stata effettuata una verifica dei principali parametri fisico-chimici dell'acqua: alcalinità, durezza totale, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Tutte le analisi sono state eseguite dal laboratorio agrochimico dell'ASSAM.

L'area in questione è essenzialmente agricola e nei bacini oggetto di monitoraggio non sono presenti attività industriali. Il livello di urbanizzazione è basso, in modo da poter attribuire le dinamiche della concentrazione dei nutrienti in falda quasi esclusivamente alle attività agricole o a processi naturali.

Di seguito si fornisce una breve descrizione dei pozzi oggetto di campionamento.

- il pozzo 1 è ubicato nel fondovalle del bacino Bottiglie; si tratta di un pozzo realizzato oltre un secolo fa, risulta quindi essere la più antica opera di captazione del suddetto bacino. Era prevalentemente utilizzato (ora non più) per l'abbeveraggio del bestiame.
- Il pozzo 2a, anch'esso ubicato a Bottiglie, risale a oltre 90 anni fa; non ha mai fornito grossi volumi di acqua ed è stato utilizzato in passato per irrigare un orto di circa 2000 m<sup>2</sup> adiacente a una vecchia casa colonica oggi ristrutturata. È attualmente utilizzato per l'irrigazione di una tartufaia artificiale di recente impianto.
- Il pozzo 3 è adiacente ad un orto privato nella zona alta del bacino Bottiglie; realizzato una decina di anni fa, viene utilizzato regolarmente.
- Il pozzo 4 è ubicato a Spescia, sulla collina sovrastante il bacino; è di antica realizzazione, probabilmente risalente al secolo scorso; attualmente non è utilizzato.
- Il pozzo 6, realizzato circa decina d'anni fa, e si trova adiacente una casa colonica non abitata, a Spescia, ed è utilizzato sporadicamente.
- Il pozzo 7, situato anch'esso nella zona di spartiacque del bacino Bottiglie, fu costruito negli anni '50 ed è stato utilizzato per uso civile, essendo ubicato in prossimità di una abitazione.



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

- I due pozzi piezometrici sono stati realizzati nel 1998 in prossimità dei dispositivi di campionamento delle acque superficiali, rispettivamente a Bottiglie, pozzo B, e Spescia, pozzo S.

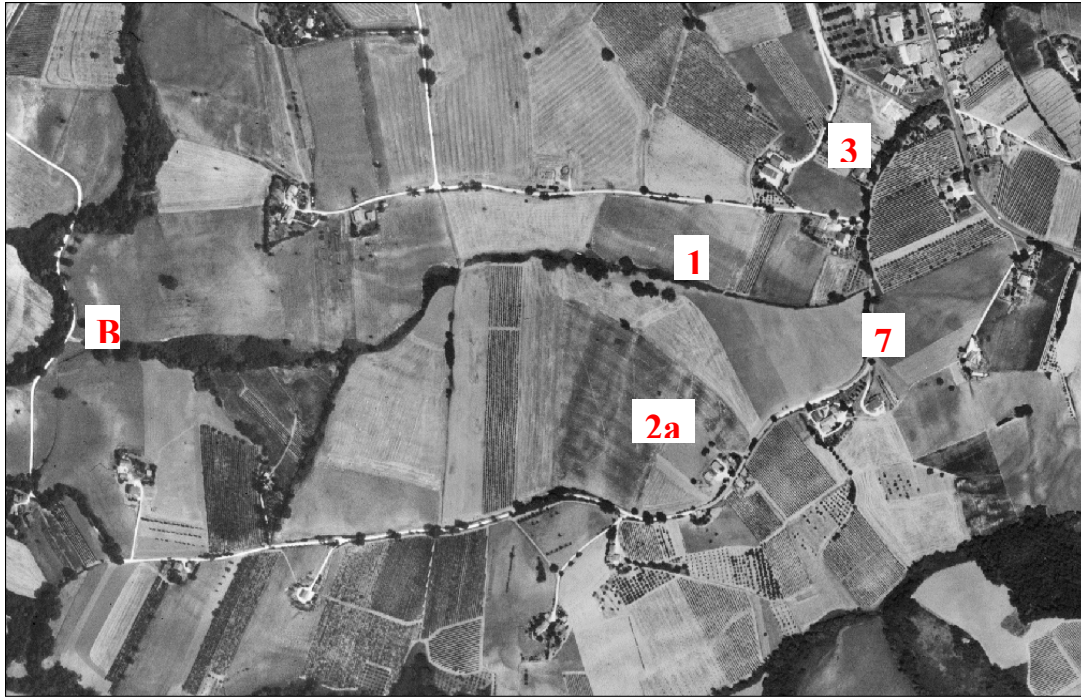


Figura 6 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Bottiglie”



Figura 7 – Ubicazione dei pozzi campionati nel bacino “Spescia”.



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

*Valutazione quantitativa del bilancio dell'azoto con il modello DSSAT*

Il modello DSSAT (Jones et al., 2003) è un sistema integrato basato su un approccio modellistico modulare (Figura 8). Rispetto ad altri modelli matematici di simulazione dei sistemi colturali, quali ad esempio CropSyst (Stöckle et al., 2003), DSSAT integra il modello Century SOM per la gestione della sostanza organica del terreno, fondamentale per una corretta valutazione del ciclo dell'azoto.

Il DSSAT simula la crescita e lo sviluppo delle colture con due moduli fondamentali: CROPGRO, idoneo a simulare le dicotiledoni, e CERES, progettato per la simulazione delle colture cerealicole. Il modulo colturale utilizza un unico set di codici per la simulazione della dinamica dell'acqua del suolo e del bilancio del carbonio e dell'azoto.

DSSAT permette di simulare gli effetti delle condizioni atmosferiche, del suolo, delle cultivar e della dinamica dell'azoto nel sistema suolo-pianta sulla crescita della coltura e sulle risposte produttive e qualitative di questa.

La versione di DSSAT utilizzata per le valutazioni è stata la 4.02, che comprende il modulo Century SOM, che permette di valutare anche la dinamica di carbonio e azoto nei sistemi colturali. Questa versione, comprende anche il sottomodello CERES-Till, che simula gli effetti delle lavorazioni del suolo. Il sottomodello CERES-Till utilizza il modello SCS (Soil Conservation Service, 1972), con le modifiche introdotte da Williams et al. (1984) per simulare le variazioni di densità apparente nel terreno per effetto delle lavorazioni e la ripartizione degli afflussi in infiltrazione e ruscellamento, attraverso la simulazione della dinamica della conducibilità idrica e del contenuto idrico alla saturazione. Le condizioni del suolo dopo le lavorazioni, infatti, sono dinamiche e cambiano a seguito delle precipitazioni.

Rispetto alla sperimentazione di campo, l'applicazione di modelli di simulazione a diversi scenari ambientali e di gestione del suolo, può fornire risposte attendibili relativamente all'impatto di diverse pratiche agronomiche sulle rese e sulle principali variabili ambientali. Tuttavia, la carenza di informazioni necessarie alla calibrazione dei modelli e la complessità delle fasi di calibrazione e validazione, rappresentano un serio ostacolo all'uso estensivo della simulazione. Nel caso specifico, per le Marche non esisteva alcun riferimento pubblicato relativamente all'impiego del modello DSSAT, sebbene in altri casi l'impiego di modelli matematici per la simulazione dei sistemi colturali avesse fornito nella regione risultati soddisfacenti per lo studio dell'impatto dei cambiamenti climatici sulla produttività di alcune colture erbacee (Donatelli et al., 2002).

Tabella 4 - Principali parametri analizzati sui campioni di suolo prelevati nei siti campione da ciascun orizzonte dei diversi profili realizzati.

<i>Parametro</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Metodo</i>
pH in H <sub>2</sub> O	-	D.M. 13/09/99 – III.1.
Tessitura terra fine (S, L, A)	g/Kg	D.M. 13/09/99 – II.5. <i>Setacciatura ad umido e sedimentazione (metodo della pipetta)</i>
Calcare totale	g/Kg	D.M. 13/09/99 – V.1.
Sostanza organica	g/Kg	D.M. 13/09/99 – VII.3. <i>Walkley e Black</i>
Carbonio organico	(C) g/Kg	D.M. 13/09/99 – VII.3. <i>Walkley e Black</i>
Azoto totale	(N) g/Kg	D.M. 13/09/99 – XIV.3. <i>Kjeldahl</i>
Fosforo assimilabile	(P) mg/Kg	D.M. 13/09/99 – XV.3. <i>Olsen</i>
Mg; K; Ca; Na	mg/Kg	D.M. 13/09/99 - XIII.5. <i>Bario cloruro e trietanolammina</i>
Azoto nitrico	mg/Kg	D.M. 13/09/99 - XIV.4 <i>Soluzione KCl 0,01 M</i>





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

La disponibilità di una serie storica di dati produttivi e fenologici raccolti in ambiente di collina e dei dettagli sulle analisi pedologiche nei siti di pianura e di collina, ha permesso di avviare, in questa fase del lavoro, la calibrazione di DSSAT per le principali colture nei siti di collina e di pianura. Questo lavoro è stato condotto in stretta collaborazione con il gruppo di lavoro del prof. J.W. Jones, University of Florida (USA), ideatore del modello DSSAT, e ha richiesto un notevole sforzo per la raccolta di dati sufficienti a garantire l'affidabilità delle simulazioni. In particolare, durante l'annata 2006-2007, è stata avviata una campagna di raccolta dati su frumento e mais che ha permesso di verificare l'attendibilità delle simulazioni e di calibrare il modello. Sono stati raccolti dati sulle caratteristiche fisico-chimiche di tutti gli orizzonti dei terreni campionati e sulle principali componenti della resa, la fenologia e la dinamica dell'area fogliare di frumento duro e mais (Tabella 4, Tabella 5, Tabella 6).

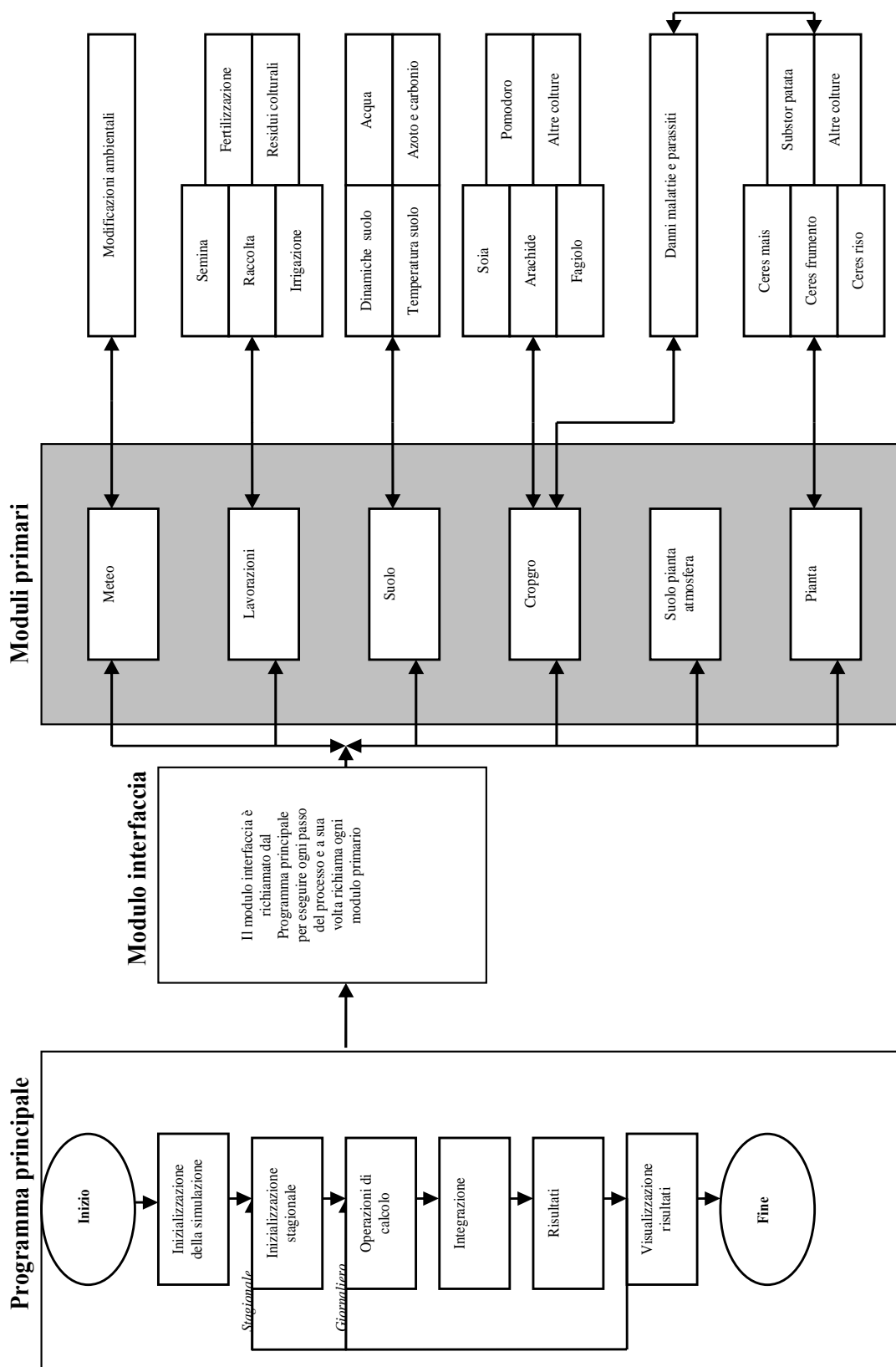
Tabella 5 - Variabili misurate, e metodologia usata, per la calibrazione di DSSAT per la coltura di frumento duro nei siti di collina e di pianura.

<i>Rilievo</i>	<i>Metodologia</i>
Resa - granella prodotta - peso ettolitrico e umidità	mietitrebbia parcellare e pesa bilancia di Shopper, NIR.
Componenti della resa - n° spighe/mq - n° cariossidi/spiga - peso mille semi	conta dei culmi bilaterale per fila di 1 m lineare e conta delle spighe su ½ m <sup>2</sup> (3 aree di saggio per ogni parcella) Conta su 10 x 3 spighe per parcella scelte a caso
Altre variabili misurate - area fogliare massima - altezza media delle piante in tre date di rilievo - ripartizione assimilati	misure al planimetro elettronico su aree di saggio misura dell'altezza di 25 piante per area di saggio (3 aree di saggio per parcella); Sfalcio, trebbiatura e peso separato di lamine espanse, lamine in accrescimento, guaine+culmi su 3 aree di saggio per parcella. Peso secco (essiccazione in stufa ventilata a 80°C per 48 h)

Tabella 6 - Variabili misurate, e metodologia usata, per la calibrazione di DSSAT per la coltura di mais nei siti di collina e di pianura.

<i>Rilievo</i>	<i>Metodologia</i>
Resa reale - granella prodotta - peso ettolitrico e umidità	mietitrebbia parcellare e pesa bilancia di Shopper, NIR.
Resa attesa - n. piante m <sup>-2</sup> - peso semi pianta <sup>-1</sup>	conta bilaterale per fila su 10 m lineari delle piante (3 aree di saggio per parcella)
Altre variabili misurate - area fogliare massima - peso pianta intera - altezza pianta - diametro stocco - diametro e lunghezza spiga - diametro tutolo - ripartizione assimilati	misure al planimetro elettronico su aree di saggio misure eseguite su 4 piante per ogni area di saggio con bilancia elettronica, metro e calibro. Pesi secchi dopo essiccazione in stufa ventilata a 80°C per 48 h.  pesata separatamente della parte vegetativa e dei semi con bilancia elettronica (4 piante per ogni area di saggio)

Figura 8 - Caratteristiche funzionali fondamentali del modello di simulazione DSSAT v4.0 (Jones et al., 2003).





*Calibrazione del modello EUROSEM per la valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo*

L'erosione idrica dei suoli è un evento naturale a carattere occasionale, che dipende dalla concomitanza di una serie di eventi concomitanti che richiederebbero l'osservazione di lunghe serie pluriennali per poter valutare l'impatto di diversi sistemi culturali. Per questi motivi, l'approccio più seguito in ambito scientifico per lo studio dell'erosione è quello modellistico, che si basa sulla calibrazione e validazione di strumenti di analisi quantitativa che simulano i processi fisici che controllano il fenomeno. Tuttavia, per la calibrazione dei modelli matematici, particolarmente di quelli deterministici a base fisica, è necessario disporre di serie di dati raccolti sul campo in diverse condizioni, al fine di verificare la corrispondenza tra dati osservati ed attesi dal modello. I criteri di scelta e parametrizzazione del modello utilizzato per la valutazione, EUROSEM (Morgan et al., 1998), sono stati già illustrati nel rapporto 3-II-RF. In questo rapporto si riferisce invece della fase di calibrazione e verifica della affidabilità del modello nelle specifiche condizioni ambientali considerate. EUROSEM è caratterizzato dal fatto che simula il processo erosivo per singolo evento, garantendo così la massima precisione di stima in relazione allo stato dei parametri al momento della precipitazione.

La calibrazione di EUROSEM è stata effettuata sulla base dei deflussi superficiali e dell'erosione idrica osservata dal 1998 al 2000 nei dispositivi installati a Serra de' Conti (bacino Spescia), caratterizzata da un elevato numero di eventi di deflusso in diverse condizioni di copertura del suolo. La calibrazione è stata effettuata sulla base di parametri che descrivono le proprietà idriche del suolo, porosità, percentuale di scheletro per volume di suolo, conducibilità idrica alla saturazione, tensione al fronte d'inumidimento, indice di rugosità ricavati tramite: misure in campo o funzioni pedotransfer con il software Soilpar 2.0 (Acutis e Donatelli, 2003) o infine i valori di default del modello.

Per ciascun evento utilizzato per la calibrazione, è stato stimato il contenuto idrico e gli indici di biomassa della copertura vegetale allo stato iniziale, come ottenuto dagli output del CropSyst (Stöckle et al., 2003), che era stato già calibrato con i dati di campo rilevati nel bacino Spescia nelle annate 1998-2000. Per parametrizzare la variazione nel tempo della distanza lineare tra due punti con la distanza misurata considerando le microirregolarità topografiche è stata utilizzata la procedura indiretta (basata sull'energia cinetica della pioggia) proposta dal manuale del modello.

Per i parametri che descrivono l'erodibilità del suolo, sono stati inseriti i valori di default del modello, che tengono conto della tessitura del terreno negli orizzonti superficiali.

Inizialmente, nella fase di calibrazione, i parametri che influenzano il ruscellamento e l'erosione sono stati modificati singolarmente (le percentuali di variazione sono state mantenute all'interno dei *range* ottenuti dalla letteratura). Successivamente, i parametri che hanno mostrato una più alta influenza sugli output finali sono stati modificati a coppie e i dati di ruscellamento sono stati utilizzati per identificare gli effetti combinati.



## 4. Risultati e discussione

### 4.1. Caratterizzazione idrologica e pedologica delle aree campione

Descrizioni profili nell'area campione di pianura

I suoli dell'area, coltivati da molti anni con colture di pieno campo, si sono evoluti su un substrato pedogenetico stratificato, costituito da materiali alluvionali e litoranei a tessitura fine (variabile fra il franco limoso e il franco sabbioso), con una scarsissima presenza di scheletro.

I rilievi condotti inizialmente nell'area con trivella e apertura di microprofili, hanno evidenziato la presenza di una serie di orizzonti mai interessati dalle lavorazioni meccaniche a circa 70-90 cm di profondità. Tali orizzonti hanno caratteristiche assimilabili a quelle di orizzonti che, secondo la terminologia pedologica, sono noti come *fragipan*. Questo termine si riferisce ad un particolare tipo di orizzonti le cui proprietà fisiche e chimiche sono ampiamente riconosciute da tutti i sistemi di classificazione dei suoli. In pratica, questi orizzonti sono contraddistinti da una durezza così elevata da essere virtualmente impenetrabili a radici e acqua. La presenza di orizzonti di questo tipo esclude la possibilità di eventuali risalite di acqua appartenente alla falda superficiale e, pertanto, conferiscono al sito le caratteristiche ottimali per il monitoraggio dei nitrati eluviati dalla parte di suolo coltivata.

Di seguito si riporta la descrizione analitica dei profili di suolo individuati nell'area campione di pianura.

#### Profilo 1

Coltura al momento del rilievo: frumento duro

##### Ap 0-49 cm

**Colore:** 10YR 4/2

**Struttura:** da fortemente a moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari piccoli friabili; in minima parte sono presenti anche grumi piccoli e medi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** 2-3 %

**Radici:** poche le micro, le molto fini e le fini

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**Limite:** abrupto e lineare

Note: presenza di residui vegetazione precedente (mais)

##### Bw 149- 154 cm

**Colore:** 10YR 4/3

**Struttura:** da poco a moderatamente sviluppata, a blocchi angolari e sub-angolari medi e grandi, friabili, che si rompono in lamelle verticali fini friabili

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** 1%, Ø < 5mm

**Radici:** molto poche, le micro e le molto fini

**Plasticità:** leggermente plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**Limite:** chiaro e lineare

Note: • slickensides



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

- micro concrezioni di Mn, poche
- pori a sezione circolare di circa un millimetro di Ø, comuni

**2Bw 154-175 cm**

**Colore:** 10YR 5/6

**Struttura:** poco sviluppata a blocchi angolari piccoli e medi, molto friabili

**Consistenza:** molto friabili

**Scheletro:** assente

**Radici:** assenti

**Plasticità:** leggermente plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**Note:** • pori comuni  
• patine di manganese, poche

**Profilo 2**

Coltura al momento del rilievo: frumento duro

**Ap 0-41 cm**

**Colore:** 10YR 4/2

**struttura:** da fortemente a moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari grandi, medi e piccoli, friabili che si rompono in grumi piccoli, medi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** 2-3%, Ø < 1cm

**Radici:** poche le micro, molto fini e fini

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**Bw 41- 130 cm**

**Colore:** 10YR 3/6

**Struttura:** da poco a moderatamente sviluppata, a blocchi angolari e sub-angolari medi e grandi, friabili, che si rompono in lamelle verticali fini friabili

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** assente

**Radici:** molto poche le micro molto fini e fini

**Plasticità:** leggermente plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**2Bw 130-172 cm**

**Colore:** 10YR 5/6

**Struttura:** poco sviluppata a blocchi angolari piccoli e medi, molto friabili

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** assente

**Radici:** assenti

**Plasticità:** leggermente plastico

**Adesività:** leggermente adesivo

**Limite:** diffuso

**Note:** • pori comuni  
• poche patine di Mn  
• reticolature verticali e microscresciature (fragipan)



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

- aggregati soggetti a popping ma non a slacking

**2Bx 172-191 cm**

**Colore:** 10YR 5/6

**struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi piccoli, medi e grandi, friabili

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** 2-3% clasti di travertino

**Radici:** assenti

**Plasticità:**

**Adesività**

Note: • evidenti reticolature verticali

- slacking
- abbondanti concrezioni e noduli di Fe e Mn
- tasche quasi esclusivamente costituite da noduli di Mn di dimensioni centimetriche a volte 20-30 cm di Ø
- 2-3 % clasti di travertino
- microreticolature diffuse

**Profilo 3**

Coltura al momento del rilievo: barbabietola

**Ap 0-62 cm**

**Colore:** 10YR 4/3

**Struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari medi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** < 5 % clasti di travertino millimetrici <3% e di qualche clasto di selce (0,5-1 cm)

**Radici:** poche le micro molto fini e fini

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** poco adesivo

**Limite:** chiaro e lineare

**Bw 62-80**

**Colore:** 10YR 4/3

**Struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari medi e grandi che si rompono in lamelle verticali, evidenti patinature lungo le linee di frattura

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** assente

**Radici:** assenti

**Plasticità:** poco plastico

**Adesività:** adesivo

**Limite:** chiaro e lineare

**2Bw 80-135**

**Colore:** Colore: 2.5Y 6/4

**Struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari piccoli e medi e a prismi piccoli che si rompono in blocchi sub-angolari piccoli, deboli & blocchi che si rompono in grumi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** assente





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

**Radici:** assenti

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** non adesivo

**Limite:** chiaro e lineare

**Note:**

- La matrice intricata di colore biancastro derivante da carbonato di calcio (possibile riprecipitazione dopo trasporto), simile ad una retinatura
- diffusa presenza di frammenti di travertino (< 1 mm)
- Le fratture sono lungo le linee orizzontali. Presenza di concrezioni

**3Bw 135-201**

**Colore:** 2.5Y 5/6

**Struttura:** moderatamente sviluppata a lamelle verticali medie e grandi che si rompono in prismi e blocchi sub-angolari

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** < 5% clasti di travertino

**Radici:** assenti

**Plasticità:** poco plastico

**Adesività:** non adesivo

**Limite:** chiaro e lineare

**Note:**

- retinature quasi assenti

**Profilo 4**

Coltura al momento del rilievo: barbabietola da zucchero

**Ap 0-35 cm**

**Colore:** 10YR 3/2

**Struttura:** Struttura: moderatamente sviluppata a blocchi angolari medi e grandi con dimensioni abbastanza sviluppate sulla verticale che si rompono lungo le linee sub-orizzontali in grumi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** con 5% di clasti di travertino millimetrici e con clasti di selce di dimensioni centimetriche

**Radici:** poche micro, molto fini e fini

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** adesivo

**Bw 35-97 cm**

**Colore:** 10YR 4/2

**Struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi angolari medi

**Consistenza:** friabile

**Scheletro:** meno del 2% di clasti di 1-2 cm di selce

**Radici:** poche, micro, molto fini e fini

**Plasticità:** plastico

**Adesività:** poco adesivo

**2Bw 97-176 cm**

**Colore:** 10YR 5/6

**Struttura:** moderatamente sviluppata a blocchi sub-angolari piccoli che si rompono in prismi piccoli

Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

**Consistenza:** friabile  
**Scheletro:** scarsissimo e millimetrico  
**Radici:** assenti  
**Plasticità:** non plastico  
**Adesività:** non adesivo  
**Limite:** Chiaro e lineare  
**Note:** • retinature di carbonato di calcio traslocato

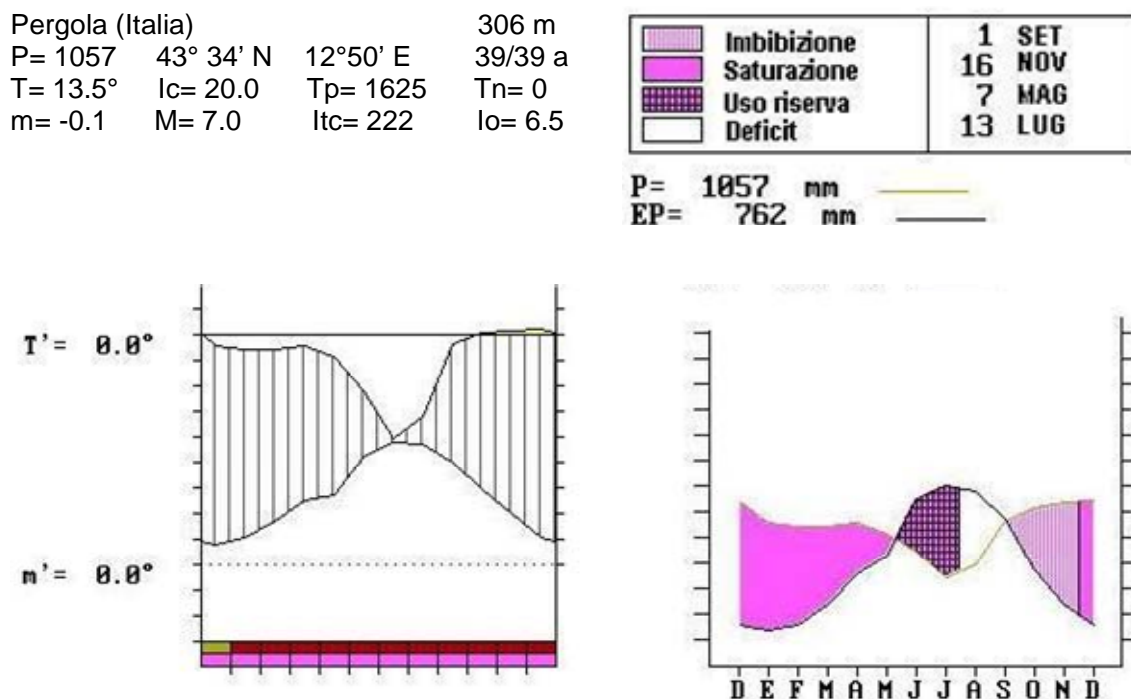
#### 4.2. Caratterizzazione di bioclimate, vegetazione e bioindicatori delle aree campione

##### Bioclimate

Aree campione di collina

Per la caratterizzazione bioclimatica del Comune di Serra de' Conti (AN) sono state prese in esame le due stazioni climatiche più vicine: Jesi e Pergola. Dall'analisi dei dati risulta un andamento delle precipitazioni medie mensili abbastanza simile per le due stazioni. Anche per i dati termici sono stati riscontrati valori di temperatura media annuale, sia massima che minima, abbastanza simili per le due stazioni prese in esame

Figura 9 - Diagramma bioclimatico e del bilancio idrico per le stazioni di Pergola e Jesi.

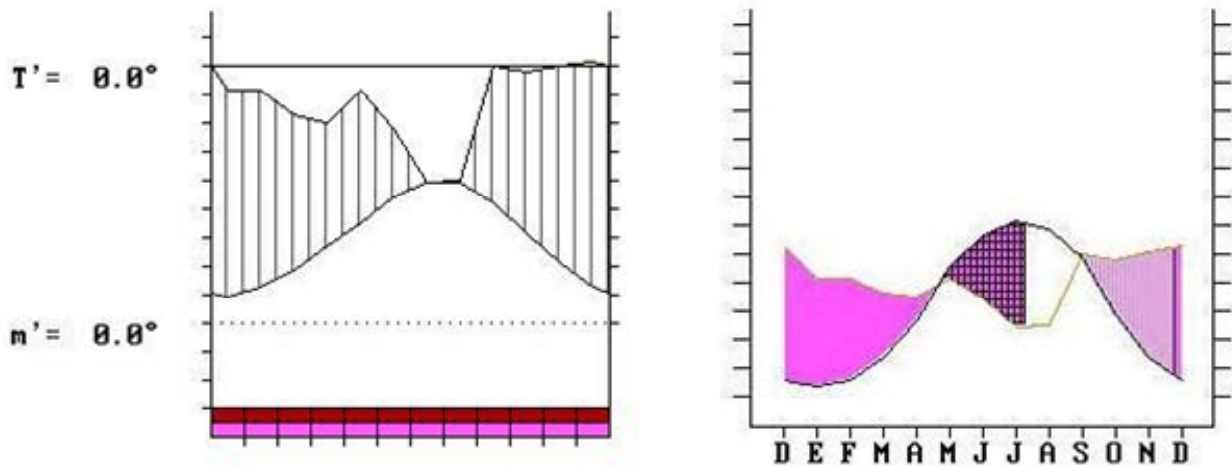


TEMPERATO OCEANICO (SUBMEDITERRANEO)  
SUB-MESOMEDITERRANEO (MESOTEMP. SUP.) UMIDO INFERIORE

Jesi (Italia)  
P= 974      43° 31' N      13° 14' E      96 m  
T= 14.7°      lc= 20.1      Tp= 1765      38/38 a  
m= 0.8      M= 8.4      ltc= 250      Tn= 0  
lo= 5.5

Imbibizione	29	AGO
Saturazione	24	NOV
Uso riserva	21	APR
Deficit	9	LUG

P= 974 mm  
EP= 814 mm



### TEMPERATO OCEANICO (SUBMEDITERRANEO) SUB-MESOMEDITERRANEO (MESOTEMP. SUP.) UMIDO INFERIORE

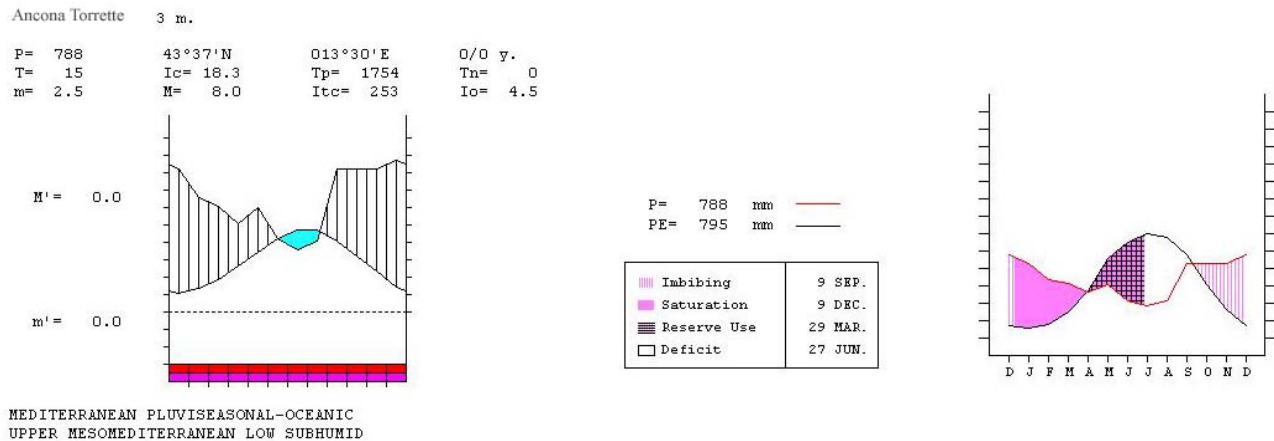
Utilizzando la classificazione proposta da Rivas-Martinez (Rivas Martinez et al. 1999) è stato possibile individuare il bioclimate per il Comune di Serra de' Conti a partire dai dati rilevati dalle due stazioni climatiche sopracitate. Di seguito sono riportati i dati delle stazioni di Pergola e di Jesi (Figura 9), con i relativi diagrammi pluviotermici ed i diagrammi del bilancio idrico. Secondo tale classificazione è possibile collocare la zona esaminata all'interno del bioclimate temperato oceanico, variante submediterranea, termotipo sub-mediterraneo ed ombrotipo umido inferiore.

#### Area campione di pianura

Per la caratterizzazione bioclimatica dell'area di studio in località Rocca Priora (AN) sono stati presi in esame i dati relativi alla stazione climatica di Ancona Torrette. I grafici ricavati dai dati mostrano un regime pluviometrico caratterizzato da precipitazioni intense nel periodo tardo-estivo ed autunnale che fa seguito al periodo secco estivo caratterizzato da deficit idrico, mentre il regime termometrico è caratterizzato da massimi di temperatura estivi (Luglio e Agosto) e da minimi in Dicembre e Gennaio. L'elaborazione del bilancio termopluviometrico (Figura 10) mostra la presenza di un periodo "secco" nei mesi di Luglio ed Agosto, durante i quali l'evapotraspirazione del suolo è superiore alla quantità di precipitazioni. Attraverso i valori derivanti dal calcolo degli indici bioclimatici (RIVAS MARTINEZ et al. 1999) è stato possibile inquadrare l'area di studio all'interno del bioclimate mediterraneo oceanico, piano bioclimatico mesomediterraneo superiore ed ombrotipo subumido inferiore.

Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Figura 10 - Diagramma bioclimatico e del bilancio idrico per la stazione di Ancona Torrette.



## Vegetazione

### Area di pianura

Lo studio della vegetazione dal punto di vista fitosociologico è attualmente in fase di realizzazione tramite la raccolta di dati (floristici e vegetazionali) che verranno utilizzati per la ricostruzione e la caratterizzazione delle serie di vegetazione presenti nell'area di studio. I dati attualmente disponibili riguardano la vegetazione commensale dei campi coltivati, e le formazioni erbacee degli incolti, dei margini erbosi e dei fossi.

### Vegetazione dei margini erbosi e dei fossi

#### Aggruppamento a *Equisetum telmateja* (Tabella 8)

L'aggruppamento ad *Equisetum telmateja* è stato rilevato in corrispondenza dei margini superiori dei fossi e delle canalizzazioni principali presenti nell'area indagata. Tali formazioni sono caratterizzate dalla presenza di specie nitro-igrofile della classe *Artemisieta vulgaris* come *Equisetum telmateja*, *Urtica dioica* e *Daucus carota*, che indicano la presenza di una umidità edafica costante o prolungata in situazioni alterate e sottoposte a sfalcio periodico.

#### *Agropyron repens* - *Dactyletum glomeratae* Ubaldi 1973 em Ubaldi, Puppi & Speranza 1983 (Tabella 8)

Le formazioni erbacee appartenenti a questa associazione sono rappresentate dalla vegetazione di prateria a dominanza di *Agropyron repens* dell'alleanza *Inulo viscosae-Agropyron repens* della classe *Artemisieta vulgaris*. Si tratta di un *sintaxon* che descrive formazioni semiruderali pioniere e post-colturali su suoli detritici con orizzonti scarsamente definiti a causa delle lavorazioni agricole. Oltre ad *Agropyron repens*, le specie maggiormente presenti sono *Daucus carota*, *Dactylis glomerata*, *Rumex crispus* e *Convolvulus arvensis*. Tali formazioni sono state rilevate nei margini dei campi coltivati in situazione di abbandono o sottoposte a sfalcio occasionale.

### Vegetazione erbacea dei terreni incolti

#### Aggruppamento a *Lolium perenne* (Tabella 9)



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

La vegetazione erbacea dei terreni incolti è stata rilevata in corrispondenza di appezzamenti tenuti a riposo colturale per un periodo di 1 o 2 anni, e per tanto caratterizzati da fenomeni di ricolonizzazione spontanea da parte di specie pioniere e ruderali. La struttura della vegetazione mostra infatti una presenza dominante di specie annuali della classe *Stellarietea mediae* come *Picris echioides*, *Phalaris paradoxa*, *Lolium multiflorum* e *Anagallis arvensis*, alle quali però si accompagnano specie bienni e perenni della classe *Artemisietea vulgaris* come *Convolvulus arvensis*, *Daucus carota*, e della classe *Molinio - Arrhenatheretea* come *Plantago lanceolata* e *Potentilla reptans*, a testimonianza della progressiva evoluzione dinamica della vegetazione erbacea.

Vegetazione commensale dei campi coltivati

*Aphano arvensis* – *Matricarietum chamomillae* Tuxen 1937 (Tabella 10)

L'associazione *Aphano arvensis* – *Matricarietum chamomillae* si sviluppa nelle pianure alluvionali delle Marche, su suoli freschi con falda freatica alta, limosi, limoso-argillosi, sabbiosi e sabbioso-argillosi (BALDONI 1995). La vegetazione è caratterizzata dalla presenza di specie quali *Matricaria chamomilla*, *Anagallis arvensis*, *Sorghum halepense* della classe *Stellarietea mediae*, ed è stata rilevata in corrispondenza delle colture di cereali autunno-vernini presenti nell'area di studio.

*Linario spuriae-Stachyetum annuae* Lorenzoni 1965 (Tabella 11)

Vegetazione infestante le colture erbacee avvicendate, presente principalmente nel periodo intercalare tra le coltivazioni segetali e quelle a ciclo primaverile-estivo. Nelle Marche questa associazione si rinviene nei settori collinari e pianeggianti prevalentemente su Marne a Fucoidi e su depositi detritici. L'associazione *Linario spuriae-Stachyetum annuae*, appartenente all'alleanza *Polygono convolvuli-Chenopodion polyspermi* dell'ordine *Solano nigri-Polygonetalia convolvuli*, classe *Stellarietea mediae*, è stata rilevata, nell'area di studio, all'interno delle colture di barbabietola e mais. Tra le specie presenti ci sono *Stachys annua*, *Picris echioides*, *Chenopodium album*, *Polygonum aviculare*, *Anagallis arvensis*.

SCHEMA SINTASSONOMICO

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising ex von Rochow 1951

*Aperetalia spicae-venti* J. Tüxen & Tüxen in Malato-Beliz, J. Tüxen & Tüxen 1960

*Scleranthion annui* (Kruseman & Vlieger 1939) Sissingh in Westhoff, Dijk & Passchier 1946

*Sceleranthenion annui* Kruseman & Vlieger 1939

*Aphano arvensis-Matricarietum chamomillae* Tuxen 1937

*Solano nigri-Polygonetalia convolvuli* (Sissingh in Westhoff, Dijk & Passchier 1946) O. Bolòs 1962

*Polygono convolvuli-Chenopodion polyspermi* Koch 1926

*Linario spuriae-Stachyetum annuae* Lorenzoni 1965

aggr. a *Lolium perenne*

ARTEMISIETEA VULGARIS Lohem., Preising & Tx. in Tx. 1950 ampl. Rivas Martinez et al. 1991

*Agropyretalia repentis* Oberd., Th. Mull & Gors in Oberd et al. 1967

*Inulo viscosae-Agropyron repentis* Biondi et Allegranza 1996

*Agropyro repentis-Dactyletum glomeratae* Ubaldi 1976 em. Ubaldi, Puppi e Speranza 1983

aggr. a *Equisetum telmateja*





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 7 Aggruppamento a *Equisetum telmateja*

Forma biologica	Tipo corologico	Ril. n° GPS Altitudine (m sldm) Esposizione Inclinazione (°) Ricoprimento (%) Superficie (mq)	1	2	Presenze
			93	94	
			3	4	
			N	NW	
			15	15	
			100	90	
			30	40	
<hr/>					
		Sp. diff. aggruppamento			
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum telmateja</i> Ehrh.	4.4	3.3	2
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i> L.	2.2	+2	2
H scap	SUBCOSMOP.	<i>Urtica dioica</i> L.	1.2	1.1	2
 Sp. caratt. associazione e unità superiori (all. Inulo viscosae-Agropyrion repentis, (ord. <i>Agropyretalia repentis</i> e classe <i>Artemisietea vulgaris</i> )					
G rhiz	PALEOTEMP.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1.2	1.2	2
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.	+2	1.2	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Bromus sterilis</i> L.	+2	+2	2
G rad	EURASIAT.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	1.2	+2	2
H scap	EURASIAT.	<i>Cruciata laevipes</i> Opiz	+2	+2	2
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Rumex crispus</i> L.		1.1	1
H scap	AVV.	<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	+2		1
T scap	CIRCUMBOR.	<i>Equisetum arvense</i> L.		+2	1
 Sp. compagne					
P scap	EURASIAT.	<i>Galium album</i> Miller	1.2	1.2	2
T scap	STENOMEDIT.	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	1.2	1.2	2
H scap	MEDIT.-TURAN.	<i>Vicia sativa</i> L.	1.2	+	2
P caesp	EURIMEDIT.	<i>Euphorbia platyphyllos</i> L.	+	1.1	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Picris echioides</i> L.	+2	1.2	2
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	1.2	1.1	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Anagallis arvensis</i> L.	+2	+	2
H bienn	EURASIAT.	<i>Avena fatua</i> L.	+2	1.2	2
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i> L.	+	+2	2
G rhiz	COSMOP.	<i>Poa annua</i> L.		1.1	1
He	S-EUROP.-SUDSIB.	<i>Geranium columbinum</i> L.		1.2	1
T scap	PALEOTEMP.	<i>Populus nigra</i> L.	+		1
G rhiz	CENTRO-EUROP.	<i>Sium latifolium</i> L.		+	1
T scap	EUROP.-CAUC.	<i>Ulmus minor</i> Miller	+2		1
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Matricaria chamomilla</i> L.		+2	1
G rhiz	COSMOP.	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus		1.1	1
G rhiz	TERMOCOSMOP.	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.		+	1



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 8 – *Agropyro repenstis* – *Dactyletum glomeratae* Ubaldi 1976 em. Ubaldi, Puppi, e Speranza 1983

		Ril. n°	3	4	6	7	8	Presenze
		GPS	95	95	95	97	97	
		Altitudine (m sldm)	3	3	3	12	12	
		Esposizione	-	-	-	SE	SE	
		Inclinazione (°)	-	-	-	10	10	
Forma	Tipo	Ricoprimento (%)	80	90	90	100	100	
biologica	corologico	Superficie (mq)	30	30	40	50	40	
Sp. caratt. associazione e unità superiori (all. <i>Inulo viscosae</i> - <i>Agropyron repentis</i> , ord. <i>Agropyretalia repentis</i> )								
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	+2	+2	1.2	1.2	1.2	5
G rhiz	CIRCUMBOR.	Agropyron repens (L.) Beauv.	3.3	3.3	2.3	+2	+2	5
G rhiz	SUBCOSMOP.	Rumex crispus L.	+2	+2	+2	1.1	1.1	5
H bienn	PALEOTEMP.	Daucus carota L.	1.2	1.1	1.1			3
Sp. caratt. classe <i>Artemisietea vulgaris</i>								
H scap	AVV.	Artemisia verlotorum Lamotte	+2	+2		+2	1.1	4
T scap	EURIMEDIT.	Bromus sterilis L.	+2	+2		+2	+2	4
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.				+2		1
T scap	EURASIAT.	Galium aparine L.			+			1
H scap	PALEOTEMP.	Cichorium intybus L.					+	1
G rhiz	MEDIT.-TURAN.	Cardaria draba (L.) Desv.				+		1
H scap	PALEOTEMP.	Hypericum perforatum L.			+2			1
H scap	PALEOTEMP.	Silene vulgaris (Moench) Garcke				+		1
Sp. caratt. classe <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>								
G rhiz	COSMOP.	Poa annua L.	1.1	+2	+2	+2	+2	5
P scap	EURASIAT.	Galium album Miller	1.2	2.2		1.2	+2	4
H ros	PALEOTEMP.	Potentilla reptans L.	+2	+2		+2	+2	4
H ros	EURASIAT.	Plantago media L.	+2	+2	+2	+		4
H rept	PALEOTEMP.	Trifolium repens L.	1.1	1.2	1.2			3
H caesp	PALEOTEMP.	Dactylis glomerata L.		+2			+2	2
H ros	EURASIAT.	Plantago lanceolata L.				+2		1
H scap	PALEOTEMP.	Lotus corniculatus L.				+2		1
Sp. compagne								
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	1.1	1.1	1.1	+2	+2	5
T scap	AVV.	Veronica persica Poirer	+	+	+2	+		4
H bienn	EURASIAT.	Avena fatua L.	1.2	2.2		2.3	3.3	4
T scap	STENOMEDIT.	Phalaris paradoxa L.	2.3	2.2	2.2			3
He	S-EUROP.-SUDSIB.	Geranium columbinum L.	1.1	+		+		3
T scap	EURIMEDIT.	Anagallis arvensis L.	+	+	+			3
T scap	SUBCOSMOP.	Matricaria chamomilla L.	+2	+2	+			3
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	1.1	1.1				2
T scap	COSMOP.	Euphorbia helioscopia L.	1.1	+				2
T scap	COSMOP.	Polygonum aviculare L.			1.1	+2		2
T scap	EURIMEDIT.	Rapistrum rugosum (L.) All.				1.1	1.2	2
NP	EURIMEDIT.	Rubus ulmifolius Schott				+2		1
G bulb	PALEOTEMP.	Allium sphaerocephalon L.				+2		1
P lian	EUROP.-CAUC.	Clematis vitalba L.				+		1
G rhiz	COSMOP.	Capsella bursa pastoris (L.) Medicus					+2	1
T rept	EURIMEDIT.	Hordeum leporinum Link					+2	1
H bienn	MEDIT.-TURAN.	Carduus pycnocephalus L.				+2		1
T scap	W-STENOMEDIT.	Diplotaxis erucoides (L.) DC.			+			1
T scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L.			+2			1



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 9 – Aggruppamento a *Lolium perenne*

Forma biologica	Tipo corologico	Ril. n°	9	10	11	Presenze
		GPS	147	150	151	
		Altitudine (m sldm)	4	4	3	
		Esposizione	-	-	-	
		Inclinazione (°)	-	-	-	
		Ricoprimento (%)	80	90	90	
		Superficie (mq)	30	30	30	
<hr/>						
		Sp. diff. aggruppamento				
H caesp	CIRCUMBOR.	<i>Lolium perenne</i> L.	1.2	3.4	3.3	3
T scap	EURIMEDIT.	<i>Picris echioides</i> L.	2.2	2.3	+2	3
T scap	STENOMEDIT.	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	2.3	+2	3.3	3
 Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Polygono concolvuli</i> - <i>Chenopodium polyspermi</i> , ord. <i>Solano nigri</i> - <i>Polygonetalia concolvuli</i> e classe <i>Stellarietea mediae</i> )						
T scap	EURIMEDIT.	<i>Anagallis arvensis</i> L.	+2	+2	1.2	3
T scap	AVV.	<i>Veronica persica</i> Poir.	+2	+2	+2	3
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Matricaria chamomilla</i> L.	+2	+	3.3	3
H bienn	EURASIAT.	<i>Avena fatua</i> L.	1.1	1.2	+	3
T scap	EURIMEDIT.	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	3.4	1.1	+2	3
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill		+2	+2	2
T scap	EURIMEDIT.	<i>Ajuga chamaepitys</i> (L.) Schreber		+2	+2	2
T scap	COSMOP.	<i>Polygonum aviculare</i> L.	+2		1.2	2
T rept	EURIMEDIT.	<i>Hordeum leporinum</i> Link	+2	+2		2
T scap	AVV.	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.		+2	+2	2
T scap	PALEOTEMP.	<i>Vicia tetrasperma</i> (L.) Schreber		+2	+2	2
T scap	COSMOP.	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.			+2	1
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Chenopodium album</i> L.			1.1	1
T rept	AVV.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.			+	1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Stachys annua</i> (L.) L.		+2		1
T scap	PALEOTEMP.	<i>Ranunculus arvensis</i> L.		+		1
T scap	E-MEDIT.-MONT.	<i>Papaver rhoeas</i> L.			+	1
G rhiz	COSMOP.	<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus			+2	1
G rhiz	TERMOCOSMOP.	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	+2			1
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Bromus hordeaceus</i> L.		1.2		1
T scap	PALEOTEMP.	<i>Medicago lupulina</i> L.		+		1
T scap	MEDIT.ATL.(EURI)	<i>Adonis annua</i> L.			+	1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Bromus madritensis</i> L.			+2	1
T scap	SUBCOSMOP.	<i>Torilis arvensis</i> (Hudson) Link	+2			1
T scap	MEDIT.-TURAN.	<i>Vicia sativa</i> L.	+			1
 Sp. caratt. classe <i>Artemisietea vulgaris</i>						
G rhiz	PALEOTEMP.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	1.1	+2	+2	3
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Daucus carota</i> L.	+	+2	+2	3
G rhiz	SUBCOSMOP.	<i>Rumex crispus</i> L.		+2	+2	2
H scap	PALEOTEMP.	<i>Verbena officinalis</i> L.	1.1	+		2
H scap	EUROSIB.	<i>Malva sylvestris</i> L.		+2	+	2
T scap	PALEOTEMP.	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreber	+2		+	2
H scap	EURASIAT.	<i>Medicago sativa</i> L.	+2		+2	2
T scap	EURASIAT.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	+		+2	2
G rhiz	CIRCUMBOR.	<i>Agropyron repens</i> (L.) Beauv.			1.2	1
H scap	S-EUROP.-SUDESIB.	<i>Aster linosyris</i> (L.) Bernh.		+2		1
H scap	AVV.	<i>Artemisia verlotorum</i> Lamotte	+			1
T scap	EURIMEDIT.	<i>Bromus sterilis</i> L.		1.2		1
H scap	PALEOTEMP.	<i>Cichorium intybus</i> L.		+2		1
 Sp. caratt. classe <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>						
H ros	EURASIAT.	<i>Plantago lanceolata</i> L.	1.2	+	+	3
H ros	PALEOTEMP.	<i>Potentilla reptans</i> L.		+		1
H ros	EURASIAT.	<i>Plantago major</i> L.	+2			1
H scap	EUROP.-CAUC.	<i>Inula salicina</i> L.	+			1
 Sp. compagne						
T caesp	EUROP.-CAUC.	<i>Inula conyza</i> DC.		1.2		1
H bienn	PALEOTEMP.	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn	+			1
T scap	COSMOP.	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	2.2			1



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 10 – *Aphano arvensis* – *Matricanetum chamomillae* Tuxen 1937

		Ril. n°	13	14
		GPS	-	-
		Altitudine (m sldm)	5	4
		Esposizione	-	-
		Inclinazione (°)	-	-
Forma	Tipo	Ricoprimento (%)	15	10
biologica	corologico	Superficie (mq)	30	40
T scap	SUBCOSMOP.	Sp. caratt. associazione Matricaria chamomilla L.	1.1	1.2
T scap	EURIMEDIT.	Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Scleranthion annui</i> , ord. <i>Aperetalia spicae-venti</i> e classe <i>Stellarietea mediae</i> ) Anagallis arvensis L.	1.1	1.2
G rhiz	TERMOCOSMOP.	Sorghum halepense (L.) Pers.	1.1	1.2
H bienn	EURASIAT.	Avena fatua L.	+ .2	+
T scap	STENOMEDIT.	Phalaris paradoxa L.	+ .2	+
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	+ .2	+
T scap	AVV.	Veronica persica Poir.	+	+ .2
G rhiz	SUBCOSMOP.	Chenopodium album L.	+ .2	+
T scap	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	+	+
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	+	
T scap	EURIMEDIT.	Lolium multiflorum Lam.	+ .2	+ .2
G rhiz	PALEOTEMP.	Sp. compagne Convolvulus arvensis L.	1.1	
H scap	EUROSIB.	Malva sylvestris L.	+	



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 11 – *Linario spurie* – *Stachyetum annuae* Lorenzoni 1965

		Ril. n°	12
		GPS	-
		Altitudine (m sldm)	4
		Esposizione	-
		Inclinazione (°)	0
Forma	Tipo	Ricoprimento (%)	10
biologica	corologico	Superficie (mq)	30
<hr/>			
		Sp. caratt e diff. associazione	
T scap	EURIMEDIT.	Picris echioides L.	1.1
T scap	EURIMEDIT.	Stachys annua (L.) L.	+
		Sp. caratt. unità superiori (all. <i>Polygono concolvuli-Chenopodion polyspermi</i> , ord. <i>Solano nigri-Polygonetalia convolvuli</i> e classe <i>Stellarietea mediae</i> )	
T scap	EURASIAT.	Sonchus asper (L.) Hill	+
T scap	EURIMEDIT.	Anagallis arvensis L.	1.2
G rhiz	SUBCOSMOP.	Chenopodium album L.	+
T rept	AVV.	Amaranthus retroflexus L.	+
H bienn	EURASIAT.	Avena fatua L.	+1.2
T scap	COSMOP.	Polygonum aviculare L.	+
T scap	E-MEDIT.-MONT.	Papaver rhoeas L.	1.2
G rhiz	TERMOCOSMOP.	Sorghum halepense (L.) Pers.	+
T scap	W-STENOMEDIT.	Diplotaxis eruroides (L.) DC.	+
T scap	MEDIT.ATL.(EURI)	Adonis annua L.	+
H scap	MEDIT.-TURAN.	Vicia sativa L.	+
		Sp. compagne	
G rhiz	PALEOTEMP.	Convolvulus arvensis L.	1.2

*Bioindicatori per il monitoraggio e la gestione dell'agroecosistema (area di pianura)*

Il sistema è costruito per essere applicato alla singola unità di vegetazione (es. margine erboso) rilevabile all'interno dell'agroecosistema, oppure a tutte tipologie che entrano a far parte della medesima serie di vegetazione, e che quindi presentano caratteristiche ecologiche simili e sono legate tra loro da rapporti di tipo evolutivo.

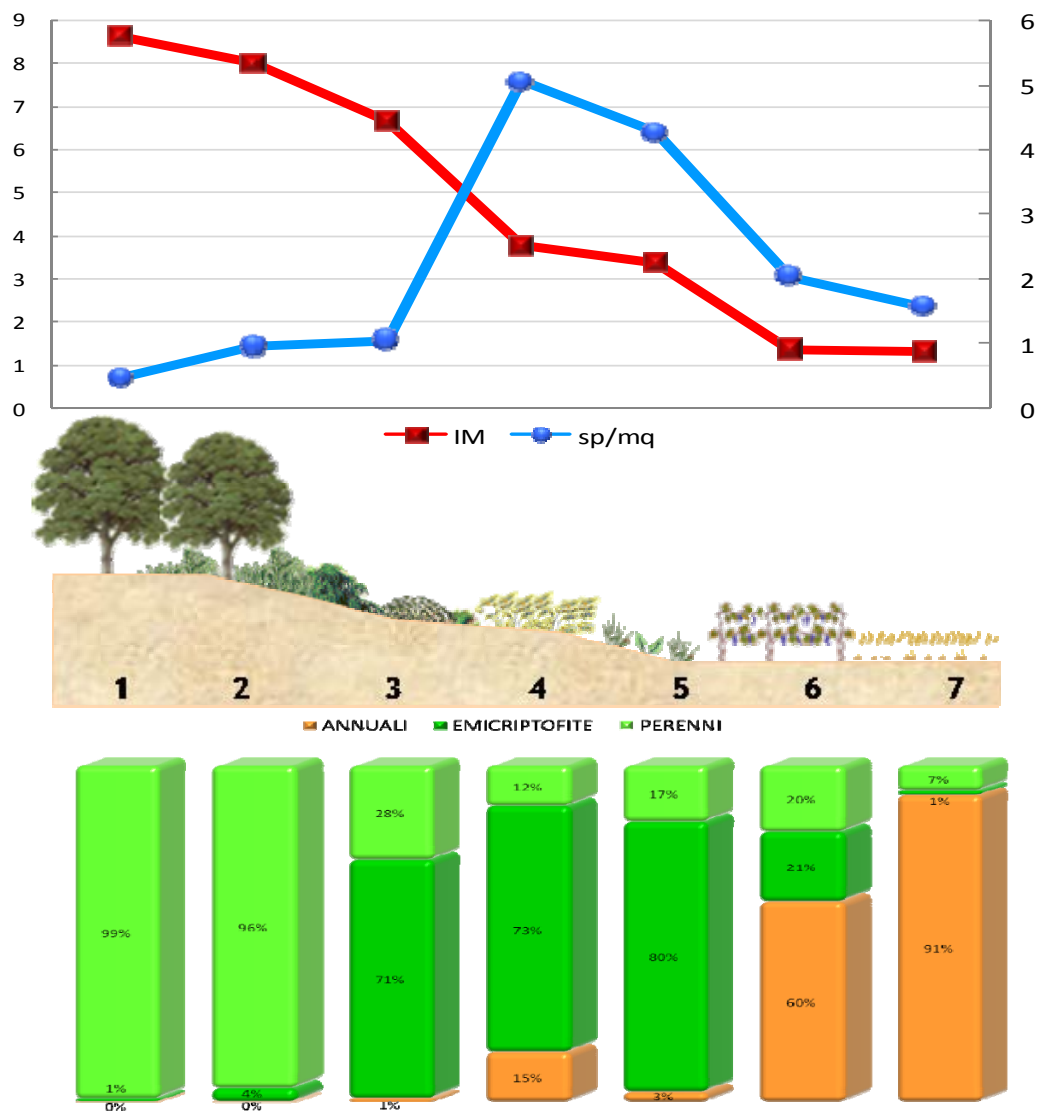
Di seguito vengono riportati i grafici relativi ai principali indici contenuti nel sistema applicati alla serie di vegetazione *Lonicero xylostei-Quercus cerridis sigmetum* (Figura 11), considerata maggiormente rappresentativa per i siti di studio in ambito collinare.

L'analisi del grafico relativo ai livelli di maturità e di biodiversità (Figura 11) mostra, per il bosco di cerro *Lonicero xylostei-Quercetum cerridis*, un elevato grado di maturità (IM=8,65) nonostante le ridotte dimensioni dell'area forestale, mentre l'indice di biodiversità (sp. m<sup>-2</sup>=0,48) denota una struttura forestale scarsamente diversificata. Il mantello dell'associazione *Rubus ulmifolii* - *Ligustrum vulgare* presenta composizione quasi esclusiva di specie arbustive con un buon grado di maturità (IM=8,03) ma anche un basso indice di biodiversità (sp. m<sup>-2</sup>=0,96) dovuto alla pressione delle attività agricole. La composizione dell'orlo dell'associazione *Centaureo neapolitanae-Galietum albi* risulta essere molto diversificata, con un indice di maturità (IM=6,69) che descrive una formazione ben strutturata. Per quanto concerne le formazioni erbacee di prateria dell'associazione *Centaureo bracteatae* - *Brometum erecti* e di margine nitrofilo dell'associazione *Pulicario dysentericae-Galietum albi*, il grafico del grado di maturità mostra valori simili, mentre da rimarcare è la presenza di elevati valori dell'Indice di biodiversità, i maggiori di tutta la serie



(sp/m<sup>2</sup>=5,08-4,29). Il grafico delle cenosi vegetali commensali dei coltivi, descritte dall'aggruppamento a *Cynodon dactylon* e *Convolvulus arvensis* e dall'associazione *Linario spuriae-Stachyetum annuae*, mostra valori simili ed analoga dominanza di specie pioniere ed infestanti. I bassi valori di biodiversità suggeriscono un elevato grado di disturbo dovuto a regimi culturali intensivi.

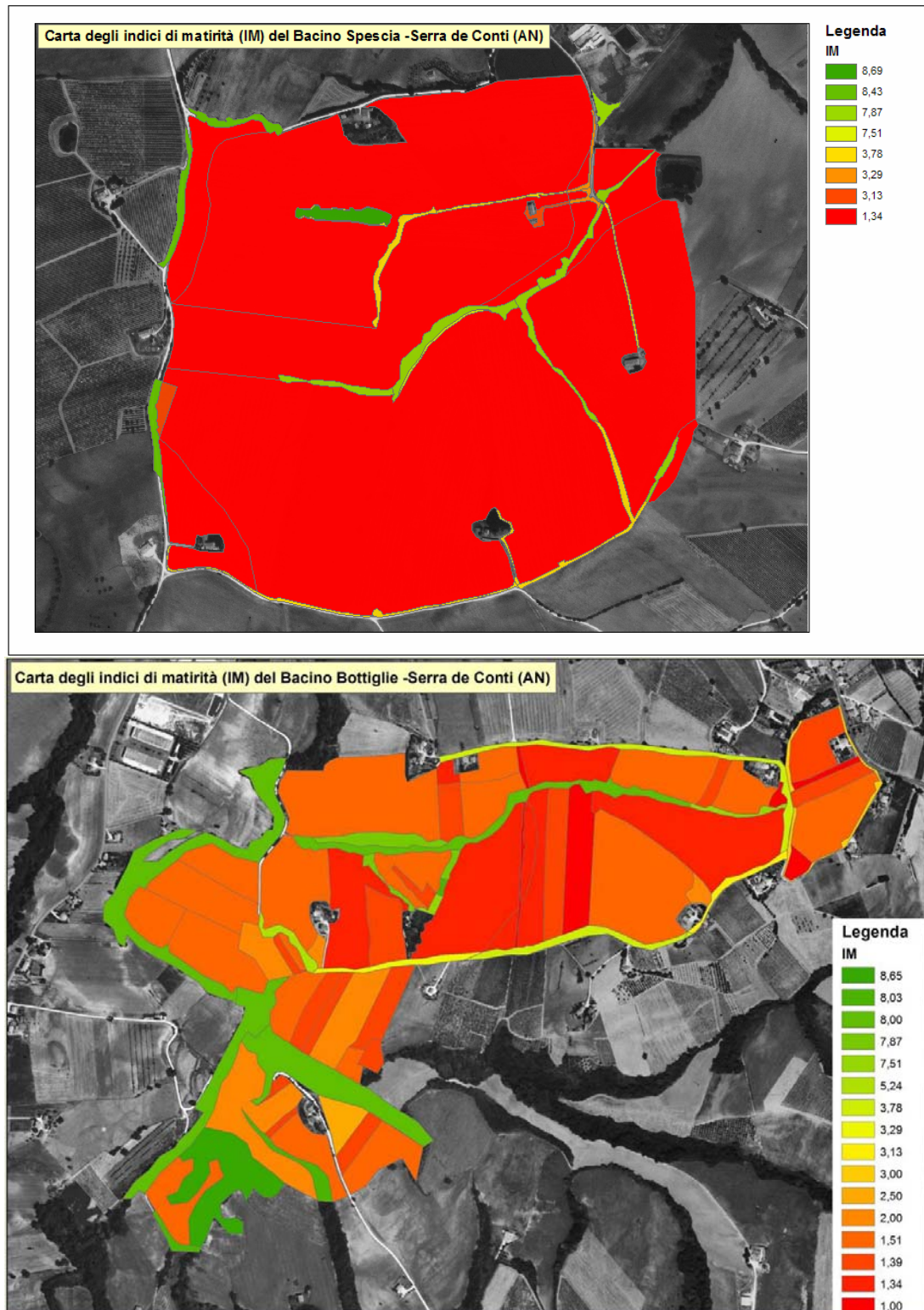
Figura 11 - Grafici degli Indici di Maturità (IM) - Biodiversità (sp m<sup>-2</sup>), e delle forme biologiche applicato alla serie climacica collinare su arenarie del cerro *Lonicero xylostei-Quercus cerridis sigmetum*



1. Bosco *Lonicero xylostei-Quercetum cerridis*
2. Mantello Corno *sanguineae-Ligustretum vulgaris*
3. Orlo *Centaureo neapolitanae-Galietum albi*
4. Prateria *Centaureo bracteatae-Brometum erecti*
5. Megaforbie nitrofile *Pulicario dysentericae-Galietum albi*
6. Commensali del vigneto, aggr. a *Cynodon dactylon* e *Convolvulus arvensis*

7. Commensali cereali *Biforo testiculatae*-*Adonidetum cupaniana*; comm. girasole,  
barbabietola *Linario spuriae*-*Stachyetum annuae*

Figura 12 - Spazializzazione dell' Indice di Maturità (IM) relativo a tutte le tipologie di vegetazione rilevate





In linea generale è possibile osservare come maturità (IM) e biodiversità (sp. m<sup>-2</sup>) abbiano, lungo il transetto rappresentante la serie di vegetazione *Lonicero xylostei-Querceto cerridis sigmetum*, andamenti differenti in relazione alle tipologie di vegetazione alle quali fanno riferimento. In particolare mentre i valori di maturità mostrano un andamento discendente dal bosco fino alle cenosi commensali dei coltivi, la biodiversità esprime invece i valori più elevati in corrispondenza delle cenosi erbacee dei margini dei campi coltivati, a dimostrazione dell'importanza che queste tipologie di vegetazione rivestono all'interno dell'agroecosistema e della necessità di un diverso orientamento gestionale di tali aree. La misura di maturità e biodiversità di tutte le cenosi vegetali presenti in un determinato territorio può dunque consentire una precisa valutazione del grado di conservazione e di disturbo dell'agroecosistema in relazione alla gestione agronomica. Da sottolineare è inoltre la differenza in composizione della vegetazione espressa dal grafico delle forme biologiche, che mette in evidenza la presenza di specie annuali, perenni ed emicriptofite (erbacee perenni) nelle varie cenosi presenti, indicando quali di esse presentano una struttura più stabile in relazione al grado di disturbo. Nello specifico è possibile mettere in evidenza una progressiva crescita dei livelli di presenza e copertura di specie perenni in situazioni via via meno alterate, come testimoniato dalla differenza tra valori percentuali per le commensali dei cereali e le commensali del vigneto, dove una minore presenza di specie annuali a favore di emicriptofite denota una maggiore strutturazione della copertura erbacea dovuta alla gestione del vigneto, sottoposto a lavorazioni saltuarie.

Infine, la rappresentazione spaziale dell'indice di maturità (Figura 12) fornisce una chiara interpretazione dello stato di conservazione di entrambi i bacini studiati, fornendo la possibilità di valutare gli effetti di differenti orientamenti gestionali sulla qualità dell'agroecosistema dal punto di vista vegetazionale ed ecologico. Dal confronto delle carte relative ai due bacini studiati emerge infatti come la maggiore diversificazione colturale caratterizzante il bacino Bottiglie determini una complessità strutturale maggiore del sistema espressa da una più ampia scala di valori di maturità. Allo stesso modo, l'adozione di pratiche colturali a basso impatto ambientale, derivanti dalla presenza di colture in regime di agricoltura biologica, determina a Bottiglie una situazione di minore disturbo (soprattutto legato al minor uso dei diserbanti) espressa da valori di maturità mediamente più alti sia all'interno dei coltivi, sia nelle fasce di vegetazione ai margini dei campi.

#### *Indagine faunistica sui coleotteri carabidi*

Considerando gli indici di diversità (Shannon, Evenness e Simpson), i valori presentano sostanzialmente il medesimo andamento ed indicano i margini erbosi come siti con la maggior diversità e dominanza (Tabella 12).

Il discreto numero di specie (40 a Spescia e 19 a Bottiglie, complessivamente 43 entità) ed esemplari (2137 a Spescia e 1310 a Bottiglie, globalmente 3447 esemplari) campionati evidenzia ancora una volta l'importanza dei margini non coltivati, siepi e boschetti per la biodiversità dell'agroecosistema. La diversità specifica maggiore si è osservata prevalentemente proprio ai margini dei campi, ed anche gli indici biotici indicano tali siti come i più biodiversificati, laddove sussiste accanto al terreno agricolo uno strato inerbito associato a volte ad uno strato arboreo-arbustivo.

La maggior parte delle specie osservate è risultata piuttosto comune nei territori indagati e caratteristiche di ambienti agrari, ma non mancano alcune entità interessanti, anche non segnalate precedentemente per la regione Marche (*Campalita maderae*, *Polystichus connexus*, *Zuphium olens*, *Chlaenius chrysocephalus*).

Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Le specie praticole sono complessivamente dominanti in entrambi i bacini (circa il 50%), mentre è ridotta la presenza di specie legate ad ambienti umidi, e quasi nulla quella di specie silvicole. Le specie zoofaghe sono risultate ampiamente dominanti (circa il 70%) rispetto alle specie fitofaghe, sia come numero di specie sia come numero di esemplari. Le specie brachittere accertate risultano in percentuali mediamente basse, più numerose nel bacino Bottiglie (21,1%) rispetto al bacino Spescia (12,5%). E' noto che le ali metatoraciche dei Carabidi tendono a rudimentarsi se l'ambiente è stabile e poco soggetto a cambiamenti nel tempo, mentre gli individui più adatti al volo sono quelli che migrano con maggiore facilità. La netta dominanza in tutti i siti delle specie macroterre, quindi dotate di dispersione elevata, anche come numero di esemplari adulti, conferma che entrambe le aree hanno caratteristiche di elevata instabilità, risultano sottoposte a trasformazioni ed a forte impatto antropico, confermando però il maggiore grado di alterazione presente nel bacino Spescia.

Tabella 12 - Tabella riassuntiva delle specie, degli esemplari per ciascun *taxon* e degli indici biotici per ogni sito nei bacini Bottiglie e Spescia - Serra de' Conti (AN).

Siti nel Bacino Bottiglie	Specie	N ex.	Shannon (H)	Evenness (E)	Simpson (D)	Simpson (1/D)
Sito 1 Margine erboso - Brometo	9	83	2,603	0,821	0,196	5,107
Sito 2 Margine erboso - Agropireto	11	203	2,252	0,651	0,323	3,000
Sito 3 Margine Agropireto con arbusti	10	242	2,524	0,760	0,256	3,908
Sito 4 Margine con arbusti a <i>Ballota nigra</i>	7	148	0,536	0,276	0,787	1,271
Sito 5 Boschetto di olmo	6	116	0,416	0,232	0,837	1,195
Sito 6 Campo di frumento	11	441	2,054	0,594	0,335	2,990
Sito 7 Campo di erba medica	13	77	2,329	0,629	0,334	2,996
Siti nel Bacino Spescia	Specie	N ex.	Shannon (H)	Evenness (E)	Simpson (D)	Simpson (1/D)
Sito 1 Campo Barbaletola	7	13	1,818	0,934	0,183	5,464
Sito 2 margine alto su Barbabietola	12	27	2,064	0,831	0,188	5,319
Sito 3 margine basso su Barbabietola	18	370	1,335	0,462	0,454	2,203
Sito 4 Campo Favino	17	155	2,306	0,814	0,129	7,752
Sito 5 margine alto su Favino	18	66	2,640	0,913	0,085	11,765
Sito 6 Campo Girasole	11	162	1,813	0,756	0,229	4,367
Sito 7 margine alto su Girasole	19	117	2,319	0,788	0,131	7,634
Sito 8 margine basso su Girasole	23	1126	1,233	0,393	0,521	1,919
Sito 9 Boschetto	10	101	1,878	0,816	0,182	5,495

Per quanto riguarda i cicli riproduttivi, le specie con riproduzione primaverile (con svernamento sostenuto allo stadio adulto) prevalgono in ambienti poco complessi e disturbati dalle pratiche agricole (campi coltivati, prati falciati), mentre i riproduttori autunnali predominano nei siti più



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

naturali o poco alterati che corrispondono soprattutto ai boschi e in seconda misura alle praterie stabili. La maggior parte delle specie raccolte è costituita a Bottiglie da riproduttori autunnali, 11 specie (57,9% dei taxa) con solo 6 entità a riproduzione primaverile (31,6%); a Spescia al contrario dominano i riproduttori primaverili, 21 specie (52,5%), mentre i riproduttori autunnali sono rappresentati da 16 specie (40,0% dei taxa) (Tabella 13).

Complessivamente, le aree studiate si presentano con una carabidocenosi ben strutturata ed equiripartita. Gli ambienti aperti indagati mostrano differenti livelli qualitativi e quantitativi della carabidofauna, con le formazioni erbacee ed arbustive di margine che fanno riscontrare valori generalmente elevati. Queste aree sono infatti risultate dei veri e propri “serbatoi faunistici” in grado di assicurare a numerose specie protezione e nutrimento, ancor più se collegate tra loro e inserite in un ambiente particolarmente complesso. Gli agroecosistemi non possono che beneficiare di siepi, boschetti e piante spontanee che ospitano un gran numero di specie zoofaghe, come evidenziato dai risultati ottenuti in questa indagine, che potrebbero limitare le popolazioni di insetti nocivi alle colture.

Tabella 13 Quadro riassuntivo delle caratteristiche ecologiche e biologiche riscontrate nelle diverse entità, espresso come numero di specie e come percentuale per ogni sito nei bacini Bottiglie e Spescia - Serra de' Conti (AN).

Siti	AMBIENTE			CATEGORIA TROFICA			CATEGORIA RIPRODUTTIVA			CONFORMAZIONE ALARE	
Bacino Bottiglie	praticoli	terreni umidi	eurieci euritopi	Zoofagi	Fitofagi	Fito-zoofagi	Primaverili	Autunnali	Bimodali	Macrotteri	Brachitteri
Sito 1 Margine Brometo	6 66,7%		3 33,3%	5 55,6%	3 33,3%	1 11,1%	4 44,4%	4 44,4%	1 11,1%	8 88,9%	1 11,1%
Sito 2 Margine Agropireto	6 54,5%	1 9,1%	4 36,4%	8 72,7%	3 27,3%		3 27,3%	6 54,5%	2 18,2%	8 72,7%	3 27,3%
Sito 3 Margine Agropireto con arbusti	5 50,0%	1 10,0%	4 40,0%	7 70,0%	2 20,0%	1 10,0%	3 30,0%	5 50,0%	2 20,0%	7 70,0%	3 30,0%
Sito 4 Margine con arbusti a <i>Ballota nigra</i>	5 71,4%		2 28,6%	4 57,1%	2 28,6%	1 14,3%	4 57,1%	2 28,6%	1 14,3%	6 85,7%	1 14,3%
Sito 5 Boschetto di olmo	4 66,7%		2 33,3%	3 50,0%	2 33,3%	1 16,7%	3 50,0%	3 50,0%		6 100,0%	
Sito 6 Campo di frumento	6 54,5%	1 9,1%	4 36,4%	7 63,6%	3 27,3%	1 9,1%	5 45,5%	4 36,3%	2 18,2%	8 72,7%	3 27,3%
Sito 7 Campo di erba medica	7 53,8%	1 7,7%	5 38,5%	9 69,2%	3 23,1%	1 7,7%	3 23,1%	9 69,2%	1 7,7%	10 76,9%	3 23,1%
<b>Totale</b>	<b>11 57,9%</b>	<b>1 5,3%</b>	<b>7 36,8%</b>	<b>12 63,2%</b>	<b>5 26,3%</b>	<b>2 10,5%</b>	<b>6 31,6%</b>	<b>11 57,9%</b>	<b>2 10,5%</b>	<b>15 78,9%</b>	<b>4 21,1%</b>



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Siti	AMBIENTE				CATEGORIA TROFICA			CATEGORIA RIPRODUTTIVA			CONFORMAZIONE ALARE	
Bacino Spesca	praticoli	terreni umidi	terreni paludosi	eurieci euritopi	Zoofagi	Fitofagi	Fito-zoofagi	Primaverili	Autunnali	Bimodali	Macroterri	Brachitteri
Sito 1 Campo Barbaletola	6 85,7%			1 14,3%	5 71,4%	1 14,3%	1 14,3%	4 57,1%	3 42,9%		6 85,7%	1 14,3%
Sito 2 margine alto su Barbaletola	8 66,7%			4 33,3%	7 58,3%	2 16,7%	3 25,0%	5 41,7%	6 50,0%	1 8,3%	9 75,0%	3 25,0%
Sito 3 margine basso su Barbaletola	8 44,4%	5 27,8%	2 11,1%	3 16,7%	14 77,8%	1 5,5%	3 16,7%	11 61,1%	6 33,3%	1 5,6%	15 83,3%	3 16,7%
Sito 4 Campo Favino	10 58,8%	4 23,5%		3 17,7%	13 76,4%	2 11,8%	2 11,8%	10 58,8%	6 35,5%	1 5,9%	15 88,2%	2 11,8%
Sito 5 margine alto su Favino	11 61,1%	4 22,2%	1 5,5%	2 11,1%	12 66,7%	3 16,7%	3 16,7%	10 55,6%	8 44,4%		17 94,4%	1 5,6%
Sito 6 Campo Girasole	5 45,5%	1 9,0%		5 45,5%	10 90,9%		1 9,1%	6 54,5%	3 27,3%	2 18,2%	6 54,5%	5 45,5%
Sito 7 margine alto su Girasole	10 52,6%	1 5,3%	1 5,3%	7 36,8%	12 63,1%	1 5,3%	6 31,6%	6 31,6%	11 57,9%	2 10,5%	14 73,7%	5 26,3%
Sito 8 margine basso su Girasole	10 43,5%	6 26,1%		7 30,4%	18 78,3%	1 4,3%	4 17,4%	14 60,0%	6 26,1%	3 13,0%	19 82,6%	4 17,4%
Sito 9 Boschetto	2 20,0%	2 20,0%		6 60,0%	9 90,0%		1 10,0%	3 30,0%	5 50,0%	2 20,0%	6 60,0%	4 40,0%
<b>Totale</b>	<b>20 50,0%</b>	<b>9 22,5%</b>	<b>3 7,5%</b>	<b>8 20,0%</b>	<b>28 70,0%</b>	<b>7 17,5%</b>	<b>5 12,5%</b>	<b>21 52,5%</b>	<b>16 40,0%</b>	<b>3 7,5%</b>	<b>35 87,5%</b>	<b>5 12,5%</b>

#### 4.3. Valutazione quantitativa delle relazioni tra sistemi colturali e indicatori ambientali

##### Bilanci apparenti

##### Area campione di pianura

Nell'ambito dell'**annata 2005-06**, i quattro appezzamenti dell'azienda di pianura sui quali sono stati installati i lisimetri sono stati coltivati con frumento duro e fagiolo borlotta (appezzamento 8-9) su una superficie complessiva di 7,0 ha e da mais (appezzamento 2-3) su 9,8 ha. La dose media ponderata di concimi azotati distribuiti sulla SAU, di 188 kg ha<sup>-1</sup> di N, si può ritenere adeguata ai fabbisogni nutritivi delle principali colture impiegate nei sistemi colturali di pianura delle Marche (Tabella 14), caratterizzati da buona produttività. Infatti, il bilancio dell'azoto dell'annata considerata era praticamente in pareggio. Come detto nella descrizione della metodologia, questo risultato non esclude che possano esserci lisciviazioni, limitatamente ai periodi in cui il terreno è prossimo alla saturazione e la coltura non è sufficientemente sviluppata da poter assorbire i nitrati della soluzione circolante. Tuttavia, il risultato indica anche che una oculata gestione della concimazione delle colture, ben allineata con i disciplinari di produzione previsti dalla misura F1, dimostra che è possibile ottenere produzioni soddisfacenti, pur se non particolarmente elevate per le potenzialità dell'area, mantenendo ai minimi la potenzialità di lisciviazione dei nutrienti.

Nell'annata considerata, non è stata somministrata alcuna concimazione fosforica al frumento duro, pertanto il surplus di fosforo è risultato negativo. Considerata la dinamica dell'assorbimento del fosforo nel suolo, per una corretta valutazione del bilancio occorre fare una valutazione di medio-lungo termine.



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 14- Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo dell'azienda campione nel sito di pianura.

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colturali asportati	Concimazione		Surplus	
		ha	%	t ha <sup>-1</sup> s.s.	t ha <sup>-1</sup> s.s.	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>
2006	frumento duro	7,0	42%	5,2	4,5	129	0	-14	-71
	fagioli borlotti	7,0	42%	2,6	0,0	55	211	47	181
	mais trinciato	9,8	58%	20,0	0,0	256*	115	-23	-77
	<b>TOT SAU</b>	<b>16,8</b>	<b>100%</b>	<b>14,9</b>	<b>1,9</b>	<b>188</b>	<b>149</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

\* di cui 26 kg ha<sup>-1</sup> di N da azotofissazione coltura precedente (fagiolo borlotti).

Di seguito vengono riportate le pratiche colturali adottate dall'azienda di pianura per le colture più diffuse (frumento duro, mais) e rappresentative delle aree di pianura della regione Marche (Tabella 15 e Tabella 16):

Tabella 15– Scheda colturale del frumento duro in pianura

Operazione	Data	Descrizione	
Lavorazione principale		Nessuna	
Diserbo totale	Ultima decade di ottobre	Glifosate 31%	2,5 L ha <sup>-1</sup>
Concimazione fosforica		Nessuna	
Semina su sodo	Ultima decade di ottobre Prima decade di novembre	210 kg ha <sup>-1</sup> di seme	
Lavorazione consecutiva	Alla semina	Rullatura	
Concimazione azotata	Ultima decade di gennaio Ultima decade di febbraio	69 kg ha <sup>-1</sup> come Urea 54 kg ha <sup>-1</sup> come Urea	
Diserbo post-emergenza	Prima decade di marzo	Mesosulfuron metile 3% iodosulfuron metile-sodio 0,6% mefenpir-dietile 9% + Sale sodico di alchiletere solfato 25,5%	0,5 Kg ha <sup>-1</sup>  1 L ha <sup>-1</sup>
Trattamenti fungicidi	Prima decade marzo	Trifloxistrobina 17,2% + Ciproconazolo 7,3%	0,65 L ha <sup>-1</sup>
	Seconda decade aprile	Tebuconazolo 4,4%	5 L ha <sup>-1</sup>
Trattamenti insetticidi	Seconda decade aprile	Dimetoato 38%	0,8 L ha <sup>-1</sup>
Raccolta	Ultima decade di giugno	Mietitrebbiatura	



Tabella 16 – Scheda colturale del mais in pianura

Operazione	Data	Descrizione	
Lavorazione principale	dicembre	Aratura a 35 cm	
Lavorazione complementare	gennaio	Erpice a dischi	
Concimazione azotata	Prima decade di aprile	92 kg ha <sup>-1</sup> di N come Urea	
Concimazione fosforica	Prima decade di aprile	Da 46 a 69 kg ha <sup>-1</sup> di P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> come perfosfato triplo	
Lavorazione complementare	aprile	Erpice rotante	
Semina	Prima decade di aprile	3,2 unità ha <sup>-1</sup>	
Lavorazioni consecutive	Prima decade di aprile	Rullatura	
Diserbo	Prima decade di aprile	Mesotrione 3,39% S-Metolaclo 28,23% Terbutilazina 16,94%	4 L ha <sup>-1</sup>
Concimazione azotata	Prima decade di maggio	138 kg ha <sup>-1</sup> di N come Urea (distribuzione localizzata)	
Lavorazioni consecutive	maggio	Sarchiatura e rincalzatura	
Raccolta	Ultima decade di agosto	Trinciacaricatrice	

#### Area campione di collina

Nell'ambito dell'annata 2005-06, la dose media di concimi azotati distribuiti sulla SAU è stata di 138 kg ha<sup>-1</sup> di azoto e 87 kg ha<sup>-1</sup> di anidride fosforica nel bacino Spescia, e di 39 kg ha<sup>-1</sup> di azoto e 19 kg ha<sup>-1</sup> di anidride fosforica nel bacino Bottiglie (Tabella 17, Tabella 18, Tabella 19 e Tabella 20). Nell'annata in questione, la SAU del bacino Spescia (86% della superficie totale del bacino) era investita esclusivamente a frumento, in regime di agricoltura convenzionale. Le produzioni medie di granella (esprese in termini di s.s.) si sono attestate su 3,7 t ha<sup>-1</sup>. Il surplus medio è stato pari a 67 e 152 kg ha<sup>-1</sup> rispettivamente per azoto e fosforo.

La SAU del bacino Bottiglie (43,9 ha, 73% della superficie totale) era investita con sette differenti colture, le più rappresentate delle quali sono state il frumento duro (16% della SAU), il favino (15% della SAU) l'erba medica (12% della SAU) e la vite (11% della SAU). Le produzioni medie (esprese in termini di s.s., eccetto la vite) sono state rispettivamente pari a: 3,8 t ha<sup>-1</sup>, 1,7 t ha<sup>-1</sup>, 6,7 t ha<sup>-1</sup> e 9,8 t ha<sup>-1</sup>. Oltre il 50% della SAU del bacino Bottiglie (25 ha) era interessato da sistemi colturali in regime di agricoltura biologica, inclusi 3,9 ha di bosco.

Il surplus di fosforo e azoto a scala di bacino è stato basso o negativo a Bottiglie per tutte le colture considerate, come conseguenza delle basse dosi di concime utilizzate sui cereali e l'azzeramento della concimazione fosforica sulle leguminose. A Spescia invece le dosi di fosforo somministrate al frumento duro risultano nettamente sovradimensionate rispetto ai fabbisogni.

I dati rilevati nel bacino Spescia sul bilancio dell'azoto e fosforo hanno messo in evidenza che la specializzazione produttiva su ampie superfici rappresenta un elemento importante di vulnerabilità ambientale, particolarmente quando il dimensionamento delle dosi di fertilizzante non è effettuato seguendo criteri di buona pratica agricola. Nel caso specifico, la dose di azoto somministrata al frumento a Spescia era praticamente identica (+7%) a quella osservata per la stessa coltura nel sito



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

di pianura, con la conseguenza che, per la minore produzione (-29%) legata ai noti limiti produttivi che caratterizzano l'agricoltura di collina, hanno determinato un surplus di N positivo, anche se non elevato in valore assoluto (+67 kg ha<sup>-1</sup>). Per quanto riguarda il fosforo, il surplus osservato, particolarmente elevato per sistemi colturali estensivi di collina, è legato ad una concimazione eccessivamente abbondante non giustificata dai reali fabbisogni della coltura.

I dati osservati a Bottiglie indicano dosi di azoto simili a quelle utilizzate a Spescia per il frumento, che però rappresentava solamente il 16% della superficie totale del bacino. Pertanto, nonostante il surplus del frumento fosse simile a quello osservato a Spescia, poiché il resto del bacino era investito con leguminose e altre colture poco esigenti in azoto, il bilancio dell'azoto a scala di bacino è risultato nettamente inferiore (39 kg N ha<sup>-1</sup> di SAU) rispetto a quello osservato a Spescia. Per quanto riguarda il fosforo, poiché gran parte delle colture non erano state concimate, i surplus complessivi sono negativi.

Tabella 17 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Spescia" (Serra de' Conti).

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colturali asportati	Concimazione		Surplus	
		ha	%	t ha <sup>-1</sup> s.s.	t ha <sup>-1</sup> s.s.	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>
2006	frumento	69,2	86%	3,7	3,0	138	200	67	152
	TOT SAU	69,2	86%	3,7	3,0	138	200	67	152
	TOT bacino	80,8	100%	3,1	2,6	118	171	58	130

Tabella 18 - Colture del bacino "Spescia" (Serra de' Conti) nell'annata agraria 2006-07.

Anno	Coltura	Superficie	
2007	barbabietola	9,5	12%
	girasole	14,6	18%
	favino	20,4	25%
	pisello proteico	24,7	31%
	TOT SAU	69,2	86%
	TOT bacino	80,8	100%

Tabella 19 – Annata 2006-07. Colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Bottiglie" (Serra de' Conti). I dati di produzione della vite sono espressi in t ha<sup>-1</sup> di prodotto tal quale, quelli delle altre colture in t ha<sup>-1</sup> di sostanza secca.

Anno	Coltura	Superficie		Produzione	Residui colt. asportati	Concimazione		Surplus	
		ha	%	t ha <sup>-1</sup> s.s.	t ha <sup>-1</sup> s.s.	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>
2006	farro	3,4	6%	2,6	3,6	38	0	-35	-26
	frumento	9,9	16%	3,8	0,0	122*	27	61	-35
	favino	9,1	15%	1,7	0,0	0	0	34	-34
	pisello proteico	2,8	5%	2,1	0,0	0	0	25	-43
	cicerchia	0,5	1%	1,0	0,0	0	0	21	-11
	medica	11,3	19%	6,7	0,0	0	0	19	0
	vite	6,8	11%	9,8	0,0	27	72	-19	20
	TOT SAU	43,9	73%	4,8	0,0	39	19	23	-19
	Bosco	3,9	6%	0,0	0,0	0	0	0	0
	TOT SAU+bosco	47,8	79%	4,4	0,0	35	17	21	-17
	TOT bacino	60,3	100%	3,5	0,0	25	12	15	-12

\* di cui 12 N kg ha<sup>-1</sup> da azotofissazione coltura precedente (varie leguminose)



Tabella 20- Colture del bacino “Bottiglie” (Serra de’ Conti) nell’annata agraria 2006-07.

Anno	Coltura	Superficie	
		ha	%
2007	frumento	19,5	32%
	cece	0,5	1%
	cicerchia	1,4	2%
	farro	2,1	3%
	medica	5,7	9%
	pisello	7,3	12%
	vite	7,3	12%
	<b>TOT SAU</b>	43,9	73%
	Bosco	3,9	6%
	<b>TOT SAU+bosco</b>	47,8	79%
	<b>TOT bacino</b>	60,3	100%

Di seguito vengono riportate le schede colturali delle colture più diffuse (frumento duro, girasole, favino/pisello, erba medica) e rappresentative delle aree collinari della regione Marche (Tabella 21, Tabella 22, Tabella 23, Tabella 24).

Tabella 21– Scheda colturale del frumento duro in collina

Operazione	Data	Operazione	
Lavorazione principale	Da ultima decade di luglio a ultima decade di agosto	Aratura o Ripuntatura	
Diserbo totale	Ultima decade di ottobre	Glifosate 31%	2,5 L ha <sup>-1</sup>
Concimazione fosforica	Ultima decade di ottobre	60 kg ha <sup>-1</sup> come perfosfato triplo o semplice	
Lavorazioni complementari	Ultima decade di ottobre	Erpicatura	
Semina a righe	Da ultima decade di ottobre a prima decade di novembre	210 kg ha <sup>-1</sup> di seme	
Concimazione azotata	Ultima decade di gennaio	50 kg ha <sup>-1</sup> come nitrato ammonico	
Diserbo	marzo	Iodosulfuron-metile-sodio 3%	1,25 Kg ha <sup>-1</sup>
		Mefenpir-dietile 9%	
		Mesosulfuron-metile 3%	
		+ Sale sodico di alchiletere solfato 25,5%	1 L ha <sup>-1</sup>
Concimazione azotata	Prima decade di aprile	Da 46 a 92 kg ha <sup>-1</sup> come urea	
Trattamenti fungicidi	Aprile/Maggio	Azoxystrobin 23,2%	0,8 L ha <sup>-1</sup>
		Oppure Procloraz 32,3% + Cipropiconazolo 4,3%	1,1 L ha <sup>-1</sup>
Trattamenti insetticida	Aprile/Maggio	Lambda-cialotrina 9,48%	0,2 Kg ha <sup>-1</sup>





Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Operazione	Data	Operazione
Concimazione azotata	Prima decede di aprile	Da 46 a 92 kg ha <sup>-1</sup> come urea
Raccolta	Ultima decade di giugno	Mietitrebbiatura

Tabella 22– Scheda colturale del girasole in collina

Operazione	Data	Operazione
Lavorazione principale	Ultima decade di agosto	Aratura a 35 cm
Lavorazioni complementari	ottobre/novembre	Estirpatura
Concimazione fosforica	marzo/aprile	40 kg ha <sup>-1</sup> di P come perfosfato semplice
Concimazione azotata	marzo/aprile	90 kg ha <sup>-1</sup> di N come Urea
Lavorazioni complementari	marzo/aprile	Erpicatura
Semina di precisione	marzo/aprile	1 unità ha <sup>-1</sup>
Lavorazioni consecutive	marzo/aprile	Rullatura
Diserbo	marzo/aprile	S-metolaclo 86,49% oppure Oxifluorfen 44%
Raccolta	agosto-settembre	Mietitrebbiatura

Tabella 23 – Scheda colturale del favino/pisello in collina

Operazione	Data	Operazione
Lavorazione principale	Fine luglio o fine agosto	Aratura o Ripuntatura
Concimazione fosforica	ottobre	26 kg ha <sup>-1</sup> come Perfosfato Semplice
Lavorazioni complementari	ottobre	Erpicatura
Semina a righe	Fine ottobre inizi novembre	160-250 kg ha <sup>-1</sup> di seme
Raccolta	luglio	Mietitrebbiatura

Tabella 24– Scheda colturale dell'erba medica in collina

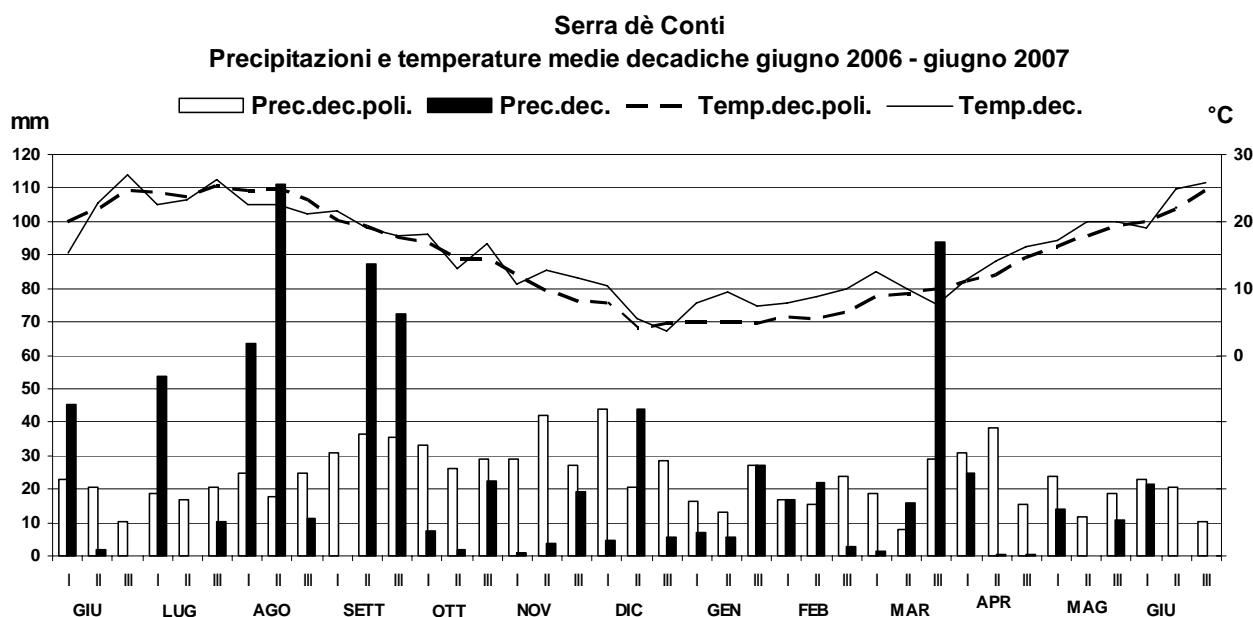
Operazione	Data	Operazione
Lavorazione principale	fine luglio o fine agosto	Aratura
Concimazione fosforica	ottobre/novembre	26 kg ha <sup>-1</sup> come Perfosfato Semplice
Lavorazioni complementari	ottobre/novembre	Estirpatura
	febbraio/marzo	Erpicatura
Semina a righe	marzo/aprile	30-50 kg ha <sup>-1</sup> di seme
Lavorazioni consecut.	marzo/aprile	Rullatura
Raccolta 1° anno	luglio	Affienamento
	agosto/settembre (raramente)	Affienamento

Operazione	Data	Operazione
Raccolta 2° anno	maggio/giugno	Affienamento
	giugno/luglio	Affienamento
	agosto/settembre	Affienamento
Raccolta 3° anno	maggio/giugno	Affienamento
	giugno/luglio	Affienamento
	agosto/settembre	Affienamento

### Andamento meteorologico nel periodo di osservazione

Durante il periodo considerato, sono state osservate in totale precipitazioni pari a 830 mm, contro i 918 mm della media poliennale (periodo 1998 – 2008) della zona (Figura 13). Il periodo estivo è stato caratterizzato da abbondanti precipitazioni relativamente concentrate in pochi eventi, che hanno determinato deflussi superficiali in entrambi i bacini oggetto di monitoraggio. Da giugno a settembre, l'altezza di pioggia ha raggiunto i 456 mm vs 280 mm della media poliennale. Ulteriori abbondanti precipitazioni, con conseguenti deflussi, hanno interessato la terza decade del mese di marzo (94 mm vs 29 mm della corrispondente media pluriennale). L'intensità massima oraria di precipitazione ( $I_{60 \text{ max}}$ ) osservata nei due periodi considerati è stata raggiunta in occasione dell'evento dell'8 agosto 2006 ( $47,4 \text{ mm h}^{-1}$ ), a seguito del quale sono state osservate, nel bacino Spescia, abbondanti perdite di suolo per erosione idrica (Tabella 25). L'andamento termometrico ha fatto registrare temperature medie spesso superiori alla media poliennale soprattutto durante tutto il periodo invernale ( $9 \text{ vs } 6,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Figura 13 – Andamento termopluviometrico nel periodo giugno 2006-giugno 2007. Elaborazione dati forniti dal Centro Operativo del Servizio di Agrometeorologia dell'Agenzia Servizi Settore Agroalimentare Regionale – ASSAM.





*Afflussi, deflussi ed erosione idrica del suolo*

Il monitoraggio delle precipitazioni e dei deflussi ha messo in luce la vulnerabilità dei bacini imbriferi oggetto di studio a fenomeni alluvionali anche relativamente intensi (Tabella 25 e Tabella 26). Sono stati rilevati deflussi particolarmente abbondanti nel periodo compreso tra luglio ed aprile, per la concomitanza di abbondanti piogge e la scarsa copertura del suolo in entrambi i bacini. In questo periodo sono stati rilevati 737 mm di precipitazione nel bacino Spescia dei quali 545 quelli che hanno dato origini a deflusso superficiale.

Nel bacino Bottiglie i deflussi superficiali sono stati più concentrati e legati al periodo compreso tra settembre ed aprile. In questo periodo sono state rilevate altezze di pioggia pari a 488 mm di cui 282 mm quelle che hanno fatto registrare deflusso superficiale.

Questi risultati indicano che nel periodo autunnale ed invernale, gran parte degli afflussi vengono smaltiti per deflusso superficiale e sottosuperficiale.

Le perdite di suolo osservate nel periodo considerato sono state maggiori nel bacino Spescia rispetto a Bottiglie (5,9 vs 3,5 t ha<sup>-1</sup>). Le differenze sono state attribuite alla forte intensità degli eventi verificatisi tra il 29 luglio ed il 13 agosto ed al grado di copertura vegetale del suolo che caratterizzava i due bacini sperimentali al momento degli eventi. Alcuni giorni prima del primo evento, l'intera SAU del bacino Spescia era stata arata (

Tabella 17 - Principali colture, produzioni (s.s.), dosi di concime e surplus di azoto e fosforo nel bacino "Spescia" (Serra de' Conti).

), il bacino bottiglie era stato lavorato sul 20% circa della SAU, mentre la restante parte del bacino risultava coperta da vegetazione. La forte erosione osservata quindi in occasione di quell'evento nel bacino Spescia (4,3 t ha<sup>-1</sup>) va messa in relazione, oltre che con il differente grado di copertura vegetale dei bacini (Spescia < 10% vs Bottiglie 80%), anche con l'eccezionale intensità e localizzazione dell'evento (I60<sub>max</sub> pari a 47,4 mm h<sup>-1</sup> in data 8 agosto 2006).

Elevate perdite di suolo per erosione si sono osservate nel bacino Bottiglie in occasione degli eventi verificatisi nel periodo compreso tra metà settembre ed inizi ottobre (160 mm in totale con I60<sub>max</sub> pari a 28 mm h<sup>-1</sup> in data 26 settembre 2006). Durante l'evento in questione sono state osservate perdite di suolo pari a 3,2 t ha<sup>-1</sup> a Bottiglie, mentre nel bacino Spescia, per un'avaria del sistema, non è stato possibile rilevare il dato. L'erosione osservata a Bottiglie è stata associata alla ridotta copertura del suolo, infatti circa il 60 % della SAU era stata arata (Tabella 19).

*Perdite di azoto nitrico nel deflusso superficiale*

La concentrazione di nitrati nel deflusso superficiale nei due bacini è stata compresa tra 14 e 165 mg L<sup>-1</sup>. Questo risultato indica molto chiaramente l'effetto della copertura vegetale e della diversificazione d'uso del suolo nello spazio sull'inquinamento da nitrati di origine agricola.

Nel bacino Spescia le concentrazioni massime di nitrati sono state osservate in occasione di eventi verificatisi in assenza di copertura vegetale durante il periodo estivo - autunnale (2 eventi con concentrazione di nitrati media di 108 mg L<sup>-1</sup>) e durante il periodo invernale (3 eventi con concentrazione di nitrati media di 86 mg L<sup>-1</sup>). Concentrazioni elevate di nitrati sono anche state riscontrate nei deflussi verificatisi prima della semina delle colture a ciclo primaverile estivo (girasole, barbabietola da zucchero), quando sul 30% della superficie agricola utilizzata era stata effettuata la concimazione azotata (fine inverno – inizio primavera; 2 eventi con concentrazione di nitrati media di 113 mg L<sup>-1</sup>) (Tabella 25).

Nel bacino Bottiglie le perdite di azoto nitrico legate al deflusso superficiale sono state inferiori in termini assoluti rispetto a Spescia (26 vs 37 kg ha<sup>-1</sup>) tuttavia le concentrazioni di nitrati medie sono risultate leggermente maggiori (75 vs 90 mg L<sup>-1</sup>). Questo risultato è stato associato da un lato al minor numero di eventi riscontrato a Bottiglie nel periodo estivo, conseguente alla totale copertura della SAU del bacino offerta da favino, erba medica, cicerchia, pisello proteico, vite e farro (Tabella



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

18, Tabella 19, e Tabella 20), che hanno favorito l'evapotraspirazione, dall'altro al fatto che in occasione dell'evento verificatosi tra settembre ed ottobre il 60% circa della SAU di Bottiglie era stata arata, con conseguente accelerato ritmo di mineralizzazione della sostanza organica lasciata dalle leguminose nel suolo.

*Perdite di fosforo solubile nel deflusso superficiale*

Il limite fissato a livello europeo per la concentrazione di P da ortofosfato nei fiumi è  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  (English Nature, 1994). Gran parte del fosforo distribuito con i concimi viene trattenuto dal potere assorbente del terreno. Le perdite possono verificarsi principalmente per erosione, mentre quelle per insolubilizzazione si verificano prevalentemente nei terreni fortemente acidi o ricchi in calcare attivo, ma non hanno alcuna influenza sull'inquinamento delle acque.

In termini assoluti, le perdite di fosforo totale sono elevate in genere quando si verificano intensi fenomeni di erosione, con trasporto nel deflusso superficiale del fosforo adsorbito alle particelle di terreno, sospese nella torbida. Poiché il fosforo è poco solubile in acqua, la concentrazione della frazione solubile dipende dall'equilibrio che si instaura tra soluzione e contenuto di fosforo del particolato in sospensione. Se la soluzione è povera di fosforo, le particelle di terreno ne rilasciano, se è ricca lo assorbono. Dunque un deflusso molto torbido ha una carica inquinante potenziale elevata, perché contiene molto fosforo adsorbito alle particelle, ma può rappresentare un tampone per le acque eccessivamente inquinate da fosforo in forma solubile.

Mediamente, nell'arco del periodo considerato, in entrambi i bacini le perdite di fosforo solubile legate al deflusso superficiale sono state contenute, inferiori a  $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ anno}^{-1}$ , con concentrazioni di fosforo (espresso come  $\text{P-PO}_4^{3-}$ ) che solo occasionalmente hanno superato  $0,1 \text{ mg L}^{-1}$  in tutte le situazioni esaminate (Tabella 25 e Tabella 26).

Le concentrazioni relativamente elevate di  $\text{P-PO}_4^{3-}$  osservate occasionalmente nei bacini sono state messe in relazione con la concimazione di fondo per le colture a ciclo primaverile estivo, effettuata con perfosfato triplo pochi giorni prima delle precipitazioni che hanno generato deflusso superficiale.

La dinamica del fosforo a scala di bacino imbrifero nella collina marchigiana merita ulteriori approfondimenti, in particolare per quanto riguarda le perdite assolute di fosforo totale e di fosforo debolmente legato al particolato, che potrebbe rendersi disponibile "a valle" in acquiferi particolarmente poveri di fosforo nei quali l'argilla in sospensione potrebbe rilasciarne quantità rilevanti ai fini dell'eutrofizzazione.



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 25 - Bacino "Spesca": caratteristiche delle principali precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.

DATA EVENTO		pioggia	I <sub>60</sub> max	deflusso	coeff.defl.	turbidità	erosione	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
inizio	fine	(mm)	(mmh <sup>-1</sup> )	(mm)	%	(g L <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )
11/08/2006	13/08/2006	133	47	39	29	10,2	4,0	59	5,1	0,05	0,04
17/09/2006	02/10/2006	116	28	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*	n.d.*
16/12/2006	03/01/2006	54	< 10	18	33	0,3	0,1	117	4,7	0,03	0,01
25/01/2007	05/02/2007	9	3	6	60	0,4	0,0	69	0,9	0,27	0,04
08/02/2007	14/02/2007	32	2	8	26	0,1	0,0	73	1,4	0,06	0,01
21/03/2007	23/03/2007	26	3	5	19	1,7	0,1	165	1,9	0,12	0,01
24/03/2007	01/04/2007	94	4	86	92	1,5	1,3	61	12,0	0,07	0,14
03/04/2007	12/04/2007	29	4	29	100	0,7	0,2	36	2,4	0,09	0,06
<b>TOT</b>		494	47	214	43	2,7	5,7	75	36,4	0,08	0,38

\* : dato non disponibile per avaria del sistema

Tabella 26 - Bacino "Bottiglie": caratteristiche delle principali precipitazioni che hanno dato origine a deflusso superficiale ed erosione idrica del suolo.

DATA EVENTO		pioggia	I <sub>60</sub> max	deflusso	coeff.defl.	turbidità	erosione	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
inizio	fine	(mm)	(mmh <sup>-1</sup> )	(mm)	%	(g L <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )	(mg L <sup>-1</sup> )	(kg ha <sup>-1</sup> )
18/09/2006	02/10/2006	89	28	87	98	3,7	3,2	114	22,3	0,05	0,10
16/12/2006	03/01/2007	70	2	15	21	0,1	0,0	71	2,4	0,02	0,01
12/03/2007	20/03/2007	13	2	2	14	0,1	0,0	14	0,1	0,03	0,00
22/03/2007	23/03/2007	4	2	1	27	0,2	0,0	15	0,0	0,41	0,01
24/03/2007	12/04/2007	106	3	24	23	0,9	0,2	25	1,3	0,05	0,03
<b>TOT</b>		282	28	129	46	2,7	3,5	90	26,2	0,05	0,14



### *Valutazione della qualità delle acque di falda*

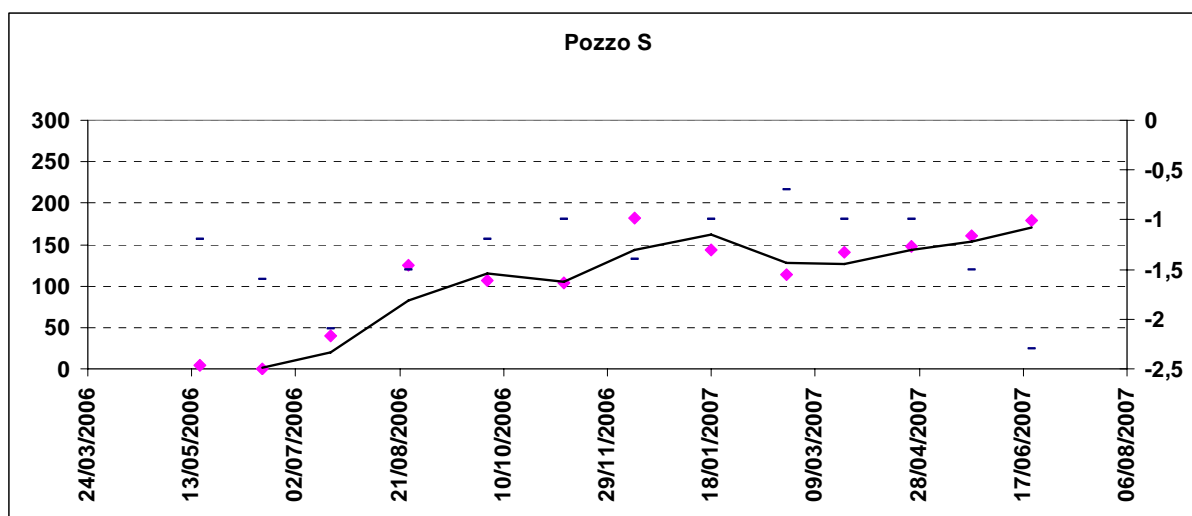
Il monitoraggio dei pozzi nell'area campione di collina ha rivelato una dinamica delle concentrazioni di nitrati e di altri elementi di difficile interpretazione attraverso l'analisi dei sistemi colturali delle aree prospicienti.

Per quanto riguarda le dinamiche mensili dei nitrati, è possibile distinguere situazioni nelle quali la concentrazione di nitrati è stabilmente superiore o molto superiore alla soglia di potabilità (pozzi S, 4 e 3 utilizzati per l'irrigazione), pozzi nei quali invece la concentrazione di nitrati è stabilmente inferiore a  $50 \text{ mg L}^{-1}$  (1 e 7), pozzi che alternano periodi di elevate e basse concentrazioni (B, 6 e 2a). Occasionalmente i pozzi B, 6 e 2a hanno mostrato concentrazioni di nitrati molto elevate, che sono state attribuite alla presenza occasionale di animali o altri corpi estranei nell'acqua. I pozzi S e B, che sono stati scavati all'inizio del periodo di monitoraggio, nel 1998, rivelano dinamiche in certa misura opposte: nel pozzo S infatti si osservano concentrazioni di nitrati crescenti, mentre nel pozzo B decrescenti. Nel momento in cui sono stati scavati, i due pozzi hanno intercettato delle falde non inquinate da nitrati e proprio a partire dal 2006, nel pozzo S sono stati osservati incrementi del contenuto di nitrati che non erano mai stati osservati nel periodo precedente. Nel pozzo B invece la concentrazione di nitrati si è sempre mantenuta bassa.

Nella generalità dei casi, le concentrazioni più elevate sono state spesso associate a piezometriche più alte, segno che la ricarica della falda avviene prevalentemente con acqua inquinata da nitrati. I valori minimi sono associati al contrario al periodo estivo, in cui l'altezza della falda raggiunge i minimi. Questo andamento conferma il fatto che l'arricchimento delle falde con nitrati avviene nel in autunno-inverno e successivamente si verifica un progressivo impoverimento nel periodo estivo, con il prosciugamento degli strati più superficiali del suolo.

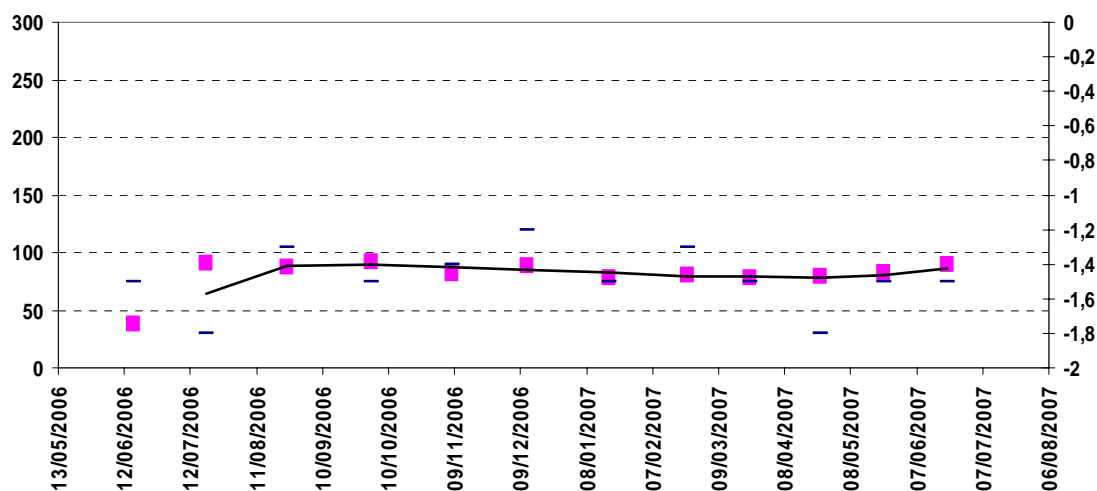
Figura 14- Dinamica della concentrazione di nitrati ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e della piezometrica (m) (dal piano di campagna) dei pozzi ("Bottiglie" pozzi: 1-2a-3-7-B; "Spescia" pozzi: 4-6-S).

**LEGENDA:** ■:  $\text{mgL}^{-1}$  nitrati (scala di sinistra); -: altezza acqua (m) rispetto al piano di campagna (scala di destra)

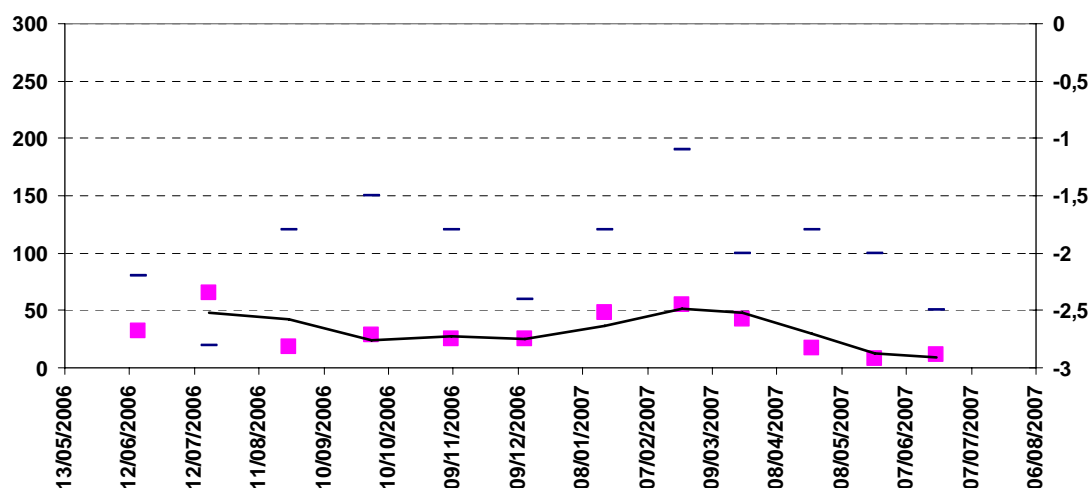




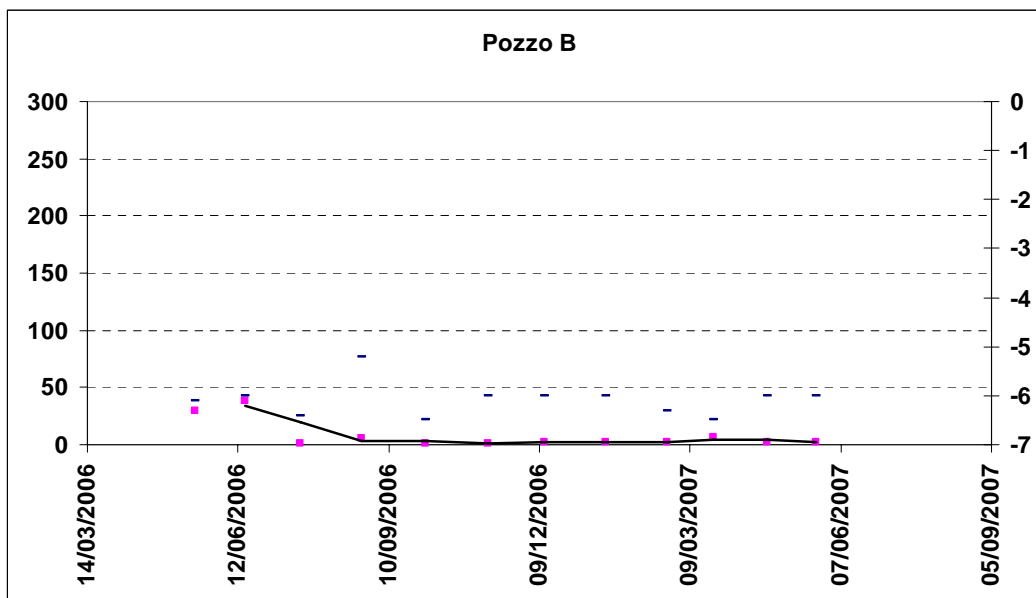
Pozzo 4



Pozzo 6

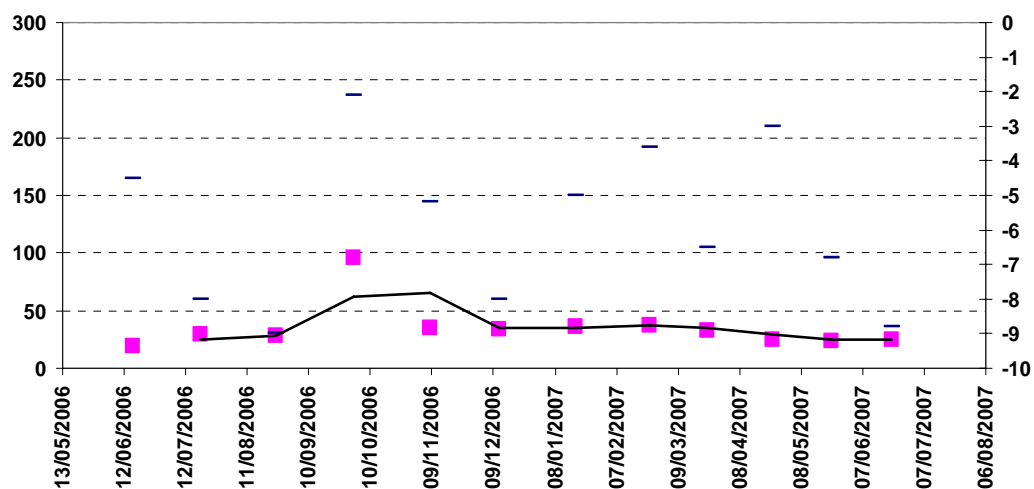


Pozzo B

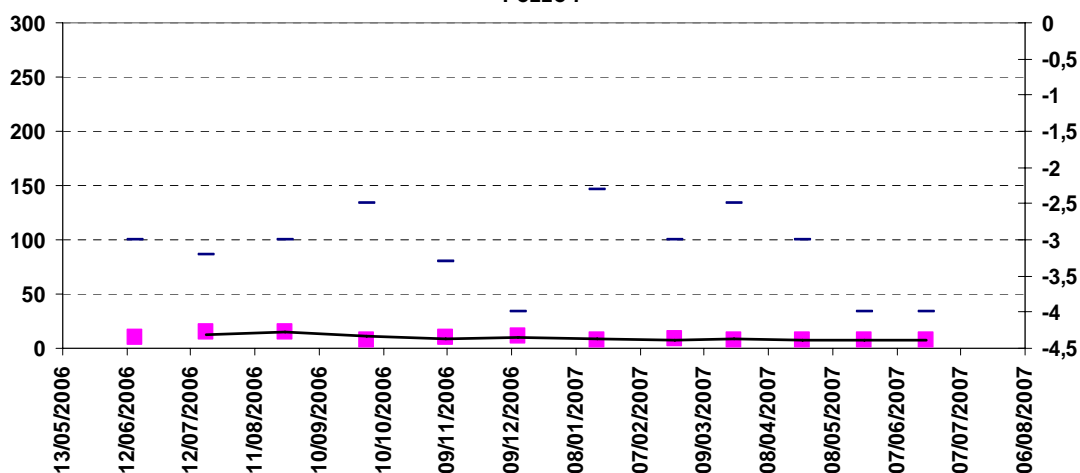




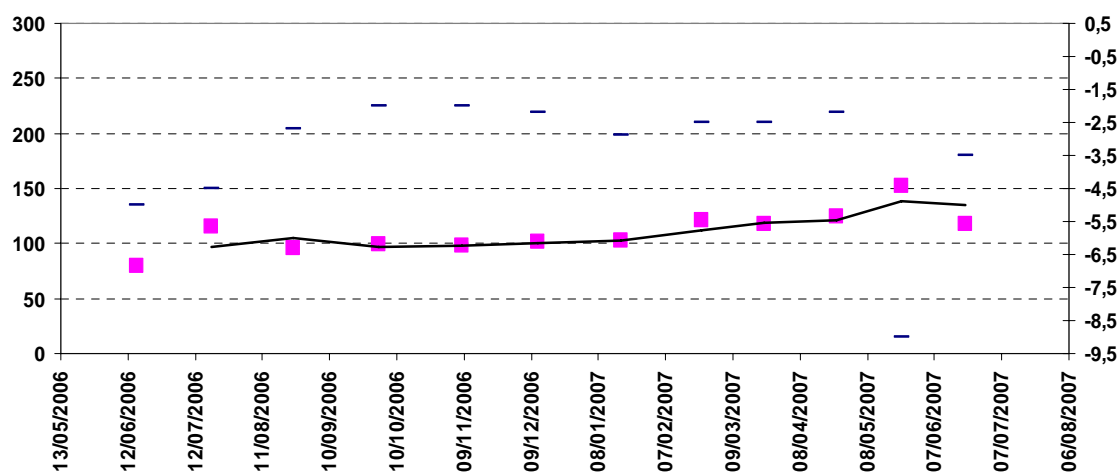
Pozzo 2a



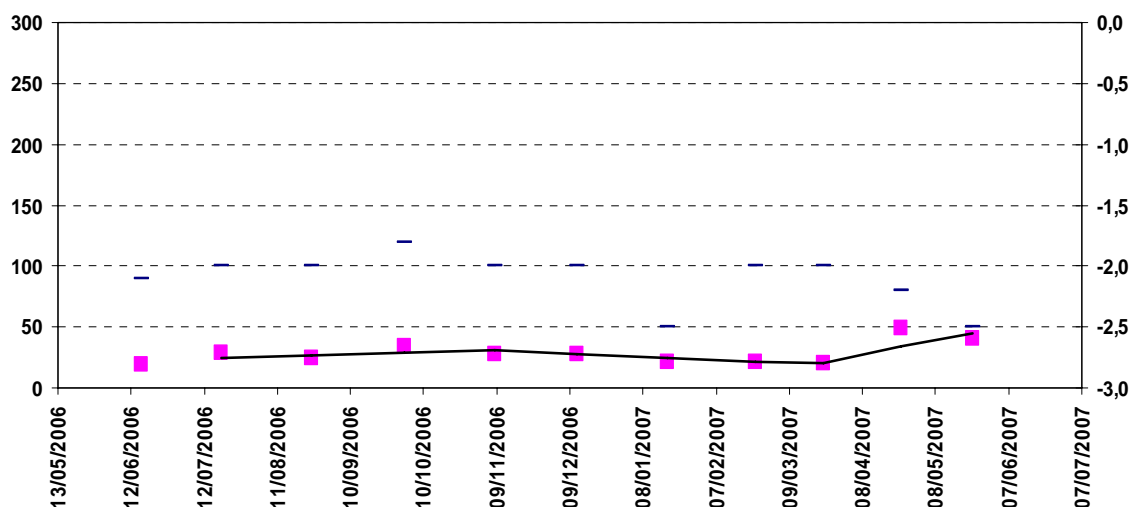
Pozzo 7



Pozzo 3



Pozzo 1



Alla luce dei risultati finora ottenuti, si rendono necessari ulteriori approfondimenti al fine di definire esattamente l'origine dei nitrati riscontrati in alcuni pozzi, per esempio attraverso determinazioni analitiche più approfondite, come quelle sul  $\delta^{15}\text{N}$ , che permetterebbero in certa misura di distinguere l'azoto nitrico derivante, per esempio, dai fertilizzanti, rispetto a quello di altra natura.

Tuttavia, i risultati osservati hanno consentito di confermare l'esistenza di una situazione di degrado della qualità delle acque profonde, che testimonia in generale un eccesso di nitrati nell'acqua che ricarica le falde.

Per quanto riguarda le dinamiche degli altri parametri analitici rilevati nel periodo di riferimento di questa relazione, si osserva una sostanziale stabilità nel tempo per la maggior parte di essi, a testimonianza della sostanziale stabilità della alimentazione della falda. Tuttavia, per una migliore interpretazione delle dinamiche dei vari elementi, è necessario far riferimento ad un periodo di osservazione molto più lungo di quello al quale si riferisce questo rapporto.



Dipartimento di Scienze Ambientali  
e delle Produzioni Vegetali

Tabella 27 – Sintesi dei risultati delle analisi mineralogiche dell'acqua dei pozzi oggetto di valutazione nei microbacini di Serra de' Conti (periodo 2006-2007).

DATA CAMPIONAM.	BACINO	POZZO	Altezza (m)	pH	Cond. El. 20°C (mS/cm)	Alc. [mg/L (HCO <sub>3</sub> )]	Dur.Tot (mg/L)	Ca (mg/L)	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	K (mg/L)	lone solfato (mg/L)	cloruri (mg/L)	lone nitrico (mg/L)	lone nitroso (mg/L)	lone ammonio (mg/L)	lone ortofosf. (mg/L)	S.A.R.
08/11/2006	spescia	S	-1	7,8	1329			153	104	35	24		165	104				1,97
12/12/2006	spescia	S	-1,4	7,3	2152			185	159	58	15		241	182				2,62
18/01/2007	spescia	S	-1	7,5	1992		825	204	184	76	11	194	243	143	2,0	1,60	0,11	2,80
24/04/2007	spescia	S	-1	7,3	2108	461	598	154	164	52	6	204	246	148	0,0	0,05	0,05	
08/11/2006	spescia	4	-1,4	7,5	1504			166	67	97	16		63	82				1,03
12/12/2006	spescia	4	-1,2	7,5	1599			138	59	70	12		66	88				1,02
18/01/2007	spescia	4	-1,5	7,7	1467		773	163	64	89	13	302	58	78	0,0	0,05	0,00	1,00
24/04/2007	spescia	4	-1,8	7,3	1548	408	595	120	54	66	9	296	60	79	0,0	0,00	0,11	
08/11/2006	spescia	6	-1,8	8,2	1034			87	112	26	18		115	25				2,71
12/12/2006	spescia	6	-2,4	8,3	6199			88	303	3	20		410	25				8,66
18/01/2007	spescia	6	-1,8	8,2	1615		450	108	242	44	17	102	273	49	0,4	0,00	0,23	4,98
24/04/2007	spescia	6	-1,8	7,7	1367	393	333	92	129	25	7	61	138	17	0,0	0,10	0,22	
08/11/2006	bottiglie	B	-6	7,5	1168			41	217	33	24		65	1				6,14
12/12/2006	bottiglie	B	-6	8	590,5			36	188	27	16		63	2				5,82
18/01/2007	bottiglie	B	-6	7,5	1140		273	46	211	38	23	39	61	2	0,0	0,00	0,67	5,59
24/04/2007	bottiglie	B	-6	7,5	1254	544	204	31	201	31	15	42	64	2	0,2	0,50	0,11	
08/11/2006	bottiglie	2a	-5,2	7,6	902,3			119	32	39	6		30	35				0,65
12/12/2006	bottiglie	2a	-8	7,9	884,1			102	29	31	2		31	34				0,64
18/01/2007	bottiglie	2a	-5	7,8	983,2		550	146	31	45	2	70	30	36	0,0	0,00	0,09	0,58
24/04/2007	bottiglie	2a	-3	7,2	1000	410	423	117	22	32	1	68	26	25	0,0	0,00	0,04	
08/11/2006	bottiglie	7	-3,3	7,9	1598			45	15	4	7		10	10				0,56
12/12/2006	bottiglie	7	-4	8	590,5			42	16	6	6		16	11				0,59
18/01/2007	bottiglie	7	-2,3	8	586,4		3	75	33	20	10	28	34	8	0,0	0,10	0,30	0,88
24/04/2007	bottiglie	7	-3	7,7	557,8	215	193	56	20	13	6	23	27	7	0,0	0,10	0,29	
08/11/2006	bottiglie	3	-2	7,4	1253			128	64	89	8		45	98				1,07
12/12/2006	bottiglie	3	-2,2	7,2	1660			114	61	69	10		48	102				1,11
18/01/2007	bottiglie	3	-2,9	7,4	1323		608	149	58	89	6	75	47	103	0,0	0,00	0,10	0,92
24/04/2007	bottiglie	3	-2,2	7,2	1398	476	555	115	43	65	5	79	51	124	0,0	0,05	0,07	
08/11/2006	bottiglie	1	-2	7,5	1105			129	66	65	12		56	28				1,19
12/12/2006	bottiglie	1	-2	7,4	1147			106	58	50	7		58	28				1,16
18/01/2007	bottiglie	1	-2,5	7,7	1133		582	124	62	66	7	70	57	21	0,0	0,00	0,16	1,13
24/04/2007	bottiglie	1	-2,2	7,3	1736	432	550	114	94	64	11	149	159	49	0,0	0,00	0,13	





### Calibrazione del modello DSSAT

Per la calibrazione di DSSAT sono stati utilizzati i dati relativi ad una sperimentazione di lunga durata avviata nell'autunno 1994 presso l'azienda didattico-sperimentale "Pasquale Rosati" della Facoltà di Agraria dell'Università Politecnica delle Marche, ubicata in località borgo Ruffini (43°32'17"N; 13°22'03"E) nel comune di Agugliano (AN), a circa 200 m s.l.m. e ad una distanza di circa 15 km dal mare. La sperimentazione si basa su un avvicendamento biennale mais - frumento duro. I dati presi in considerazione per la calibrazione si riferiscono alle annate 2003-2004 e 2004-2005, nelle quali per ogni anno si avevano a disposizione dati per entrambe le colture. Il disegno sperimentale adottato (Tabella 28) è a parcelle suddivise in blocchi randomizzati con due ripetizioni. Le parcelle intere corrispondono a tre diverse tecniche di lavorazione (convenzionale, aratura a 35-40 cm e successivi affinamenti; minima, discissura a 30 cm e successivi affinamenti; non lavorazione attraverso la semina su sodo) ed hanno un'estensione di circa 1500 m<sup>2</sup> ognuna; le subparcelle hanno una superficie di 500 m<sup>2</sup> e corrispondono a tre livelli di concimazione azotata per entrambe le colture in avvicendamento. Sono presenti in campo contemporaneamente le due colture, ciascuna su due repliche.

I dati pedologici fanno riferimento ad una indagine *ad hoc* condotta nel 2006 dal gruppo di lavoro di pedologia del Dipartimento di Scienze Ambientali e delle Produzioni Vegetali dell'Università Politecnica delle Marche. Tessitura, densità apparente, capacità di scambio cationico, pH e azoto totale sono stati misurati da campioni raccolti su 16 differenti profili di suolo all'interno del campo sperimentale, mentre le costanti idrologiche sono state stimate con la funzione pedo-transfer di Saxton (2006). La L'elaborazione dei dati meteorologici (Tabella 30) sono state effettuate a partire da dati di temperature e precipitazioni rilevate dalla stazione meteo di Agugliano dell'ASSAM. I dati di radiazione necessari per le simulazioni sono stati stimati a partire da dati di temperatura massima e minima giornaliera attraverso il modello RADEST (Donatelli et al., 2003).

Tabella 29 riporta a titolo indicativo i dati medi dei principali orizzonti dei 16 profili di suolo rilevati nel 2006.

Tabella 28 - Trattamenti sperimentali relativi a tecniche di lavorazione e concimazioni.

Fattore principale: <b>tecniche di lavorazione</b>	
<b>Livelli</b>	<b>Descrizione</b>
<b>Convenzionale</b>	aratura a 35 cm + affinamenti + semina
<b>Semina su sodo*</b>	disseccamento chimico + trinciatura + semina su sodo

Fattore secondario: <b>concimazione azotata.</b>		
<b>Coltura</b>	<b>Livelli</b>	<b>Unità di azoto</b>
<b>frumento duro</b>	N <sub>2</sub>	180**
	N <sub>1</sub>	90**
	N <sub>0</sub>	0**
<b>mais</b>	N <sub>2</sub>	180
	N <sub>1</sub>	90
	N <sub>0</sub>	0

\* solo per il frumento (vedi testo)

\*\* somministrato in due epoche in copertura (all'accestimento ed all'inizio della levata)

L'elaborazione dei dati meteorologici (Tabella 30) sono state effettuate a partire da dati di temperature e precipitazioni rilevate dalla stazione meteo di Agugliano dell'ASSAM. I dati di radiazione necessari per le simulazioni sono stati stimati a partire da dati di temperatura massima e minima giornaliera attraverso il modello RADEST (Donatelli et al., 2003).

Tabella 29 - Caratteristiche medie dei suoli nei quali è stata condotta la sperimentazione. Tra parentesi l'errore standard.

<i>Caratteristica</i>	<i>Orizzonte</i>	<i>Ap</i>	<i>Bw</i>	<i>BC</i>
Profondità cm		26 (2,6)	80 (3,3)	113 (3,0)
Argilla g Kg <sup>-1</sup>		478 (5,1)	486 (5,4)	495 (8,9)
Sabbia g Kg <sup>-1</sup>		93 (4,9)	86 (4,9)	60 (5,0)
Limo g Kg <sup>-1</sup>		429 (6,0)	429 (6,0)	445 (7,2)
Densità apparente g cm <sup>-3</sup>		1,28 (0,01)	1,42 (0,01)	1,41 (0,01)
Capacità idrica massima %Vol 0 kPa		52 (0,18)	46 (0,22)	47 (0,39)
Capacità di campo % Vol 33 kPa		42 (0,17)	41 (0,21)	42 (0,36)
Punto di appassimento %Vol 1500 kPa		28 (0,27)	29 (0,30)	29 (0,55)
Sostanza organica g Kg <sup>-1</sup>		14,7 (0,80)	6,1 (0,49)	3,1 (0,18)
Carbonio organico (C) g Kg <sup>-1</sup>		8,5 (0,46)	3,5 (0,28)	1,8 (0,10)
Azoto totale (N) g Kg <sup>-1</sup>		1,0 (0,04)	0,6 (0,03)	0,4 (0,01)
Azoto nitrico mg Kg <sup>-1</sup>		1,7 (0,25)	0,7 (0,10)	0,5 (0,09)
C/N		8,2 (0,12)	5,7 (0,25)	4,1 (0,20)

Tabella 30 – Precipitazioni e temperature medie mensili di Agugliano (AN). Anni di osservazione: gen 1998 – giu 2007. Elaborazione da dati della stazione meteo dell'ASSAM di Agugliano.

<b>Mese</b>	<b>Prec (mm)</b>	<b>T min</b>	<b>T max</b>	<b>T med</b>
<i>Gen</i>	49	2,8	9,0	5,9
<i>Feb</i>	48	3,5	10,8	7,2
<i>Mar</i>	53	6,5	14,5	10,5
<i>Apr</i>	70	9,2	17,9	13,6
<i>Mag</i>	54	13,8	23,4	18,6
<i>Giu</i>	49	17,8	28,1	23,0
<i>Lug</i>	35	19,8	30,2	25,0
<i>Ago</i>	46	20,0	30,1	25,1
<i>Sett</i>	99	15,8	24,5	20,1
<i>Ott</i>	80	13,0	20,3	16,6
<i>Nov</i>	82	8,2	14,3	11,3
<i>Dic</i>	85	4,3	10,2	7,2
<b>Tot/Med</b>	<b>749</b>	<b>11,2</b>	<b>19,4</b>	<b>15,3</b>

Un passo fondamentale per la calibrazione del modello sulle colture consiste nel reperimento dei coefficienti genetici per le diverse varietà. Infatti, la variazione dei valori dei coefficienti genetici determina variazioni corrispondenti negli output del modello di simulazione. Attraverso l'utilizzo di uno specifico modulo per l'analisi della sensibilità è possibile, per approssimazioni successive, definire i valori dei coefficienti genetici che consentono di ottenere i minori scarti possibili tra dati osservati e simulati. Si tratta di un

processo delicato e lungo che richiede particolare attenzione e cura da parte dell'operatore. Operando in questo modo, è stato quindi possibile verificare l'efficacia del modello nel simulare e rappresentare le risposte della coltura al variare delle condizioni meteorologiche e pedologiche.

La calibrazione di DSSAT per il frumento e il mais è stata effettuata impiegando i dati di rese colturali per le annate 2003-2004 e 2004-2005, rilevate dalle parcelle di entrambi i blocchi con livelli di concimazione N90 e N180 e lavorazione convenzionale (Figura 15 e Figura 16).

La leggera sottostima delle rese colturali ottenute per le entrambe le colture è stata attribuita al fatto che il modello non considera le implicazioni dovute alla pendenza, in quanto le analisi effettuate non sono distribuite nello spazio. Si assume quindi che non ci siano input idrici da appezzamenti adiacenti a monte, e gli effetti della pendenza sul ruscellamento sono stimati in maniera approssimativa. Ciò può aver portato principalmente ad una certa sovrastima dello stress idrico delle colture nelle parti basse dei versanti collinari. Nonostante ciò, le calibrazioni sono da ritenere comunque soddisfacenti poiché rispondono bene per quanto riguarda le produzioni colturali in relazione alle diverse concimazioni e annate meteorologiche, anche in considerazione del fatto che il movimento laterale di acqua non è presente nel sito di pianura, nel quale si intende utilizzare il modello per le valutazioni.

Il modello calibrato sarà utilizzato nelle fasi successive del progetto di valutazione per valutazioni di alcune variabili, come il bilancio idrico e la lisciviazione dei nitrati, di interesse per l'analisi dell'impatto ambientale dell'avvicendamento colturale frumento duro-mais.

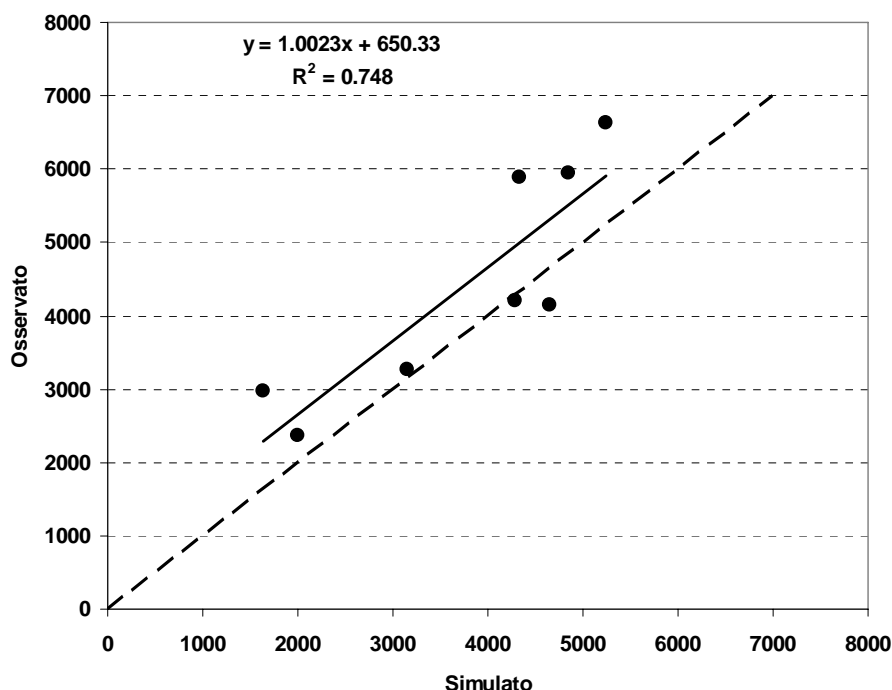


Figura 15- Calibrazione frumento per le annate 2003-2004 e 2004-2005 per i trattamenti con concimazione N90 e N180 con lavorazione convenzionale.

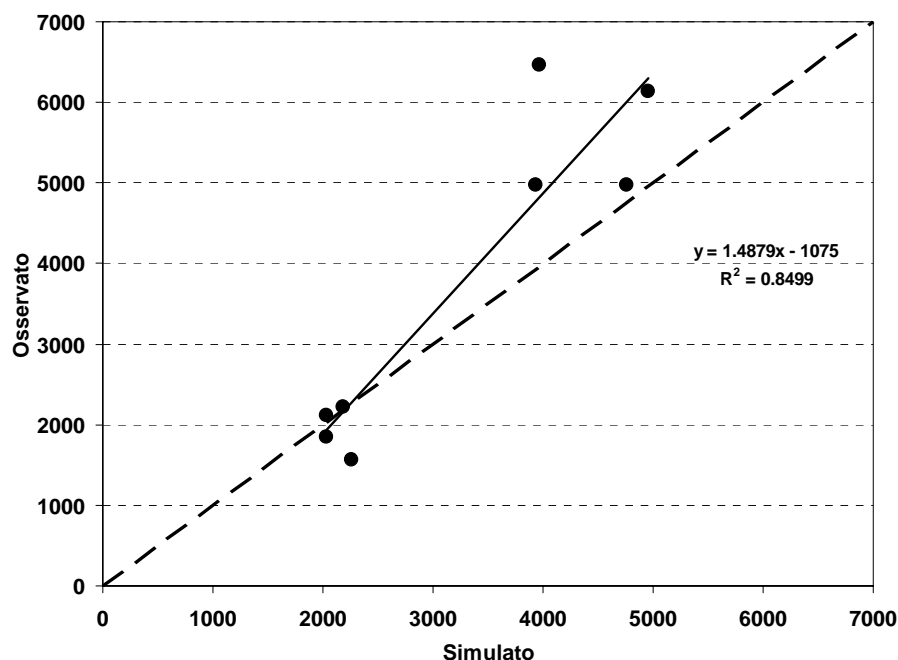


Figura 16 - Calibrazione mais per le annate 2003-2004 e 2004-2005 per i trattamenti con concimazione N90 e N180 con lavorazione convenzionale.

#### *Calibrazione del modello EUROSEM*

Prima della calibrazione, il modello sottostimava il ruscellamento e l'erosione rispetto ai valori effettivamente osservati in campo. La procedura di calibrazione ha preso punto di partenza le combinazioni di parametri per i quali il modello simulava valori di erosione coerenti con quanto osservato nei due bacini.

I dati di afflussi, deflussi ed erosione del suolo osservati in diversi eventi nel 1998 sono stati utilizzati per la calibrazione del modello, mentre i dati rilevati durante gli altri due anni sono stati utilizzati per la validazione. Nel periodo utilizzato per la calibrazione, si sono verificate intense precipitazioni nell'autunno 1998 e 1999 e nel giugno 1999. L'anno 2000 è stato caratterizzato da siccità primaverile ed estiva e da precipitazioni poco intense in autunno (Figura 17). La Figura 18 e la Figura 19 mostrano il ruscellamento e l'erosione idrica osservate in relazione ai dati di precipitazione. La Figura 21, la Figura 22 e la Figura 23 mostrano i risultati delle simulazioni dell'erosione idrica.

Si osserva un generale scarso accordo tra dati osservati e simulati. Spesso, le sovra e sotto stime si compensano, producendo indici di dispersione dei dati simulati rispetto a quelli osservati talvolta migliori di quelli calcolati per il deflusso superficiale.

La validazione dei parametri considerati nella simulazione del deflusso superficiale e dell'erosione, è riportata in Figura 21 e Figura 23 (dati 1999 e 2000). Per i dati raccolti nel 1999, il modello ha riprodotto accuratamente entrambi i fenomeni. I valori di erosione e deflusso superficiale osservati del 1999 sono stati sempre riprodotti in maniera affidabile. Nel 2000, i risultati del modello sono soddisfacenti. Considerando la complessità (i) dei processi oggetto di simulazione e (ii) del bacino oggetto di studio, questi risultati sono da considerare incoraggianti.

Figura 17 –Precipitazioni mensili del 1998 (trattino), 1999 (triangolo nero) e 2000 (cerchio bianco) utilizzati per le fasi di calibrazione e validazione del modello, a confronto con i dati medi pluriennali.

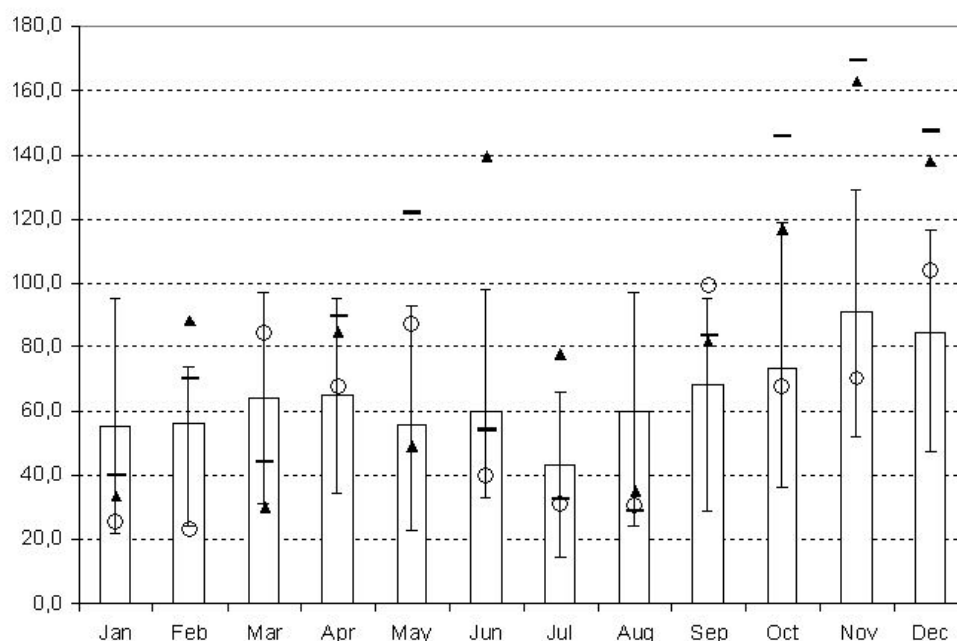


Figura 18 – Deflussi osservati in relazione alle precipitazioni per il periodo 1998 – 2000.

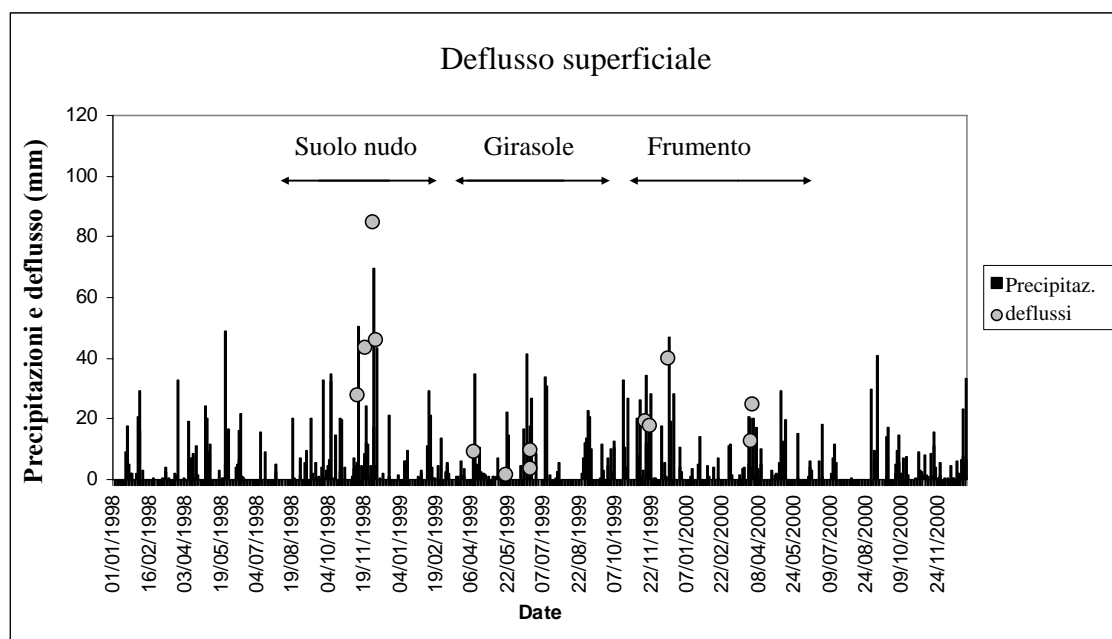


Figura 19 - Valori osservati di erosione idrica del suolo nei bacini di Serra de' Conti in relazione alle precipitazioni per il periodo 1998 – 2000.

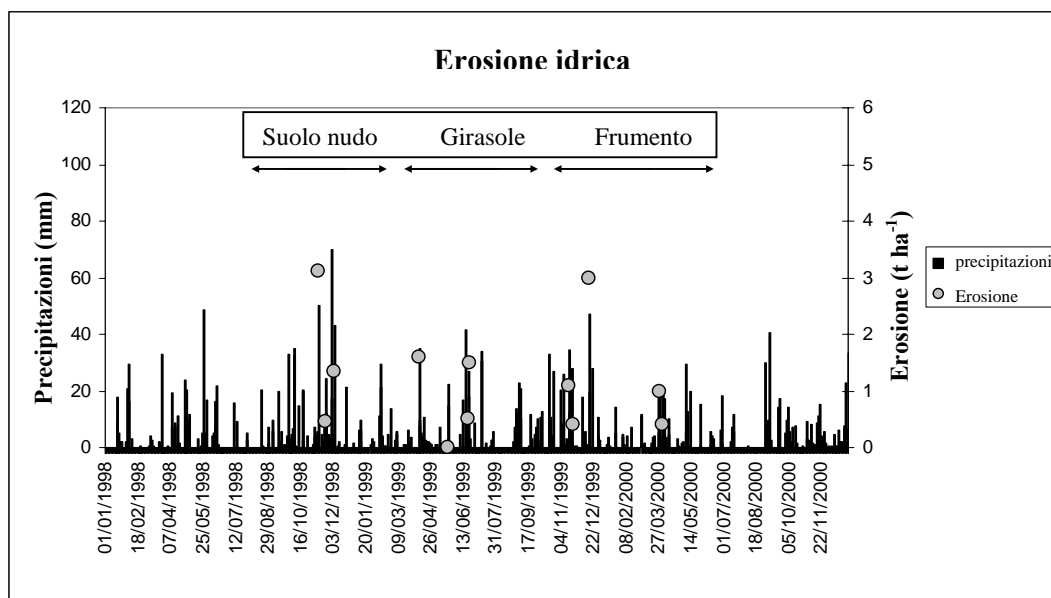


Figura 20 – Valori misurati e simulati di deflusso superficiale (totale per evento) a fine calibrazione (1998) e dopo la validazione (1999-2000).

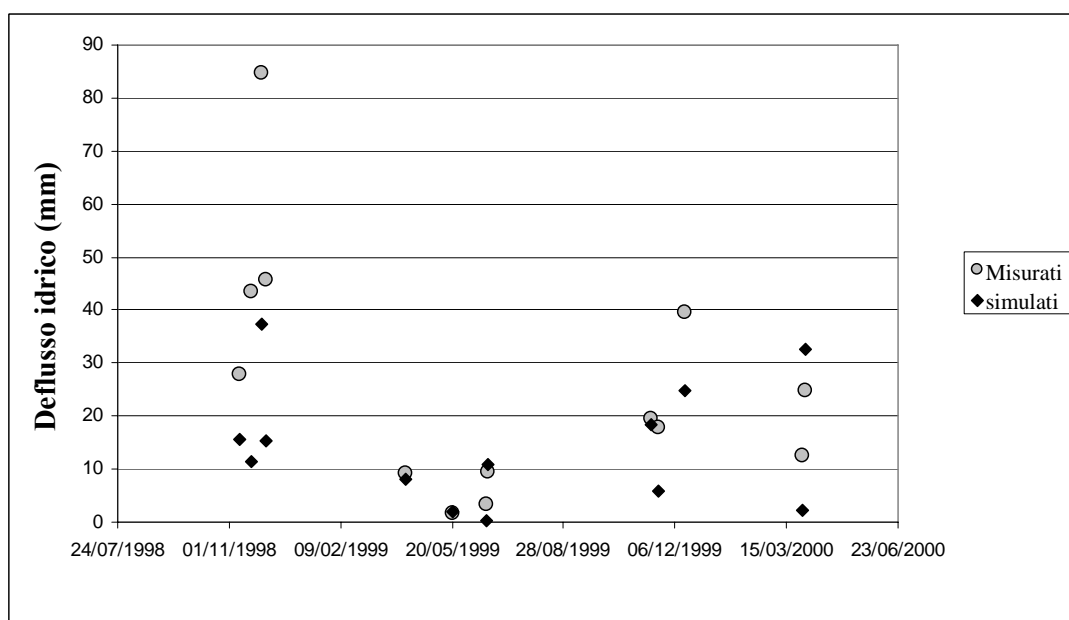


Figura 21 – Confronto con la retta ideale  $y=x$ . Cerchi = calibrazione; triangoli neri = validazione.



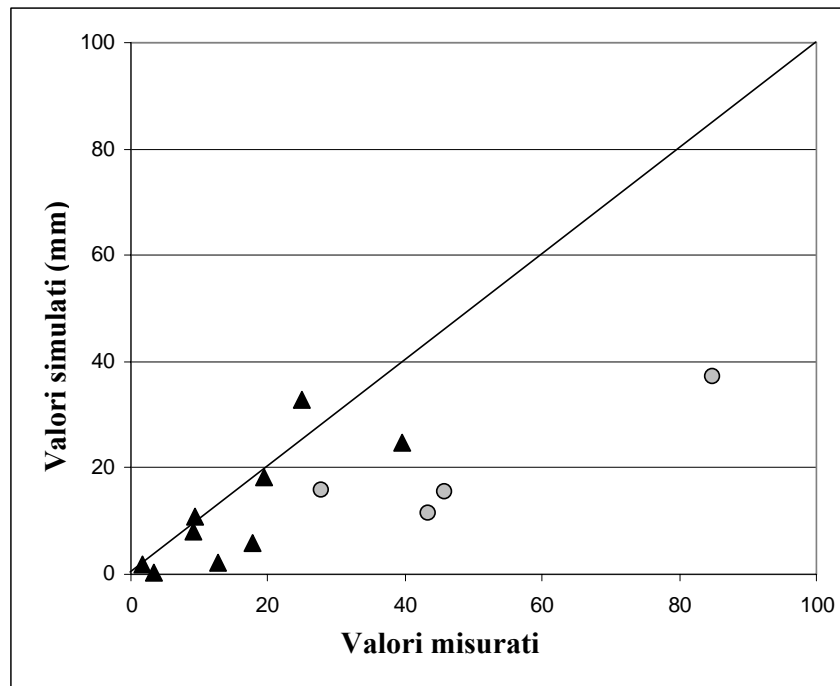


Figura 22 – Valori osservati e simulati di erosione (totali per evento) a fine calibrazione (1998) e dopo la validazione (1999-2000).

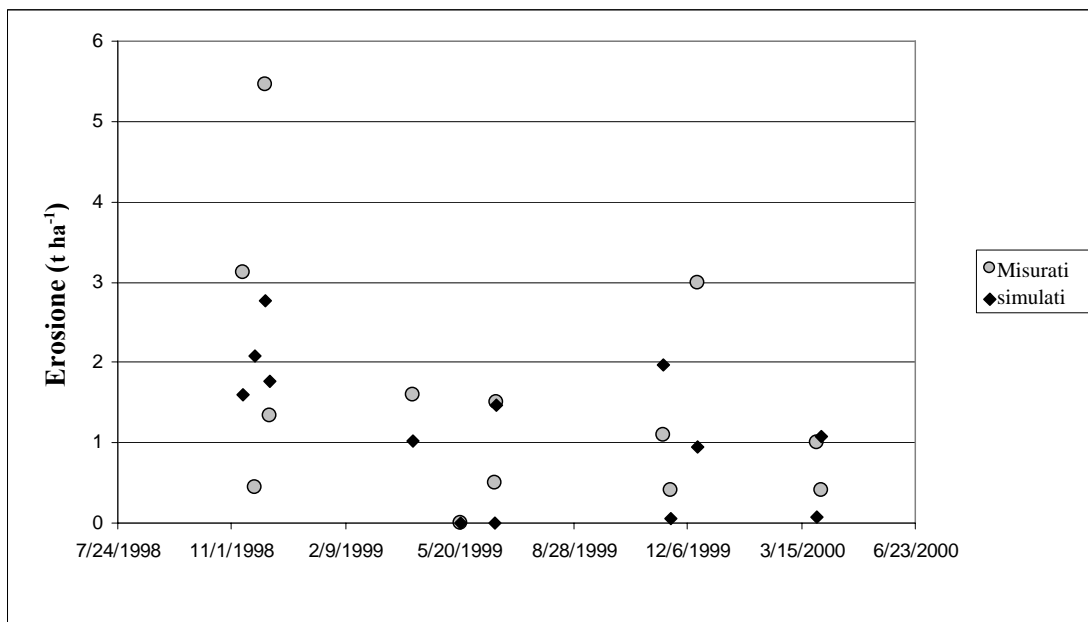


Figura 23 – Confronto con la retta ideale  $y=x$ . Cerchi = calibrazione; triangoli neri = validazione.

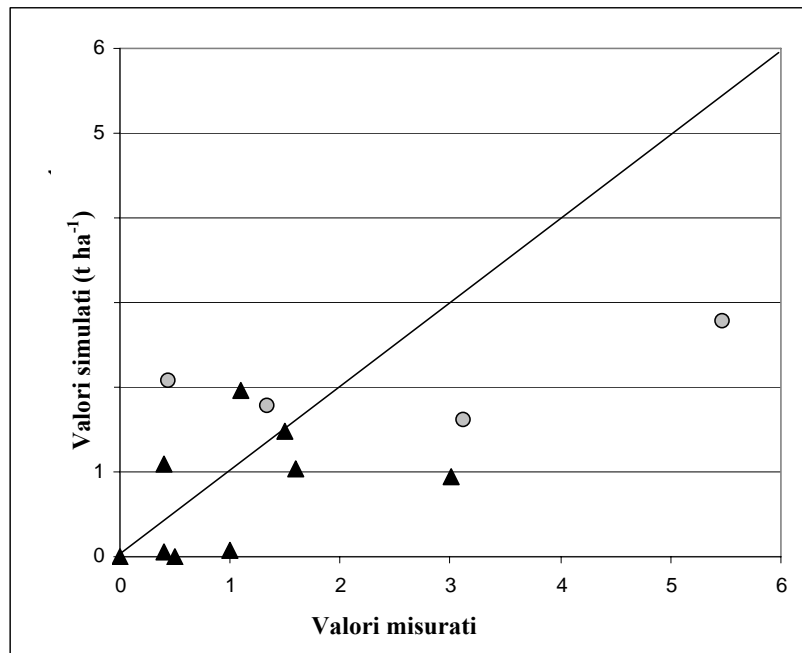
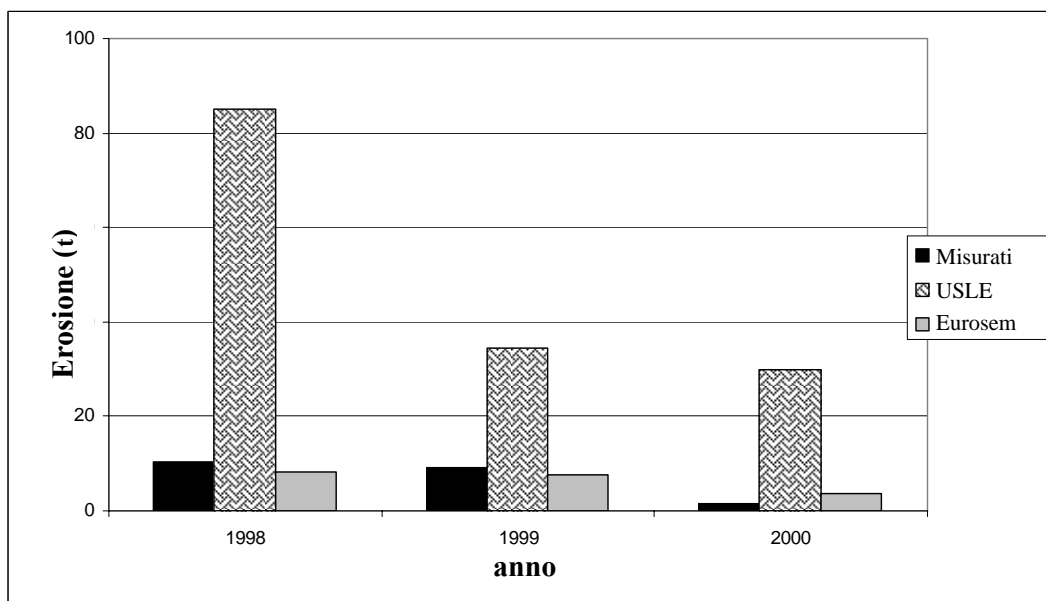


Figura 24 – Valori annuali di erosione osservati, simulati da EUROSEM e con USLE



Il confronto tra erosione misurata, simulata con EUROSEM e con l'approccio USLE (Wischmeier and Smith, 1965; 1978; Williams, 1975; Renard et al., 1987, 1991), utilizzato comunemente per valutazioni a scala territoriale ma basato su procedure a base empirica e non deterministica, mostra che le stime USLE sono sempre marcatamente più alte quando confrontate con i dati osservati, che invece si avvicinano molto di più a quelli simulati da EUROSEM (osservati: 10,38 t ha<sup>-1</sup>, simulati: 8,22 t ha<sup>-1</sup>) e nel 1999 (osservati: 9,22 t ha<sup>-1</sup>, simulati: 7,61 t ha<sup>-1</sup>) e leggermente sovrastimati nel 2000 (osservati: 1,40 t ha<sup>-1</sup>; simulati: 3,57 t ha<sup>-1</sup>).



I risultati hanno pertanto confermato l'inadeguatezza dell'approccio USLE per applicazioni nelle specifiche caratteristiche ambientali della collina marchigiana. È noto infatti anche da altri autori, che la base empirica della USLE nella descrizione dei processi e i rispettivi coefficienti, generano errori quando si applicano al di fuori delle aree nelle quali essa è stata calibrata.

## 5. Considerazioni conclusive

I risultati riportati in questa relazione illustrano una fase intermedia centrale della valutazione quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali del PSR su alcuni indicatori ambientali. Questa fase, necessaria per poter mettere a punto gli strumenti di valutazione, era propedeutica alle analisi quantitative oggetto della valutazione.

Gli obiettivi prefissati nel progetto definitivo di valutazione per questa fase del lavoro sono stati tutti raggiunti:

- la caratterizzazione idrogeologica e pedologica dell'area di monitoraggio di pianura ha messo in evidenza il fatto che nelle aree di pianura delle Marche, rappresentati dai fondovalle dei principali fiumi, non c'è diretta relazione tra pratiche agricole esercitate in superficie e caratteristiche della falda sottostante. La complessità della rete idrologica sotterranea, legata alla sovrapposizione degli strati alluvionali, rende molto difficile l'interpretazione della dinamica della qualità delle acque sotterranee in relazione alle pratiche agricole monitorate in superficie attraverso prelievi periodici nei pozzi, in quanto un singolo pozzo può attingere contemporaneamente da più acquiferi, la cui ricarica si riferisce a bacini di competenza non facilmente identificabili. Questo fenomeno è diffuso nelle Marche (Nanni, 2000) ed è per questo che si è deciso di soprassedere sull'analisi stratigrafica e della dinamica della concentrazione di nitrati nei pozzi ai fini della valutazione. La scelta è stata quindi riorientata verso due approcci complementari tra loro: misura della dinamica della concentrazione di nitrati a diversa profondità lungo il profilo del suolo, a partire dallo strato sottostante quello lavorato, impiego di modelli deterministici calibrati sulle specifiche condizioni locali, per la simulazione del bilancio idrico e dei nutrienti nei sistemi colturali più diffusi nelle aree di pianura. La stessa attività è stata svolta anche sulle aree di collina, per rendere i dati confrontabili tra loro. Allo scopo, sono state fatte una serie di indagini sul campo, sia nei siti di collina che in pianura, finalizzate alla acquisizione di tutti i parametri necessari per la calibrazione dei modelli di simulazione sui sistemi colturali (DSSAT) e sull'erosione del suolo (EUROSEM). In particolare, nella relazione sono state riportate le descrizioni di tutti i profili di suolo analizzati nel sito di pianura (quelli di collina erano stati già descritti nella relazione 3-II-RF)
- Per quanto riguarda la caratterizzazione della vegetazione dei siti di monitoraggio, in questo rapporto sono stati illustrati i risultati inediti relativi al sito di monitoraggio di pianura, che costituiscono la base di conoscenza necessaria per l'identificazione di linee guida relativamente alla individuazione di criteri di gestione delle aree non coltivate, finalizzati a mitigare l'impatto ambientale dei sistemi colturali e a caratterizzarne la biodiversità floristico-vegetazionale. Il metodo seguito fornisce strumenti quantitativi di valutazione che permettono di valutare, attraverso la bioindicazione della vegetazione dei bordi dei campi, lo stato attuale dell'agroecosistema e le possibili dinamiche successionali in relazione a diverse tecniche di gestione. I risultati costituiscono anche in questo caso una tappa intermedia propedeutica alle valutazioni successive, che si baseranno sulla descrizione di tutte le serie di vegetazione dei siti di monitoraggio (quelle del sito di collina erano già state descritte nelle relazioni precedenti). La disponibilità delle tabelle



fitosociologiche che caratterizzano le serie costituiscono una banca dati di dettaglio e inedita sulla vegetazione delle aree non coltivate ai bordi dei campi coltivati in pianura nella regione.

- I risultati della caratterizzazione di un sistema di bioindicatori nel sito di collina rappresenta un ulteriore elemento per la valutazione comparativa dell'impatto ambientale di diversi sistemi di gestione. Il metodo, innovativo in quanto integra aspetti relativi alla vegetazione con altri relativi alla entomofauna, si è rivelato efficace nel mettere in evidenza differenze in termini di biodiversità tra diverse situazioni, che costituiscono un riferimento per successive valutazioni nello spazio e nel tempo a scala di agroecosistema nelle aree rurali della regione. I risultati conseguiti utilizzando i carabidi come bioindicatore di diversità, evidenziano la prevalenza di specie praticole, zoofaghe e macroterre, queste ultime tipiche di aree caratterizzate da elevata instabilità, come atteso in agroecosistemi dove sono diffusi i seminativi cerealicolo-industriali. Il metodo ha permesso comunque di evidenziare una situazione di maggiore alterazione nel bacino Spescia rispetto a Bottiglie, dove è più diffusa l'agricoltura biologica e la coltivazione di colture perenni. Anche la proporzione tra specie di carabidi riproduttori autunnali o primaverili concorda con l'ipotesi di maggiore instabilità e stato di alterazione del bacino Spescia rispetto a Bottiglie. Tuttavia, complessivamente, entrambe le aree di studio presentano una carabidocenosi ben strutturata ed equiripartita. L'analisi ha messo in evidenza l'importanza fondamentale della presenza di arbusti ed erbe dei margini dei campi coltivati nel dare stabilità all'agroecosistema, soprattutto se collegate fra loro in reti e inserite in un ambiente agricolo complesso. Questo tipo di struttura offre servizi ecologici molto rilevanti (es. controllo biologico dei fitofagi delle colture, protezione delle scoline dall'erosione, accumulo di carbonio nel suolo), sinora sottovalutati anche dalle misure agroambientali, che meritano ulteriori approfondimenti per la progettazione di future misure di salvaguardia ambientale.
- L'analisi dei sistemi colturali nel sito di pianura, dove nel quinquennio 2000-05 è stata adottata la misura F1, ha messo in evidenza livelli di input agronomico medio-bassi, a cui corrispondono produzioni soddisfacenti e un bilancio dei nutrienti ottimale. In particolare, la concimazione azotata per il frumento e per il mais è allineata rispetto ai massimi consentiti in ZVN e leggermente inferiore rispetto ai massimi fissati in F1, garantendo il conseguimento di buone produzioni, grazie anche alla fertilità naturale di fondo dei terreni. Questo risultato dimostra che con una oculata gestione della fertilità di medio e lungo termine è possibile conseguire produzioni soddisfacenti mantenendo al minimo i rischi ambientali.

Nelle aree campione di collina sono state osservate produzioni inferiori rispetto a quelle di pianura, a fronte di dosi di concime sul frumento talvolta simili o superiori rispetto a quelle adottate in pianura. I bilanci apparenti hanno rivelato che l'adozione di sistemi colturali con bassi livelli di input (agricoltura biologica, basso impatto ambientale) e con colture con ridotte esigenze nutrizionali (leguminose, farro) favoriscono l'abbattimento del surplus di nutrienti.

La riduzione delle dosi di concime azotato non corrisponde necessariamente alla riduzione delle perdite di azoto o della concentrazione di nitrati nelle acque, in quanto le dinamiche di rilascio dell'azoto nitrico sono solo in parte legate alle concimazioni, che spesso vengono eseguite in periodi in cui le colture sono in una fase che riduce al minimo le lisciviazioni. Le perdite di azoto nel deflusso superficiale, misurate nei siti di collina a scala di bacino, sono state ben differenziate in relazione alle seguenti caratteristiche:



- diversificazione colturale: il bacino Bottiglie, dove erano presenti più colture in appezzamenti più piccoli, ha perso molto meno azoto del bacino Spescia e la concentrazione di nitrati ha superato i 50 mg L<sup>-1</sup> solo occasionalmente, nel periodo autunno-invernale, quando il terreno risultava in gran parte ancora nudo.
- agricoltura biologica o a basso impatto ambientale: nel bacino Bottiglie buona parte degli appezzamenti sono coltivati in regime di agricoltura biologica e a questo ha fatto riscontro un surplus dei nutrienti più equilibrato e un avvicendamento colturale più conservativo rispetto a Spescia;
- colture meno esigenti in termini di nutrienti: la coltivazione di leguminose ha contribuito a contenere le dosi di concime azotato, sebbene ciò non escluda la possibilità di imponenti lisciviazioni a fine ciclo colturale, soprattutto dopo erba medica.

Le analisi eseguite nel corso dell'annata alla quale si riferisce questo rapporto, rivelano che gli eventi caratterizzati da maggior perdite di nitrati o erosione idrica sono occasionali e attribuibili alla concomitanza di cause predisponenti. Per esempio, nonostante il bacino Bottiglie si sia rivelato in media meno vulnerabile di Spescia, occasionalmente (es. quando il suolo non era sufficientemente coperto da vegetazione o in occasione della rottura del prato di erba medica) sono stati osservati eventi caratterizzati da maggiore erosione e/o perdita di nitrati proprio a Bottiglie. Questo rende particolarmente difficoltosa la valutazione degli effetti "sul campo", senza l'ausilio di strumenti di simulazione che permettano di tener conto della stocastica degli eventi in relazione alle pratiche colturali. Questo risultato evidenzia anche che la protezione delle acque dall'inquinamento da nitrati di origine agricola implica una prospettiva di analisi e di intervento non esclusivamente legata alla singola unità colturale in un singolo anno di coltivazione, ma rivolta ad un ambito spazio temporale adeguato a considerare l'inquinamento come una proprietà emergente dalle interazioni tra molteplici fattori che controllano più o meno direttamente il funzionamento dell'ecosistema.

- Una fase particolarmente importante delle attività svolte durante il periodo al quale si riferisce questa relazione riguarda la calibrazione del modello DSSAT, come strumento a supporto della valutazione quantitativa dell'impatto di sistemi colturali con diversi livelli di input sul bilancio dei nutrienti, la lisciviazione dei nitrati e la dinamica di medio-lungo termine della sostanza organica. I risultati conseguiti con la calibrazione rispetto ai parametri ambientali dei siti campione, appaiono più che soddisfacenti e sono propedeutici alle fasi finali del progetto di valutazione, nelle quali sarà possibile avere dei parametri di riferimento scientificamente attendibili per la valutazione dell'impatto delle misure agroambientali in situazioni di collina e pianura. I limiti di applicazione di questo strumento, come per tutti i modelli di simulazione deterministici a base fisica, sono la disponibilità di dati sufficienti per le calibrazioni e le validazioni. Nel caso specifico, si è fatto riferimento, per quanto riguarda i sistemi colturali e la produzione delle colture, alla lunga serie storica di dati raccolti dal gruppo di lavoro nei due microbacini e in sperimentazioni di lunga durata condotte nell'azienda didattico-sperimentale della Facoltà di Agraria ad Agugliano. Per quanto riguarda invece i dati meteorologici, si è fatto riferimento alle serie storiche delle stazioni ASSAM, che rappresentano una fondamentale fonte di informazioni per questo tipo di applicazioni. Infatti, le serie storiche di dati raccolti dal servizio di Protezione Civile, per esempio (ex servizio idrografico), si riferiscono spesso a stazioni ubicate in centri urbani e come tali caratterizzati da condizioni micrometeorologiche non sempre assimilabili a quelle dei campi coltivati. La disponibilità di calibrazioni accurate per uno strumento potente e affidabile come DSSAT



rappresenta una notevole opportunità per ulteriori valutazioni ex ante o ex post a supporto della progettazione di nuove misure. La fase successiva del lavoro su questo tema prevede l'analisi quantitativa comparativa di diverse situazioni corrispondenti ai più frequenti sistemi colturali erbacei delle Marche, con output su produttività, lisciviazione dei nitrati e fertilità del suolo.

- Per quanto riguarda la valutazione quantitativa dell'impatto delle misure agroambientali sull'erosione idrica del suolo in collina, i risultati della calibrazione del modello di simulazione EUROSEM sono stati giudicati più che soddisfacenti in relazione agli obiettivi fissati nel progetto definitivo. La disponibilità di uno strumento deterministico per la simulazione dell'erosione come EUROSEM, calibrato per le caratteristiche dei suoli della collina marchigiana, rappresenta un'opportunità per ulteriori valutazioni di scenario. Va tuttavia rimarcata l'importanza, al fine della corretta calibrazione e validazione del modello, di disporre di risultati affidabili da sperimentazioni agronomiche di lunga durata, le uniche in grado di fornire dati sufficientemente dettagliati, e di dati meteorologici con scansione temporale adeguata, come quelli di precipitazione istantanea forniti dalle stazioni meteo ASSAM nelle aree campione. Essendo infatti il fenomeno dell'erosione legato all'andamento meteorologico e alla concomitanza di una serie di processi e fattori biofisici, solo attraverso un modello di simulazione è possibile valutare l'andamento del fenomeno di diverse opzioni di sistema colturale, a parità di condizioni di partenza. Sebbene i dati di deflusso superficiale simulati da EUROSEM non siano sempre soddisfacenti per i singoli eventi, il modello ha mostrato di essere adeguato per la simulazione dei fenomeni idrologici di un complesso sistema come quello dei sottobacini della collina interna marchigiana. I limiti di applicazione di questa metodologia sono anche legati alla necessità di disporre di mappe di suolo e di strumenti come il GPS e il GIS, e di una efficiente rete di stazioni agrometeorologiche e di dati pedologici e geomorfologici sufficientemente dettagliati.

La presenza di deflusso ipodermico e la frequenza di lunghi eventi di precipitazione caratterizzati da più picchi di intensità, sembrerebbero poter spiegare le sottostime osservate dalle simulazioni del modello EUROSEM. Poiché i processi idrologici che causano erosione sono tipicamente occasionali e non continui, gli approcci empirici come quelli che sono stati implementati nella USLE, basati solo su alcuni anni di osservazione dei fenomeni, non sono sufficienti per la quantificazione del deflusso e dell'erosione nel lungo termine e per individuare opzioni agronomiche di mitigazione di questi fenomeni. EUROSEM, al contrario, ha provato di essere uno strumento accurato capace di riprodurre le dinamiche di erosione annuale nelle condizioni ambientali dell'Italia centrale. Sulla base dei dati disponibili, i risultati forniti da EUROSEM si differenziano bene in relazione alle diverse coperture vegetali (colture [per la validazione] o suolo nudo [per la calibrazione] e, nell'ambito della stessa coltura, stadi fenologici). Inoltre, è possibile tener conto della specificità di singoli eventi pluviometrici, in modo da poter verificare la bontà delle simulazioni attraverso i dati di campo e da poter simulare, per esempio, l'impatto di diversi scenari climatici o di gestione agronomica del suolo. Date le specificità del modello utilizzato, esso si presta più all'impiego per una valutazione degli effetti di pratiche agronomiche o di copertura vegetale sulla riduzione dell'erosione piuttosto che al monitoraggio pluriennale del fenomeno, che sarebbe opportuno monitorare in aree campione attraverso la sistematica raccolta in campo di campioni di ruscellato.

- Dal punto di vista del metodo di lavoro, si deve rimarcare la fondamentale collaborazione sinergica tra il gruppo di lavoro dell'Università Politecnica delle Marche e il team del Laboratorio agrochimico e del Servizio agrometeorologico dell'ASSAM, attraverso la





quale è stato possibile mantenere la regolarità nelle determinazioni analitiche dei campioni di acqua, prodotti vegetali e suolo, e nell'acquisizione dei dati meteorologici. Queste strutture regionali hanno le caratteristiche tecniche per poter svolgere un ruolo di supporto fondamentale per le valutazioni agroambientali a scala regionale, essendo perfettamente complementari rispetto a quello di ricerca scientifica portato avanti dall'Università. L'esperienza maturata nella valutazione, dimostra che la predisposizione di un sistema di monitoraggio di tecniche colturali, avvicendamenti, produzioni e qualità dei prodotti a scala regionale, oggi praticamente assente nella maggior parte delle regioni italiane, sarebbe auspicabile in quanto fonte preziosa di informazioni a supporto della progettazione, attuazione e valutazione delle misure agroambientali. Esso implica però adeguati investimenti, che potrebbero coinvolgere, con ruoli differenti e complementari, ricercatori scientifici e tecnici della Regione. Il lavoro svolto in questa fase ha già rivelato l'affidabilità ma anche la complessità della calibrazione di strumenti di valutazione quantitativa basati su modelli matematici, i quali richiedono tuttavia uno sforzo congiunto per il reperimento delle basi dati necessarie e per la calibrazione e validazione scientifica dei modelli. Nella fase finale della valutazione si discuteranno ulteriormente le implicazioni relative a questi aspetti.



## 6. Riferimenti bibliografici

- Acutis, M., Donatelli, M., 2003. SOILPAR 2.00: software to estimate soil hydrological parameters and functions. *European Journal of Agronomy*, 18, 373-377.
- Ascough II, J.C., Baffaut, C., Nearing, M.A., Liu, B.Y. (1997), "The WEPP watershed model: I. Hydrology and erosion", *Transactions of the ASAE*, 40(4): 921-933.
- Baldoni M., 1995 - Vegetazione infestante le colture erbacee delle Marche e dei piani carsici dell' Appennino Umbro-Marchigiano (Italia Centrale) e serie di vegetazione. *Colloques Phytosociologiques XXIV*: 787-812.
- Beasley, D.B., L.F. Huggins, and E.J. Monke. 1980. ANSWERS: A model for watershed planning. *Transactions of the ASAE* 23(4):938-944.
- Biondi E. e Baldoni M., 1993. Il fitoclima delle Marche. Atti del Convegno "Salvaguardia e gestione dei beni ambientali delle Marche". Accademia Marchigiana di Scienze Lettere ed Arti – Regione Marche. Ancona, 8-9 Aprile 1991.
- Biondi E., Taffetani F., 1999 - Controllo e gestione dei processi di rinaturazione. In: *Agroecosistema ed ecosistema. Aspetti ambientali, produttivi e socio economici*. Ancona: 11-34.
- Blasi C., 2003. Conoscenze Naturalistiche in Italia. Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio – Società Botanica Italiana. Ed:C.Blasi.
- Corti G., Agnelli A., Cocco S., Cuniglio R., Orsini R., 2006. Studio pedologico di dettaglio di due microbacini della collina interna marchigiana. In: Esposito S. e Epifani C. (a cura di), *Climagri - cambiamenti climatici e agricoltura*. Risultati conclusivi. CRA-UCEA, Roma.
- Donatelli M., Bellocchi G., Fontana F., 2003. RadEst3.00: Software to estimate daily radiation data from commonly available meteorological variables. *Eur. J. Agron.*, 18, 363-367.
- Donatelli, M., E.N. Tubiello, U. Peruch and C. Rosenzweig, 2002. Impacts of climate change and elevated CO<sub>2</sub> on sugar beet production in Northern and Central Italy. *Ital. J. Agron.*, 6 (2), 133-142.
- Foster, G.R., 2004. User's Reference Guide. *Revised Universal Soil Loss Equation*, Version2. National Sedimentation Laboratory, USDA-Agricultural Research Service Oxford, Mississippi.
- Jones J. W., G. Hoogenboom, C. H. Porter, K. J. Boote, W. D. Batchelor, L. A. Hunt, P. W. Wilkens, U. Singh, A. J. Gijsman, J. T. Ritchie, 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*, 18 (3-4), 235-265.
- Kinsel, Walter G.(ed.),1980 CREAMS: A Field Scale Model for Chemicals, Runoff, and Erosion From Agricultural Management Systems. U.S. Department of Agriculture, Conservation Report No. 26, 640 pp.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Auerswald, K., Chisci, G., Torri, D., Styczen, M.E., 1998. "The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments", *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 527-544,
- Nanni T. e Vivalda P., 1999. The mineralized springs of the adriatic region (Central Italy) International Symposium on Engineering Geology, Hydrogeology and Natural Disasters with Enphasis on Asia. Journal of Nepal Geological Society. 28-30 September 1999, Kathmandu, Nepal
- Pignatti S., 1982. *Flora d'Italia*. Edagricole, Bologna.



- Rainio J. & Niemela J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12: 487-506).
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1987. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised soil loss equation (RUSLE). U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Handbook No. 703, 404 pp.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., Porter, J.P., 1991. RUSLE: revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 30-33.
- Renard, K.G., Freimund, J.R., 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *J. Hydrol.* 157, 287-306.
- Rivas-Martínez S., 1987. Memoria del mapa de Series de Vegetación de España 1:400.000. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. ICONA (Serie Técnica). 268 p. (& col.). Madrid.
- Rivas-Martínez S., SÁNCHEZ-MATA D. & COSTA M., 1999. North american boreal and western temperate forest vegetation. (Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II). *Itinera Geobotanica* 12:5-316.
- Rivas-Martínez S., Sánchez-Mata D., Costa M., 1999 - North american boreal and western temperate forest vegetation . *Itinera Geobotanica* 12:5-316.
- Saxton K.E., Rawls W.J., 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Sci Soc Am J*, 70: 1569-1578.
- Soil Conservations Service (SCS) 1972. *National Engineering Handbook, Hydrology* Section 4, Chapters 4-10.
- Stöckle C. O., Donatelli M., Nelson. R., 2003. CropSyst, a cropping systems simulation model. *Eur. J. Agron.*, 18 (3-4), pp. 289-307.
- Taffetani F., Caputo V., Fabbri R., Rismondo M. 2006 - Reti ecologiche in agricoltura. Struttura, funzionamento e modellizzazione del paesaggio vegetale e dell'agroecosistema. *Agribusiness Paesaggio & Ambiente*. vol. IX, 3, pp. 186-197 ISSN: 1594-784X.
- Taffetani F., Santolini R., 1997 – Un metodo per la valutazione della biodiversità su base fitosociologica e faunistica applicata allo studio di un'area collinare del Montefeltro (Provincia di Pesaro-Urbino, Italia centrale). *Fitosociologia*, 32: 245-271.
- Thiele H.U., 1977. Carabid beetles in their environments. *Zoophysiology and Ecology*. Springer-Verlag, Berlin, 361 pp.
- Thornthwaite C.W. e Mather J.R., 1957. Instruction and tables for computing potential evapotranspiration and waterbalance. Conterton
- Williams, J.R., 1975. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: *Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources*. ARS.S-40, US Gov. Print Office, Washington, D.C., 244-252.
- Williams, J.R., Jones, C.A., Dyke, P.T., 1984. *A modeling approach to determining the relationships between erosion and soil productivity*. Transactions of the ASAE 27, 129-144.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1965. Rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agriculture Handbook No 282, U.S. Dept. of Agric. Washington, D.C.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. United States Department of Agriculture, Agricultural Handbook n. 537, p. 58.



**Allegato 1 - Attività previste nell'ambito del terzo stralcio esecutivo (quarto avanzamento), secondo quanto previsto nel progetto esecutivo.**

<b>Attività</b>	<b>Modalità</b>	<b>Risultati attesi</b>
Caratterizzazione idrogeologica e pedologica dell'area di monitoraggio di pianura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Completamento delle analisi stratigrafiche</li> <li>- Completamento delle analisi dei profili pedologici</li> <li>- Analisi caratteristiche fisico-chimiche del terreno per la caratterizzazione della dinamica spazio-temporale dell'azoto minerale</li> <li>- Prelievo sistematico di campioni per la misura del contenuto idrico del terreno lungo gradienti di umidità, finalizzate alla calibrazione di modelli idrologici per la valutazione quantitativa del bilancio idrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Archivio informatizzato intermedio delle caratteristiche idrogeologiche e pedologiche dell'area</li> <li>- Archivio su caratteristiche fisico-chimiche dei terreni oggetto di valutazione</li> <li>- Archivio sulla dinamica del contenuto idrico del terreno</li> </ul>
Caratterizzazione della vegetazione nei siti di monitoraggio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosecuzione dell'analisi floristica e fitosociologica della vegetazione delle aree non coltivate incluse nei siti oggetto di valutazione quantitativa (sito di pianura), finalizzata alla caratterizzazione delle possibili interazioni con le aree coltivate e alla individuazione di criteri di gestione orientati alla mitigazione dell'impatto ambientale dei sistemi colturali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Integrazione degli archivi informatizzati sulla vegetazione dei siti di monitoraggio</li> <li>- Formulazione di prime ipotesi a supporto di indicazioni operative sulla gestione delle aree non coltivate finalizzata alla mitigazione dell'impatto ambientale dei sistemi colturali e alla conservazione della biodiversità</li> </ul>
Analisi dei sistemi colturali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interviste sistematiche agli agricoltori, relativamente a ciascun appezzamento: colture (epoca di semina e di raccolta, specie, varietà, dose di seme), fertilizzazione (dosi, tipo di fertilizzante, epoca, modalità di distribuzione), trattamenti con fitofarmaci (tipo, dose ed epoca), lavorazioni principali e secondarie (tipo, epoca) relativamente a ciascuna delle annate agrarie oggetto di monitoraggio</li> <li>- Raccolta di campioni di prodotti vegetali asportati per la quantificazione della produzione e del contenuto in N e P ai fini del bilancio dei nutrienti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Archivio informatizzato preliminare su colture e pratiche agronomiche, per appezzamento</li> <li>- Campioni di prodotti vegetali da analizzare</li> <li>- Risultati di analisi chimiche</li> <li>- Tabelle di sintesi parziali sul bilancio dei nutrienti in relazione all'attuazione delle misure del PSR</li> </ul>



Attività	Modalità	Risultati attesi
Monitoraggio della qualità delle acque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prelievo sistematico dei campioni di acqua di falda da sottoporre ad analisi del contenuto di nitrati e, con cadenza semestrale dei principali cationi ed anioni</li> <li>- Prelievo sistematico dei campioni di acque di deflusso in uscita dai due bacini di collina su cui misurare il contenuto di nitrati, fosforo e solidi sospesi</li> <li>- Manutenzione ordinaria e straordinaria delle attrezzature installate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Archivio delle caratteristiche qualitative delle acque</li> <li>- Risultati preliminari sull'analisi quantitativa degli effetti dei sistemi colturali sulla qualità delle acque di falda e di deflusso superficiale</li> </ul>
Valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo nel sito di collina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valutazione quantitativa dell'erosione idrica del suolo in funzione di scenari caratterizzati da diversi sistemi colturali (basati sulle misure agroambientali) e caratteristiche climatiche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risultati intermedi della valutazione e prime indicazioni sull'impatto delle misure agroambientali sull'erosione del suolo nei siti di collina</li> </ul>
Elaborazione rapporto intermedio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborazione rapporto relativo al quarto stato di avanzamento, con relativi allegati</li> <li>- Revisione del progetto relativo al 4° stralcio esecutivo in base ai risultati conseguiti</li> </ul>	Rapporto intermedio sulle attività svolte (quarto avanzamento)