

METODOLOGIA PER LA STIMA DELLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI E/O DELL'AUMENTO DEGLI ASSORBIMENTI DA ATTIVITÀ DI GESTIONE SOSTENIBILE.

(Applicabile ai Distretti che abbiano aderito al Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di un Distretto zootecnico agroforestale per il clima) – Versione 2024



**Documento realizzato nell'ambito del Programma
Rete Rurale Nazionale 2014-22
Piano di azione biennale 2023-2024
Scheda progetto ISMEA 14.1 Cambiamenti climatici**

Autorità di gestione:

Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste
Direzione Generale Sviluppo Rurale
Direttore Generale: Simona Angelini

Responsabile scientifico: Camillo Zaccarini

Autori: Maria Vincenza Chiriaco e Gabriele Pizzileo (CMCC), Nicola
Lacetera, Andrea Vitali e Giampiero Grossi (UNITUS- DAFNE),
Isabella Foderà (ISMEA)

Data: Dicembre 2024

Impaginazione e grafica:

Roberta Ruberto e Mario Cariello

INDICE

1. Introduzione	6
2. Principi di funzionamento del Meccanismo	9
3. Calcolo delle emissioni zootecniche.....	12
3.1 STIMA DELLE CONSISTENZE DELLE MANDRIE.....	13
3.2 STIMA DELLE EMISSIONI PROVENIENTI DALLA FERMENTAZIONE ENTERICA.....	13
3.3 STIMA DELLE EMISSIONI DELLE DEIEZIONI	14
3.4 STIMA DELLE EMISSIONI DA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO.....	15
4. Attività di gestione sostenibile e valutazione del potenziale di mitigazione	16
4.1 MIGLIORAMENTO DELLA DIETA DEI RUMINANTI.....	17
4.2 GESTIONE DELLE DEIEZIONI.....	18
4.3 RIDUZIONE DEI FERTILIZZANTI CHIMICI A BASE AZOTATA	20
4.4 RIDUZIONE DELLE LAVORAZIONI DEI SUOLI AGRICOLI.....	22
4.5 MANTENIMENTO DELLA COPERTURA ERBOSA NELLE COLTURE PERMANENTI.....	24
4.6 SEMINATIVO LASCIATO A RIPOSO (<i>SET ASIDE</i>).....	25
4.7 COLTURE DI COPERTURA (<i>COVER CROP</i>) SOVESCIATE	28
4.8 CAMBIO DI USO DEL SUOLO DA SEMINATIVI A PRATI E PASCOLI PERMANENTI.....	30
4.9 CONVERSIONE NELLA CONDUZIONE DEI TERRENI DA CONVENZIONALE A BIOLOGICO	32
4.10 APPORTO DI SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI	35
4.11 APPORTO DI AZOTO IN FORMA ORGANICA IN SOSTITUZIONE A FERTILIZZANTI SINTETICI	36
4.12 NUOVI IMPIANTI DI FRUTTICOLTURA.....	39
4.13 RIMBOSCHIMENTI/IMBOSCHIMENTI	41
Annex I - Questionario.....	43
Bibliografia	48

ACRONIMI

BAU	Business as usual
C	Carbonio
CH₄	Metano
CO₂eq	Anidride carbonica equivalente
CRPA	Centro Ricerche Produzioni Animali
DAFNE	Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali
DE	Digestible Energy/Digeribilità
EF	Emission Factors/Fattori di Emissione
ENEA	Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
GHG	Greenhouse Gases/Gas Serra
INFC	Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISMEA	Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Unione Europea Ambientale
K₂O	Ossido di potassio
LCA	Life Cycle Assessment
MERC	Misurare Evitare Ridurre Compensare
N	Azoto
NA	Not Available
NH₃	Ammoniaca
N₂O	Protossido di Azoto
NO_x	Ossido e Biossido di Azoto
SOC	Soil Organic Carbon/Carbonio organico nel suolo
P₂O₅	Anidride fosforica
SV	Solidi Volatili
tCO₂eq	Tonnellata di anidride carbonica equivalente
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1. INTRODUZIONE

Il progetto denominato “*Il Distretto zootecnico agro-forestale per il clima: un approccio territoriale per la mitigazione del cambiamento climatico*”, descritto nel presente documento, nasce e si sviluppa nell’ambito delle attività della Rete Rurale Nazionale 2014-2022 sul tema dei cambiamenti climatici ed ha portato ad individuare un meccanismo applicabile a livello di distretto, per ridurre e compensare le emissioni di gas serra derivanti dalla produzione zootecnica, perseguendo al contempo l’obiettivo della tutela dei servizi ecosistemici e della mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il concetto di base è che, pur essendo in netta diminuzione a partire dal 1990 (-18,9% nel 2022 secondo i dati dell’inventario nazionale, NIR 2024 di ISPRA), le emissioni di gas ad effetto serra (GHG) del settore agricolo, in particolare quelle provenienti dal settore zootecnico (a cui sono attribuibili circa il 68,2% delle emissioni di GHG del settore agricolo¹), hanno ulteriori potenzialità di riduzione. La concentrazione delle attività zootecniche in determinate aree prefigura, infatti, delle potenzialità per un’ulteriore riduzione e compensazione del proprio impatto emissivo, in particolare attraverso un approccio di gestione sostenibile da attuare a livello di distretto. Gli impatti generati dalla produzione zootecnica più o meno intensiva, in un determinato territorio, possono infatti essere ridotti o compensati attraverso attività di riduzione e assorbimento di gas climalteranti che siano realizzate nelle immediate vicinanze, cioè in prossimità della fonte emissiva.

Attraverso questo approccio, è possibile incrementare e tutelare la sostenibilità generale del territorio, generando *crediti di sostenibilità*, di cui la tonnellata di CO₂ è un indicatore di misura quantitativo. Tali crediti possono essere generati da soggetti del settore zootecnico e agroforestale locale, che si impegnano nell’implementazione di attività aggiuntive rispetto alle pratiche di gestione correnti (definite BAU ovvero *business as usual*) e possono essere oggetto di un vero e proprio scambio in un mercato di natura volontaria, con transazioni commerciali tra venditori e acquirenti, nel rispetto dei principi e criteri previsti dai principali standard e linee guida a livello internazionale.

Gli attori del distretto sono quelli che in qualche modo beneficiano dall’implementazione delle pratiche gestionali aggiuntive e possono essere:

- gli imprenditori del settore zootecnico (interessati a partecipare in quanto emettitori, ma anche come possibili produttori di crediti),
- gli imprenditori del settore agricolo e forestale (interessati a partecipare in quanto potenziali produttori di crediti),
- le istituzioni locali, tutti gli imprenditori in generale e i cittadini (interessati perché beneficiano del miglioramento dei servizi ecosistemici e della migliore qualità della vita raggiunta nel distretto e del ritorno in termini di immagine di distretto a ridotte emissioni spendibile anche sul piano turistico-ricettivo).

¹Secondo l’Inventario nazionale delle emissioni di gas serra (Fonte: NIR, ISPRA 2024), l’agricoltura è responsabile del 7,4% delle emissioni complessive di gas serra (escludendo LULUCF), con circa 30,7 migliaia di tonnellate di CO₂eq prodotte nel 2022, collocandosi al secondo posto dopo il settore energetico e seguito da quello industriale. La maggior parte delle emissioni generate dal settore agricolo italiano è attribuibile al comparto zootecnico, per circa il 68,2% del totale del settore, corrispondenti al 5% delle emissioni di gas serra nazionali. In particolare, le emissioni del comparto zootecnico sono costituite da metano (CH₄) dovuto alla fermentazione enterica e alla gestione delle deiezioni animali e da emissioni dirette e indirette di protossido di azoto (N₂O) derivanti dalla gestione delle deiezioni animali e dei suoli agricoli.

Tra i possibili attori può comparire anche l'Organismo di Certificazione che può certificare la validità delle attività realizzate con riferimento al rispetto dello standard seguito.

A livello progettuale la metodologia prevede due step:

- STEP1: Calcolo delle emissioni generate dalla produzione zootecnica;
- STEP2: Valutazione del potenziale di mitigazione del distretto.

Ai fini del calcolo delle emissioni generate dalla produzione zootecnica nel distretto (STEP 1), si dovrà procedere, in primo luogo, alla valutazione delle emissioni generate dalle aziende zootecniche che intendono aderire al meccanismo di riduzione e compensazione attraverso un approccio basato su alcuni dei principi su cui si basa anche l'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment o LCA*) ed in linea con i metodi adottati per redigere gli inventari di gas serra.

Una volta stimate le emissioni generate dalla produzione zootecnica, ogni azienda dovrà individuare delle azioni da attuare per cercare di evitare e ridurre parte di queste emissioni. Solo dopo aver dimostrato tale impegno di riduzione, si potranno attuare le attività di gestione sostenibile per la compensazione del proprio impatto (STEP 2). In particolare, le attività ammissibili per la riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche ai fini dell'aumento del potenziale di mitigazione dei cambiamenti climatici del distretto possono fare riferimento a **tre ambiti di azione**:

1.riduzione delle emissioni	2.aumento dei sink di carbonio	3.sostituzione o riduzione delle emissioni dei combustibili fossili
<ul style="list-style-type: none"> - Miglioramento della dieta dei ruminanti - Riduzione dei fertilizzanti chimici a base azotata - Gestione delle deiezioni (biodigestione, separazione solido/liquido e aereazione del liquame) 	<ul style="list-style-type: none"> - Riduzione delle lavorazioni dei suoli agricoli (minimum o zero tillage) - Mantenimento della copertura erbosa nelle colture permanenti - Gestione dei residui agricoli delle colture arboree (trinciatura in loco) - Seminativo lasciato a riposo (<i>set aside</i>) - Colture di copertura (<i>cover crops</i>) sovesciate - Cambio di uso del suolo da seminativi a prati/pascoli permanenti - Conversione nella conduzione dei terreni da convenzionale a biologico - Impiego di ammendanti organici - Apporto di azoto in forma organica in sostituzione a fertilizzanti sintetici - Nuovi impianti di frutticoltura - Realizzazione di rimboschimenti 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestione delle deiezioni, utilizzo biomasse per la produzione di biogas - Gestione dei residui agricoli delle colture arboree (per fini energetici)

La validità delle attività realizzate e dei risultati conseguiti all'interno dell'unità distrettuale sono garantite dalle *Linee guida per la definizione di uno Standard per l'attuazione di un Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di un Distretto zootecnico agro-forestale per il clima*,

che delineano l'architettura generale del sistema di applicazione della metodologia al contesto territoriale, i principi e i meccanismi che lo regolano, i soggetti che sono coinvolti nella sua attuazione e le relative funzioni e responsabilità.

Ogni distretto che intenda aderire al Meccanismo deve rispettare le regole delineate nelle linee guida, identificando chiaramente tutti gli attori e attuando tutti gli strumenti necessari per definire una *governance* territoriale. Il Meccanismo, infatti, si attua attraverso un ciclo di realizzazione suddiviso in più fasi, precedute dalla costituzione formale del Distretto (che sia rispondente a specifici criteri di idoneità) e di una Cabina di Regia istituzionale che presieda alla corretta realizzazione del Meccanismo all'interno del distretto stesso.

Gli attori coinvolti in qualità di acquirenti (prevalentemente imprenditori zootecnici) e venditori (imprenditori zootecnici e agroforestali) si impegneranno nella realizzazione di attività di riduzione e compensazione delle emissioni secondo gli step 1 e 2 definiti dalla presente Metodologia e dettagliati da un punto di vista procedurale all'interno dello standard. I due documenti, pertanto, si integrano a vicenda e devono essere portati a conoscenza di tutti i portatori di interesse che intendano costituirsi in un Distretto.

Lo standard, che accompagna e si integra con il documento aggiornato della metodologia, è sviluppato nel rispetto dei principali standard e linee guida esistenti per la valutazione e certificazione della sostenibilità ambientale, riconosciuti a livello internazionale e fornisce i requisiti per la convalida, la realizzazione, la validazione, il monitoraggio e la verifica delle attività realizzate che prevedono riduzioni e assorbimenti delle emissioni di GHG con conseguente produzione di quei crediti di sostenibilità che potranno compensare le emissioni zootecniche del distretto.

2. PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DEL MECCANISMO

Il Distretto², finalizzato alla riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di distretto, trova applicazione pratica attraverso la quantificazione degli impatti ambientali della produzione zootecnica (valutati in termini di emissioni di GHG) e la realizzazione, all'interno dei confini dello stesso distretto territoriale, di specifiche attività virtuose di gestione del settore agricolo-zootecnico-forestale, addizionali rispetto alla gestione corrente, in grado di generare **crediti di sostenibilità**³. Per crediti di sostenibilità, si intende il risultato di un'azione finalizzata a tutelare i servizi ecosistemici, tra cui la mitigazione dei cambiamenti climatici in termini di riduzione delle emissioni di gas serra o incremento degli assorbimenti, di cui la tonnellata di CO₂ equivalente (tCO₂eq), o credito di carbonio, è un indicatore quantitativo.

Attraverso la valutazione del bilancio tra le emissioni di GHG dal settore zootecnico e i crediti di sostenibilità generabili nel distretto, si può delineare un meccanismo, di natura volontaria, finalizzato al raggiungimento di una produzione zootecnica *carbon neutral*, attuabile a livello di distretto territoriale mediante l'interazione tra diversi soggetti.

Da un lato ci sono i **soggetti venditori**, ossia gli imprenditori del settore agricolo o forestale in misura prevalente (ma anche imprenditori zootecnici che dispongano di superfici agricole su cui attuare pratiche di assorbimento del carbonio o riduzione delle emissioni eleggibili ai fini del presente Meccanismo di Distretto), che si impegnano in attività addizionali alle pratiche correnti (tra quelle descritte nel Cap. 4) in grado di generare una riduzione di emissioni o un aumento degli assorbimenti, e che saranno interessati a vendere i crediti derivanti dal proprio impegno agli imprenditori del settore zootecnico (e in parte minore anche da altri soggetti di altri settori o cittadini o istituzioni).

Dall'altro lato ci sono i **soggetti acquirenti**, ossia prevalentemente gli imprenditori del settore zootecnico che saranno interessati a sostenere economicamente le attività di gestione addizionali messe in atto nel Distretto, sia realizzando azioni virtuose nella propria azienda sia ricompensando economicamente i soggetti che hanno generato i crediti, al fine di compensare le proprie emissioni, contribuendo in questo modo agli obiettivi climatici del territorio con ritorno in termini di immagine e visibilità. Esistono inoltre anche **altri acquirenti**, tra cui ad esempio le istituzioni locali, tutti gli imprenditori di altri settori e i cittadini, interessati ad acquistare crediti perché beneficiano del miglioramento dei servizi ecosistemici e della migliore qualità della vita e del ritorno in termini di immagine del distretto a ridotte emissioni spendibile anche sul piano turistico-ricettivo.

Inoltre, ogni Distretto che si costituisce dovrà avere un **ente istituzionale** che sarà responsabile della gestione del Meccanismo nel Distretto. Esso dovrà dotarsi di una **Cabina di Regia**, di cui fanno parte rappresentanti dell'Ente Gestore e dei soggetti coinvolti nel Distretto, che avranno il compito di gestire l'attuazione del Meccanismo nel Distretto, anche attraverso periodiche riunioni, garantendone il corretto funzionamento.

Il Meccanismo prevede dunque un sistema di scambio volontario, il cui funzionamento è ben definito nel documento delle linee guida dello standard "Linee guida per la definizione di uno Standard per l'attuazione di un Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di un

² RRN-ISMEA e CMCC, Linee guida per la definizione di uno Standard per l'attuazione di un Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di distretto zootecnico agro-forestale *per il clima*. Dicembre 2024

³ Il concetto di *Credito di Sostenibilità* è stato sviluppato per la prima volta nel 2015 dal PEFC Italia e CMCC all'interno del progetto "Patto per il clima" del comune di Raiano (AQ).

Distretto zootecnico agro-forestale *per il clima*”, che si realizza nel rispetto di principi e delle metodologie previste dai principali standard e linee guida.

Anche le regole e le metodologie per la quantificazione delle emissioni e la stima della riduzione delle emissioni e/o dell'aumento degli assorbimenti da attività di gestione sostenibile, descritte in questo documento tecnico, sono sviluppate nel rispetto dei principi definiti dagli standard e linee guida riconosciuti e accreditati, e costruiti sulla base delle linee guida dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), secondo i principi individuati dall' United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Tra i principi fondamentali di cui si è tenuto conto nello sviluppo della metodologia, ci sono:

- **Addizionalità:** Il principio di addizionalità prevede la necessità di dimostrare che le attività sostenibili realizzate nel distretto implicino un impegno nuovo e addizionale rispetto alla normale gestione corrente del territorio o business as usual (BAU) e che non siano già previste nell'attuale situazione di gestione (o che senza la vendita dei crediti le attività non sarebbero economicamente sostenibili).
- **Effetto leakage:** Per evitare il cosiddetto “effetto leakage”, ossia il verificarsi di perdite (leakage) dirette o indirette, in termini di emissioni di gas serra o altri impatti connessi alle attività attuate, è necessario valutare e dimostrare l'insussistenza del rischio che le attività previste possano generare delle esternalità negative, anche al di fuori dell'area strettamente interessata dall'attività, o in termini di emissioni di gas serra o altri impatti generate durante la realizzazione dell'attività stessa. Per semplificare i processi di contabilizzazione e scambio dei crediti, ai fini del meccanismo da realizzare, si stabilisce, per quelle attività che possono generare eventuali effetti negativi o emissioni aggiuntive (per es. realizzazione di nuovi impianti di frutticoltura o di rimboschimenti e/o imboschimenti), una riduzione del quantitativo dei crediti utilizzabili rispetto al quantitativo effettivamente generabile, in modo da includere in tale valore anche le eventuali perdite dirette o indirette di carbonio (C) .

Inoltre, la partecipazione al Meccanismo non deve rappresentare un diritto a continuare a inquinare o tantomeno a inquinare maggiormente nel perseguire la gestione ordinaria, ma piuttosto uno strumento che permetta di ridurre il proprio impatto a seguito di una pianificazione delle proprie attività che preveda prima il calcolo, poi la riduzione e, infine, la compensazione delle proprie emissioni climalteranti. A tal fine, le aziende zootecniche che intendono compensare le proprie emissioni accederanno al Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di un Distretto zootecnico agro-forestale *per il clima* attuando una gerarchia cronologica di azioni volte a ridurre il proprio impatto climalterante e aumentare la sostenibilità, ovvero: Misurare→ Evitare→Ridurre→Compensare (MERC).

A tal proposito, la metodologia proposta per il calcolo dei crediti di sostenibilità prevede due step consecutivi:

- STEP1: Calcolo delle emissioni generate dalla produzione zootecnica;
- STEP2: Valutazione del potenziale di mitigazione del distretto.

Sulla base di quanto indicato nel documento dello Standard, entrambi gli Step sono gestiti mediante una piattaforma online⁴, che rappresenta lo strumento operativo per la costituzione e il funzionamento dei Distretti sul territorio. La piattaforma è supervisionata dall'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo

⁴ <https://distrettoemissionizero.ismea.it/>

Alimentare (ISMEA): su richiesta dei territori candidati a costituirsi in Distretto, Ismea attiverà un'area riservata (ad accesso con credenziali per i soli partecipanti al distretto) e dedicata al Distretto costituito, che sarà gestita dalla Cabina di Regia. La piattaforma dispone di un tool di calcolo che consente alle aziende zootecniche, semplicemente compilando un questionario (si veda Annex I), di stimare le emissioni di GHG derivanti dal proprio processo produttivo. Anche la componente di valutazione del potenziale di mitigazione del Distretto è gestita dalla piattaforma. Il tool di calcolo, infatti, consente di stimare anche gli assorbimenti di carbonio o la riduzione delle emissioni (e corrispondentemente i crediti generabili) conseguibile dalla selezione di una o più pratiche descritte nella presente metodologia. Sulla piattaforma è, inoltre, disponibile la modulistica necessaria per consentire ai partecipanti di completare agevolmente tutte le fasi previste dal Meccanismo. Tutte le fasi di cui si compone l'attuazione di un Distretto sul territorio, ivi compreso il Registro per il mercato volontario dei crediti, sono gestite interamente tramite la piattaforma.

Una volta definite e quantificate le emissioni zootecniche delle singole aziende e quindi quelle cumulative del distretto, si quantificherà infatti il potenziale di mitigazione e dunque la quantità di crediti di sostenibilità che dovrà essere scambiata nel Distretto, secondo modalità e regole che ne garantiscano la massima trasparenza e credibilità, definite nello Standard.

3. CALCOLO DELLE EMISSIONI ZOOTECHNICHE

Ai fini del calcolo delle emissioni generate dalla produzione zootecnica nel distretto (STEP 1), si dovrà procedere alla quantificazione delle emissioni generate dalle singole aziende zootecniche che intendono aderire al Meccanismo. Attraverso un approccio basato su alcuni dei principi su cui si basa anche l'analisi del ciclo di vita (o *Life Cycle Assessment - LCA*) ed in linea con i metodi adottati per redigere gli inventari di gas serra, si stimano le emissioni di gas ad effetto serra generate dall'intera gestione aziendale in funzione delle diverse attività presenti in una azienda agro-zootecnica: allevamento (fermentazione enterica e gestione delle deiezioni) ed eventuale coltivazione del suolo per la produzione di foraggi.

Il livello di accuratezza della stima delle emissioni di GHG può essere diverso, in base alla quantità delle informazioni richieste e al grado di complessità analitica. In accordo con le linee guida IPCC (2019), il livello di accuratezza è definito in tre livelli (o Tier):

- Tier 1, rappresenta l'approccio più semplice in cui vengono utilizzati dati e metodologie generiche, derivate per lo più dalla letteratura;
- Tier 2, rappresenta il livello intermedio in cui le informazioni sito specifiche vengono elaborate con opportune metodologie in riferimento all'area geografia in cui viene condotta l'analisi, derivate dalle linee guida IPCC o da altra letteratura;
- Tier 3, rappresenta il livello più complesso e più accurato e richiede dati specifici, possibilmente direttamente misurati.

Rispetto al precedente documento pubblicato a dicembre 2018⁵, questa versione della metodologia consente, a fronte di poche informazioni fornite dall'allevatore, di stimare le emissioni zootecniche con un maggior livello di accuratezza, permettendo in generale un passaggio da un Tier 1 a un Tier 2 o 3 per le specie di maggiore interesse zootecnico. Pertanto, le emissioni generate dalle aziende zootecniche sono contabilizzate a partire dalle informazioni inserite dall'allevatore nella piattaforma online, compilando un questionario, e modellizzate con un approccio basilico (Tier 1) per le specie di minore interesse per le emissioni di GHG (es. avicoli, conigli, cavalli) e intermedio/complesso (Tier 2 o 3) per quelle che incidono maggiormente in termini di emissioni di gas serra. In particolare, questo ha riguardato i ruminanti (bovini, ovi-caprini e bufalini), classificati per le principali razze e attitudini produttive (latte o carne), e la specie suina classificata in funzione della tipologia produttiva (intensivo, semi-intensivo e brado).

Nel primo caso si utilizzano dati e fattori di emissioni di base proposti da IPCC, nel secondo caso invece si utilizzano informazioni specifiche analizzate con modelli indicati da IPCC o sviluppati *ad hoc*.

Oltre ad un miglioramento nel livello di accuratezza, l'aggiornamento metodologico ha previsto anche la parametrizzazione di variabili specifiche, effettuata sulla base della bibliografia nazionale e internazionale e delle conoscenze zootecniche (*subject-matter expert*) del gruppo di ricerca in produzioni animali del Dipartimento di Scienze Agrarie e Forestali (DAFNE) dell'Università della Tuscia di Viterbo.

La somma di tutte le emissioni associate al processo produttivo (descritte in dettaglio nei par. da 3.1 a 3.4), calcolate con la metodologia descritta, fornisce un'idea dell'impatto in termini di gas serra prodotti dalle aziende zootecniche del distretto produttivo. Tuttavia, è necessario evidenziare che tale conteggio ha il solo scopo di fornire un riferimento dell'impatto della produzione zootecnica esclusivamente nell'ambito del

⁵ RRN-ISMEA e CMCC, Metodologia per l'attuazione di meccanismi volontari di riduzione e compensazione delle emissioni a livello di distretto agro-zootecnico-forestale. Dicembre 2018

presente progetto e, seppur esso si basi su metodologie e fattori rigorosi sviluppati dall'IPCC o dalla letteratura scientifica o utilizzati nel redigere gli inventari dei gas serra, resta pur sempre una stima speditiva, non vincolate o legalmente impugnabile.

3.1 STIMA DELLE CONSISTENZE DELLE MANDRIE

La stima della consistenza della mandria negli allevamenti di ruminanti si basa sull'elaborazione di alcune informazioni quali: specie, razza, n. di capi adulti femmina ed eventuale pratica di ingrasso. La struttura demografica dell'allevamento è, pertanto, stimata combinando le informazioni fornite dall'allevatore con i parametri zootecnici specie e razza-specifici definiti in base alla bibliografia nazionale e internazionale e alle conoscenze zootecniche (*subject-matter expert*).

La stima della consistenza degli allevamenti di suini si basa sui dati di input forniti dall'allevatore: indirizzo produttivo (i.e., intensivo, semi-intensivo o brado); tipologia di allevamento inteso come ciclo aperto (i.e., solo riproduzione o solo ingrasso) o come ciclo chiuso (i.e., riproduzione e ingrasso); tipologia di animale classificata con il colore del mantello come di tipo intensivo (bianco), estensivo (nero) o una situazione intermedia data dall'incrocio delle due tipologie; n. di scrofe o capi adulti a seconda della tipologia di allevamento. Pertanto, la struttura demografica dell'allevamento è stimata combinando queste informazioni con i parametri zootecnici desunti da bibliografia e dalle conoscenze di questi sistemi (*subject-matter expert*).

La consistenza della mandria equivale al dato fornito dall'allevatore per le restanti specie di monogastrici (i.e., conigli, cavalli, galline ovaiole e polli).

3.2 STIMA DELLE EMISSIONI PROVENIENTI DALLA FERMENTAZIONE ENTERICA

Nel precedente approccio metodologico (Tier 1), la stima del metano enterico (CH₄) veniva effettuata utilizzando dei fattori di emissione (EF) specie-specifici (kg di CH₄ capo⁻¹ anno⁻¹) utilizzati dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) nell'ambito dell'Inventario nazionale dei GHG, moltiplicati per le consistenze aziendali. Il nuovo modello di calcolo è stato sviluppato secondo un approccio superiore (Tier 2/3) tale da consentire una valutazione azienda-specifica. Nei successivi paragrafi sono riportate le principali informazioni e assunzioni coinvolte nella stima delle emissioni enteriche generate dalle varie specie/categorie di animali.

Ruminanti

A partire dalle informazioni indicate dall'allevatore e dai parametri specie e razza-specifici (*subject-matter expert*), il modello calcola le emissioni di metano da fermentazione enterica in funzione di specifici parametri previsti dalle linee guida IPCC (2019). Dapprima viene stimata l'energia grezza ingerita dagli animali in funzione della specie, della razza e dell'età dell'animale (Tier 2). Successivamente una quota dell'energia grezza viene convertita in metano con un opportuno fattore di emissione (Y_m). Il valore di questo fattore di emissione viene stimato in funzione della qualità della dieta (rapporto foraggio concentrato) (Tier 3).

Suini e altri monogastrici

Per la stima delle emissioni enteriche generate dai monogastrici è stato utilizzato un approccio Tier 1. In particolare, per la stima delle emissioni di metano enterico a carico dei suini si fa riferimento ai coefficienti

di emissione proposti dalle linee guida IPCC (IPCC, 2019) che sono espressi in funzione del peso vivo e della tipologia di allevamento (intensivo o estensivo).

Per la stima delle emissioni enteriche generate dagli altri monogastrici è stato utilizzato un approccio Tier 1. In particolare, per la stima del metano enterico si fa riferimento ai valori indicati da ISPRA (ISPRA, 2020).

3.3 STIMA DELLE EMISSIONI DELLE DEIEZIONI

Il modello è in grado di stimare (con un approccio Tier 2) anche le emissioni di metano (CH₄) e di protossido di azoto (N₂O) generate dalle deiezioni degli animali rilasciate nella stalla e al pascolo.

Ruminanti

La metodologia differenzia il metano prodotto dalle deiezioni rilasciate in stalla da quello rilasciato dalle deiezioni al pascolo. Per quelle in stalla, il modello dapprima stima i volumi di liquame e letame prodotti (CRPA, 2001) e poi applica specifici fattori di emissioni per liquame e letame riferiti per management e condizioni climatiche al contesto nazionale (ISPRA, 2020).

Mentre il metano rilasciato dalle deiezioni al pascolo è calcolato in accordo con quanto previsto dalle linee guida IPCC (IPCC, 2019) che mettono in relazione la categoria di animale, il peso e l'area geografica (in questo caso per l'Europa occidentale).

Così come per il metano, anche la metodologia adottata per la stima delle emissioni di N₂O si differenzia per la stalla e il pascolo. Per le emissioni di N₂O generate dalle deiezioni lasciate in stalla, il modello stima dapprima il quantitativo azoto (N) escreto nel liquame e letame (CRPA, 2001) che sono moltiplicati per specifici fattori di emissioni riferiti ad una gestione liquida (liquame) o solida (letame).

Mentre per il pascolo, l'N escreto è stimato in funzione del periodo di pascolamento e del peso degli animali (IPCC, 2019) e moltiplicato per uno specifico fattore di emissione sempre indicato nelle linee guida IPCC (IPCC, 2019).

Suini

Come per i ruminanti, anche per i suini il modello fa una differenziazione tra le deiezioni rilasciate in stalla e quelle depositate al pascolo. In particolare, la ripartizione è effettuata a partire dal sistema produttivo dichiarato dall'allevatore, per quello "intensivo" tutte le deiezioni vengono considerate rilasciate in stalla, nella gestione "semi-intensivo" sono ripartite per metà nei ricoveri e metà al pascolo, mentre nella modalità "brado" il modello considera che il totale delle deiezioni siano depositate al pascolo.

Il modello procede dapprima con la stima dei quantitativi di deiezioni e N secondo quanto indicato da IPCC (IPCC, 2019) e successivamente questi quantitativi vengono convertiti in emissioni di metano e protossido di azoto utilizzando i fattori di conversione proposti da ISPRA (ISPRA, 2020). Mentre i quantitativi di deiezioni e N stimati dei sistemi semi-intensivi e bradi vengono convertiti utilizzando i fattori di conversione proposti dalle linee guida IPCC (IPCC, 2019).

Altri monogastrici

Per la stima delle emissioni provenienti dalla gestione delle deiezioni degli altri monogastrici sono stati utilizzati i fattori riportati da ISPRA (ISPRA, 2020) per il metano, mentre il modello combina i quantitativi di N escreto annualmente (ISPRA, 2020) e i fattori di emissione proposti dalle linee guida IPCC (IPCC, 2019) per la stima del N₂O.

3.4 STIMA DELLE EMISSIONI DA COLTIVAZIONE DI FORAGGIO

Nel caso in cui l'azienda zootecnica produca il foraggio coltivando direttamente i terreni, anche le emissioni associate a questi processi dovranno essere quantificate. La quota di emissioni derivanti dalla coltivazione del foraggio dovrà essere stimata utilizzando i fattori di emissione derivati dalla letteratura e dai database scientifici di riferimento per ciascun input utilizzato nella fase agricola, sia per il metodo di produzione biologico che convenzionale (Tabella 12). Infine, anche le emissioni derivanti dai consumi energetici aziendali dovranno essere contabilizzate utilizzando i fattori di emissione derivati dalla letteratura e dai database scientifici (Tabella 13).

Tabella 12. Fattori di emissione per ogni input relativo alla produzione del foraggio biologico e convenzionale

Input	Unità	Fattore di emissione (kg CO ₂ eq)	Fonte bibliografica del dato
Seme (convenzionale)	kg	0,58	Nemecek and Kagi, 2007
Seme (biologico)	kg	0,53	Nemecek and Kagi, 2007
Fertilizzanti – N	kg	1,96	Nielsen et al., 2003
Fertilizzanti - P ₂ O ₅	kg	1,18	Nielsen et al., 2003
Fertilizzanti - K ₂ O	kg	0,66	Nielsen et al., 2003
Pesticidi	kg	9,95	Nemecek and Kagi, 2007
Fungicidi	kg	15,2	Nemecek and Kagi, 2007
Erbicidi	kg	10,2	Nemecek and Kagi, 2007
Gasolio agricolo (produzione)	kg	0,51	Jungbluth, 2007
Gasolio agricolo (combustione)	kg	3,1	Nemecek and Kagi, 2007

Tabella 13. Fattori di emissione per i consumi energetici aziendali

Consumo energetico (Italia)	Unità	Fattore di emissione (kg CO ₂ eq)	Fonte bibliografica del dato
Idroelettrico	kWh	0,005	Dones et al., 2007
Fotovoltaico	kWh	0,07	Jungbluth et al., 2009
Mix energetico nazionale	kWh	0,28	ISPRA, 2021

4. ATTIVITÀ DI GESTIONE SOSTENIBILE E VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI MITIGAZIONE

Una volta stimate le emissioni generate dalla produzione zootecnica, ogni azienda dovrà individuare delle azioni da attuare per cercare di evitare e ridurre parte di queste emissioni. Solo dopo aver dimostrato tale impegno si potranno attuare le attività di gestione sostenibile per la compensazione del proprio impatto (STEP 2), tra quelle di seguito descritte.

In particolare, le attività ammissibili per la riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche ai fini dell'aumento del potenziale di mitigazione dei cambiamenti climatici del distretto, devono essere addizionali rispetto alla gestione corrente e possono fare riferimento a tre ambiti di azione:

- a) **riduzione delle emissioni:** le emissioni di gas serra possono essere ridotte utilizzando tecniche in grado di gestire in maniera più efficiente i fattori produttivi (ad esempio attraverso una distribuzione controllata dei fertilizzanti);
- b) **aumento dei sink di carbonio:** consiste principalmente nell'aumentare il sequestro e, quindi, il contenuto di carbonio nei suoli e nelle strutture legnose permanenti;
- c) **sostituzione o riduzione delle emissioni dei combustibili fossili:** i residui agricoli possono essere utilizzati per produrre combustibili alternativi a quelli fossili.

Le attività di gestione sostenibile realizzabili nel distretto ai fini della realizzazione del Meccanismo⁶ sono di seguito elencate e ognuna di esse è analiticamente descritta nei successivi paragrafi:

1. Miglioramento della dieta dei ruminanti
2. Gestione sostenibile delle deiezioni (avviamento ad impianti di biogas, separazione solido-liquido, aereazione del liquame)
3. Riduzione dei fertilizzanti chimici a base azotata
4. Riduzione delle lavorazioni dei suoli agricoli (*minimum o zero tillage*)
5. Mantenimento della copertura erbosa nelle colture permanenti
6. Gestione sostenibile dei residui agricoli (trinciatura in loco e impiego per fini energetici)
7. Seminativo lasciato a riposo (*set aside*)
8. Colture di copertura (*cover crops*) sovesciate
9. Cambio di uso del suolo da seminativi a prati/pascoli permanenti
10. Conversione nella conduzione dei terreni da convenzionale a biologico
11. Impiego di ammendanti organici
12. Apporto di azoto in forma organica in sostituzione a fertilizzanti sintetici
13. Nuovi impianti di frutticoltura
14. Rimboschimenti/imboschimenti

⁶ RRN-ISMEA e CMCC, Linee guida per la definizione di uno Standard per l'attuazione di un Meccanismo volontario di riduzione e compensazione delle emissioni zootecniche a livello di distretto zootecnico agro-forestale *per il clima*. Dicembre 2024.

4.1 MIGLIORAMENTO DELLA DIETA DEI RUMINANTI

La fermentazione enterica negli erbivori, in particolare nei ruminanti (bovini, bufalini, ovini e caprini) produce un certo quantitativo di metano come sottoprodotto, in funzione di diversi fattori, tra cui anche la qualità e quantità di mangime consumato. Anche l'escrezione di azoto nelle feci e nelle urine, in grado di generare emissioni dirette e indirette di protossido di azoto, dovuta alla frazione di cibo non digerito, assorbito e ritenuto dall'animale, è correlata al tenore proteico della dieta. Questa attività prevede dunque una modifica nella dieta, in particolare per bovini da latte, bovini da carne e bufalini, con l'obiettivo di ridurre le emissioni climalteranti.

Molti studi in letteratura mostrano che bovini alimentati con diete ricche di concentrati, specialmente di cereali, producono una minore quantità di metano rispetto a quelli alimentati prevalentemente con foraggio (Martin *et al.*, 2010; Bayat e Shingfield, 2012). Aumentando, dunque, la porzione di concentrati rispetto ai foraggi si ottiene un miglioramento della digeribilità e una conseguente riduzione di emissioni di metano.

Potenzialità dell'attività. Il modello permette la personalizzazione nella quantificazione dell'obiettivo di mitigazione anche per variazioni piccole di concentrato (es. +1%). Tuttavia, a titolo di esempio, si riporta l'effetto che si otterrebbe con un incremento pari a +5% della quota di concentrati di una razione per vacche frisone da latte che passa dal 40 al 45% che comporterebbe una riduzione delle emissioni in anidride carbonica equivalente (CO₂eq) di ca. il 3,5%.

Leakage. Considerando che variazioni contenute del rapporto foraggio/concentrato delle razioni somministrate ai ruminanti non dovrebbero comportare effetti di riduzione della produttività, il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo e incrementi di emissioni per le operazioni colturali è minima e quindi trascurabile. Pertanto, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività, dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività è di 9 anni, eventualmente rinnovabile.

Metodo di calcolo. In questa versione della metodologia, il calcolo dei crediti generabili è stato ottimizzato, sviluppando una funzione che pesa ad hoc il rapporto foraggio/concentrato delle razioni somministrate ai ruminanti IPCC (IPCC, 2019). In particolare, la funzione elaborata utilizza l'informazione azienda-specifica relativa alla quota di concentrati già presenti nella razione dei ruminanti (scenario *business as usual* – BAU, vedi par. 2.1 e 2.2) ed è in grado di quantificare la variazione emissiva a fronte di una variazione della quota di concentrati rispetto allo scenario BAU⁷.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività e ai fini del principio dell'addizionalità rispetto alla normale gestione dell'attività (di seguito indicata con la sigla BAU), è necessario aumentare la quota di concentrati rispetto allo scenario BAU che prevedeva un quantitativo maggiore di foraggio, almeno nei precedenti 5 anni.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

⁷ Tuttavia, il modello non considera la sostenibilità economica associata all'aumento dei concentrati, né i limiti fisiologici di una corretta funzionalità del rumine che pure andrebbero considerati con variazioni alimentari di questo tipo.

In caso di controllo documentale si dovrà dimostrare, attraverso i dati rilevati nel libretto di campagna, le fatture di acquisto o la documentazione equipollente, l'aumento della quota di concentrato.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di riduzione di emissioni di metano enterico, la variazione della dieta nei ruminanti comporta molteplici impatti correlati. Tra gli effetti positivi si evidenzia il possibile aumento della produttività, con un conseguente vantaggio economico. Mentre, tra gli impatti negativi si registra il potenziale rischio metabolico correlato al cambio di gestione alimentare, una possibile variazione dei costi per l'acquisto del mangime concentrato o lipidico e il possibile aumento delle emissioni dovute al trasporto del nuovo mangime.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato <i>Not Available (NA) =non si rileva effetto)</i>
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	<i>Potenzialmente Negativa</i>
Uso delle terre	<i>Potenzialmente Negativa</i>
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	<i>Potenzialmente Negativa</i>
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	<i>NA</i>
Biodiversità animale e vegetale	<i>NA</i>
Risorse energetiche	<i>Potenzialmente Negativa</i>
Rifiuti	<i>NA</i>
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	<i>NA</i>
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	<i>Positiva</i>
Produzioni alimentari di qualità	<i>NA</i>
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	<i>Positiva</i>
Costi per consumi energetici	<i>NA</i>
PIL pro-capite	<i>Positiva</i>

4.2 GESTIONE DELLE DEIEZIONI

La gestione del liquame e del letame, sia durante le operazioni di trattamento e sia durante lo stoccaggio, può avere un effetto sui quantitativi di metano e protossido di azoto emessi. L'applicazione di best practices nella gestione delle deiezioni può avere un effetto mitigante in termini di emissioni di gas serra.

Potenzialità dell'attività. Il modello di calcolo permette la personalizzazione nella quantificazione dell'obiettivo di mitigazione in riferimento ad un livello emissivo BAU che prevede una gestione ordinaria del sistema di reflui raccolti in stalla, assumendo una gestione del letame maturato in cumuli e lo stoccaggio del liquame in vasche con formazione di crosta superficiale (IPCC, 2019) a cui segue un utilizzo agronomico come ammendante. Il potenziale di mitigazione è stimato in funzione della possibilità di adottare tre principali tecniche di gestione alternative e non cumulative per il liquame, quali:

- digestione anaerobica: 60% riduzione emissiva rispetto al BAU;
- separazione solido liquido: 33% riduzione emissiva rispetto al BAU;
- areazione: 49% riduzione emissiva rispetto al BAU.

Leakage. Considerando che un’ottimizzazione della gestione delle deiezioni non dovrebbe comportare alcun effetto di riduzione della produttività o di cambi indiretti di uso del suolo, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 9 anni, eventualmente rinnovabile.

Metodo di calcolo. Il modello è in grado di stimare il potenziale di riduzione emissivo generato dall’adozione di una delle tre tecniche di gestione proposte. Nello specifico, il modello si basa su una percentuale di riduzione ottenuta facendo una media dei valori riportati in bibliografia da studi che hanno effettuato misurazioni dirette del metano e del protossido di azoto (Aguirre-Villegas et al., 2017; Aguirre-Villegas et al., 2019; Amon et al., 2006; Battini et al., 2014; Calvet et al., 2017; Loyon et al., 2007; Mostafa et al., 2020).

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell’addizionalità rispetto al BAU, è necessario dimostrare attraverso documentazione specifica che negli anni precedenti (5 anni) le deiezioni sono state gestite mediante un sistema di gestione BAU che prevede una gestione del letame maturato in cumuli e del liquame conservato in vasche con formazione di crosta superficiale a cui segue un utilizzo agronomico come ammendante.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l’effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l’effettiva quantità di emissioni evitate grazie all’applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale si dovrà dimostrare, attraverso dati rilevati nel libretto di campagna, foto o documentazione equipollente la realizzazione dell’impianto di gestione ottimizzato.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un’azione di mitigazione, in termini di riduzione delle emissioni di metano, nel caso della digestione anaerobica e di un eventuale riutilizzo del biogas a fini energetici comporta molteplici impatti correlati. Tra quelli positivi si evidenziano le emissioni evitate per la sostituzione dei combustibili fossili, mentre tra gli aspetti negativi è da sottolineare l’impegno economico iniziale per la costruzione del digestore anaerobico o le emissioni associate al trasporto e conferimento delle deiezioni ad un impianto esterno.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	NA
Uso delle terre	NA
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Potenzialmente Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Potenzialmente Positivo
Biodiversità animale e vegetale	NA
Risorse energetiche	Potenzialmente Positivo
Rifiuti	Positivo
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	Potenzialmente Positivo
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Positivo
Produzioni alimentari di qualità	NA

Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Positivo
Costi per consumi energetici	Potenzialmente Negativo
PIL pro-capite	Positivo

4.3 RIDUZIONE DEI FERTILIZZANTI CHIMICI A BASE AZOTATA

Ai fini dell'applicabilità di tale attività ai distretti territoriali per la compensazione delle emissioni zootecniche, considerando anche che vari studi in letteratura dimostrano che l'attuale utilizzo di azoto è in genere superiore al reale fabbisogno e che quindi riduzioni di azoto contenute non dovrebbero comportare effetti di riduzione della produttività, si propone di ridurre il quantitativo di azoto distribuito ad ettaro di una percentuale minima del 15% fino ad un massimo a discrezione del proponente, rispetto al quantitativo medio utilizzato negli ultimi 4 anni, dimostrabile da quaderno di campagna.

La riduzione di almeno il 15% dell'uso dei fertilizzanti azotati rispetto ai quantitativi attualmente utilizzati garantirebbe il rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU e comporterebbe una diminuzione delle emissioni dirette e indirette di protossido di azoto (N₂O).

Tabella 14. Crediti generabili a seguito di una riduzione pari al 15% dell'utilizzo di concimi azotati rispetto a valori ipotetici per le principali colture

Tipologia colturale	Fertilizzante utilizzato (valori ipotetici) kg N/ha	Riduzione fertilizzante del 15% kg N/ha	Crediti generabili t CO₂eq/ha/anno
Oliveto	60	51	0,06
Vigneto	40-60	34-51	0,04
Frutteto	80	68	0,08
Seminativo	85	72	0,08
Pascoli	120	102	0,12

Potenzialità dell'attività. La riduzione proposta nell'utilizzo dei concimi azotati determina una diminuzione delle emissioni in funzione del quantitativo utilizzato e della riduzione percentuale. A titolo esemplificativo, per una riduzione del 15% rispetto a valori medi ipotetici di concime azotato per le diverse colture, la diminuzione delle emissioni oscillerebbe da 0,04 a 0,12 tonnellate di CO₂eq/ha/anno (Tabella 14, ultima colonna).

Leakage. Considerando che vari studi in letteratura dimostrano che riduzioni di azoto contenute non comportano effetti di riduzione della produttività, il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo non sussiste. Pertanto, considerata anche la quantità contenuta di crediti generabili da questa attività, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività, dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività è di 9 anni, eventualmente rinnovabile.

Metodo di calcolo. Le emissioni azotate (N₂O) derivanti dall'utilizzo dei fertilizzanti si distinguono in dirette ed indirette e sono calcolate e convertite in CO₂ equivalente sulla base delle metodologie e dei fattori di emissione forniti dall'IPCC (2019). Le emissioni dirette sono calcolate sulla base dei quantitativi di concimi a base di azoto utilizzati per la tipologia colturale (IPCC, 2019R - Eq. 11.1). Le emissioni indirette vengono calcolate tenendo conto di due processi: 1) la volatilizzazione di ammoniaca (NH₃) e ossido e biossido di Azoto

(NO_x) da applicazione di concimi e successiva rideposizione di questi gas come NH₄⁺ e NO₃⁻ nei suoli e nelle acque (IPCC, 2019R Eq. 11.9); 2) emissioni dai suoli di NO₃⁻ a seguito di lisciviazione e scorrimento superficiale (IPCC, 2019R - Eq. 11.10).

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario dimostrare il quantitativo medio di concime azotato utilizzato negli anni precedenti (5 anni).

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare la quantità media di utilizzo di concimi azotati negli anni precedenti (5 anni) attraverso dati rilevati dal libretto di campagna (o tramite le fatture di acquisto e i quantitativi presenti in magazzino) o documentazione equipollente.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di riduzione delle emissioni, è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni effettuate relativamente all'utilizzo di concimi azotati e le quantità effettivamente utilizzate, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo, si dovranno fornire le prove documentali per la verifica e il monitoraggio dell'effettivo risultato di mitigazione ottenuto, attraverso i dati rilevati dal libretto di campagna (o tramite le fatture di acquisto e i quantitativi presenti in magazzino) o documentazione equipollente.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre ad una azione di mitigazione, in termini di riduzione di emissioni di gas serra, la riduzione dell'utilizzo di fertilizzanti azotati comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia l'ulteriore diminuzione di emissioni per la produzione e trasporto dei fertilizzanti, una diminuzione dell'inquinamento delle acque, un risparmio nell'acquisto e consumo di fertilizzanti. Tra gli impatti negativi si registra, invece, il potenziale rischio di riduzione della produzione in termini di rese per ettaro.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Positivo
Rifiuti	Positivo
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	NA
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Potenzialmente Negativo
Costi per consumi energetici	Potenzialmente Positivo
PIL pro-capite	NA

4.4 RIDUZIONE DELLE LAVORAZIONI DEI SUOLI AGRICOLI

La gestione sostenibile del suolo è una pratica finalizzata al mantenimento della fertilità chimico-fisica e microbiologica del terreno e il contenimento dei fenomeni di erosione superficiale, estremamente dannosi per le colture anche a causa della lisciviazione dei nutrienti. L'adozione di pratiche conservative di gestione del suolo o *conservation tillage* (lavorazioni minime e superficiali) è in grado di apportare numerosi benefici: in particolare, l'aumento della sostanza organica e dello stock di carbonio organico nel suolo (SOC), oltre a garantire un effetto di mitigazione dei cambiamenti climatici influenzando positivamente il bilancio del carbonio rispetto al BAU, sostiene la produzione e la crescita delle colture, migliora la qualità dei prodotti, aumenta l'efficienza di uso dell'acqua, recupera suoli degradati e promuove la salute degli ecosistemi (Libro bianco, 2012).

Tra le pratiche sostenibili di gestione del suolo, con particolare riferimento alla riduzione delle lavorazioni, si propongono le seguenti attività:

- **lavorazione minima del terreno “*minimum tillage*”**: tra la fase di raccolta di una coltura e la semina della successiva, il suolo non viene disturbato e una parte sostanziale (almeno il 30%) di esso rimane coperta dai residui della precedente coltura. Si procede poi con una semplice lavorazione superficiale solo sulla fila lasciando intatta l'interfila.
- **non lavorazione o semina diretta su sodo “*zero tillage*” (*no tillage, o direct seeding*)**: il suolo non viene mai lavorato.

Tabella 15 – Variazioni di SOC e crediti generabili da riduzione delle lavorazioni del suolo

Pratica	Variazione SOC t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno
Minimum tillage	0,15-0,3	0,55-1,10
Zero tillage	0,3-0,4	1,10 -1,47

Fonte: Freibauer et al., 2014; Libro bianco, 2012

Potenzialità dell'attività. La pratica della riduzione del disturbo dei suoli agricoli genera un incremento del SOC che oscilla in media da 0,55 a 1,10 tonnellate di CO₂/ha/anno nel caso del *minimum tillage*, con un valore medio pari a 0,82 tonnellate di CO₂/ha/anno; e da 1,10 a 1,47 tonnellate di CO₂/ha/anno nel caso di *zero tillage*, con un valore medio pari a 1,28 tonnellate di CO₂/ha/anno (Tabella 14).

Leakage. La riduzione del disturbo dei suoli agricoli potrebbe comportare il rischio di riduzione di produttività, dovuto ad un potenziale minor attecchimento post-semina e maggior competizione delle erbe infestanti con la coltura principale. Tuttavia, questo effetto è compensato dal fatto che la riduzione delle lavorazioni incrementa la fertilità dei suoli. Pertanto, questa attività non dovrebbe comportare particolari effetti di riduzione della produttività e il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo non sussiste. Pertanto, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni.

Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall'IPCC (2019).

Metodo di calcolo. L'aumento dell'assorbimento di carbonio generato dall'applicazione di tale attività è calcolato sulla base dei dati di SOC derivati da letteratura che riportano un *range* da 0,15 a 0,3 t C/ha/anno nel caso del *minimum tillage* e da 0,3 a 0,4 nel caso di *zero tillage* (Freibauer *et al.*, 2004; Libro bianco, 2012).

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- non siano state applicate le pratiche del *minimum tillage* o *zero tillage* nei 5 anni precedenti;
- per quel terreno non sussista già l'obbligo del *minimum tillage* o *zero tillage*.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di riduzione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni effettuate relativamente alle lavorazioni del suolo, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dal libretto di campagna riportante le lavorazioni effettuate o foto (o ortofoto) o documentazione equipollente che siano applicate le pratiche del *minimum tillage* o *zero tillage* e che per quel terreno non sussista già l'obbligo del *minimum tillage* o *zero tillage*.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo, la riduzione delle lavorazioni comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la riduzione degli input energetici dovuti al minor numero di lavorazioni, la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli ed aumento delle riserve idriche; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità. Tra gli impatti negativi si registra, invece, il potenziale rischio correlato con la riduzione di produttività, minor attecchimento post-semine e maggior competizione delle erbe infestanti con la coltura principale.

Quando il segno è riportato tra parentesi si indica un potenziale rischio ridotto di aumento o diminuzione

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Positivo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	NA
Produzioni alimentari di qualità	Potenzialmente Negativo

Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Costi per consumi energetici	<i>Potenzialmente Negativo</i>
PIL pro-capite	<i>NA</i>

4.5 MANTENIMENTO DELLA COPERTURA ERBOSA NELLE COLTURE PERMANENTI

La pratica dell'inerbimento nelle colture permanenti rappresenta un'azione applicabile ai fini di una gestione ottimale del suolo. L'inerbimento può essere considerato come un vero e proprio prato che copre il terreno su cui insistono colture arboree, in cui tutta la biomassa aerea viene periodicamente sfalciata e lasciata sul suolo. Oltre a notevoli vantaggi ecologici (es. ridurre l'erosione superficiale, migliorare la struttura del suolo, favorire l'assorbimento dell'acqua, aumentare la porosità del suolo e la portanza del terreno, ecc.), l'inerbimento permette di mantenere ed incrementare il livello della sostanza organica nei suoli e comporta l'aumento dello stock di SOC influenzando positivamente il bilancio del carbonio rispetto al BAU (Libro bianco, 2012).

Tabella 16 – Variazioni di SOC derivate da dati di letteratura e crediti generabili in seguito all'attuazione della pratica dell'inerbimento

Pratica	Variazione SOC t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno
Inerbimento	0,32-0,6	1,17-2,20

Fonte: Freibauer et al., 2014; Poeplau and Don, 2015; Libro bianco, 2012

Potenzialità dell'attività. La pratica dell'inerbimento delle colture permanenti genera un incremento del SOC che oscilla in media da 1,17 a 2,20 tonnellate di CO₂/ha/anno (Tabella 15), con un valore medio pari a 1,68 tonnellate di CO₂/ha/anno.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall'IPCC (2019).

Metodo di calcolo. L'aumento dell'assorbimento di carbonio generato da tale attività è stimato sulla base di dati di SOC derivati da letteratura che riportano un *range* da 0,32 a 0,6 t C/ha/anno (Freibauer et al., 2014; Poeplau and Don, 2015; Libro bianco, 2012).

Leakage. La pratica dell'inerbimento potrebbe comportare il rischio di riduzione di produttività, dovuto ad una potenziale competizione con la coltura principale. Tuttavia, questo effetto è compensato dal fatto che l'inerbimento incrementa la fertilità dei suoli. Pertanto, questa attività non dovrebbe comportare particolari effetti di riduzione della produttività e il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo non sussiste. Pertanto, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- non sia stata applicata la pratica dell'inerbimento nei 5 anni precedenti;
- per quel terreno non sussista già l'obbligo dell'inerbimento.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni effettuate relativamente alle pratiche di mantenimento della copertura erbosa, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dal libretto di campagna riportante le lavorazioni effettuate o foto (o ortofoto) o documentazione equipollente il mantenimento dell'inerbimento.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo, l'inerbimento comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli e aumento delle riserve idriche; riduzione delle perdite per dilavamento dei fertilizzanti, in particolare nitrati, regolando la disponibilità di azoto nel terreno; minor disturbo dei suoli in seguito a minori lavorazioni del terreno; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità. Tra gli impatti negativi si registra, invece, il potenziale rischio correlato alla competizione con la specie principale.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Potenzialmente Negativo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Potenzialmente Positivo
Produzioni alimentari di qualità	Potenzialmente Negativo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Potenzialmente Negativo
Costi per consumi energetici	Potenzialmente Negativo
PIL pro-capite	NA

4.6 SEMINATIVO LASCIATO A RIPOSO (*SET ASIDE*)

Per «terreno lasciato a riposo» (DM 23 dicembre 2022 come modificato dal DM 30 marzo 2023, n. 185145 si intende un seminativo incluso nel sistema di rotazione aziendale, ritirato dalla produzione agricola per un periodo minimo continuativo di sei mesi, dal 1° gennaio al 30 giugno dell'anno di domanda. Ai fini dell'attività di mitigazione delle emissioni all'interno del distretto zootecnico affinché possano effettivamente generarsi

i benefici in termini di assorbimenti di carbonio questa attività prevede un periodo di impegno minimo di 2 e massimo di 4 anni. Questa pratica consente di migliorare la fertilità chimico-fisica e microbiologica dei suoli (Abdalla et al., 2019). Infatti, la presenza di una copertura erbacea per un periodo continuativo a fine ciclo hanno specifici effetti positivi in termini di:

- riduzione della mineralizzazione della sostanza organica agendo da schermo alla radiazione solare diretta e limitando l'escursione termica (Hoorman, 2009);
- riduzione del compattamento dei suoli dovuto alla pioggia battente rappresentando un ostacolo fisico (Hoorman, 2009);
- contrasto dei fenomeni erosivi grazie alla presenza di apparati radicali (Almagro et al., 2013; Kaye & Quemada, 2017; Novara et al., 2021);
- prevenzione della degradazione della struttura del suolo (García-Díaz et al., 2018);
- fissazione dell'azoto atmosferico (nel caso di presenza di leguminose) e riduzione delle perdite di azoto per lisciviazione assorbendolo nella biomassa (Kaye & Quemada, 2017);
- aumento del carbonio organico nel suolo (SOC);
- miglioramento dell'infiltrazione dell'acqua nel suolo (Almagro et al., 2013) grazie alle canalizzazioni create dalle radici morte.

La pratica proposta consiste nel lasciare a riposo una superficie agricola aziendale per 2 o 4 anni, gestendola esclusivamente con sfalci.

TABELLA 1 - VARIAZIONI SOC E CREDITI GENERABILI

Conversione da seminativo a set aside	Variazione SOC t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno
Nord Italia	0,89	3,27
Centro Italia	0,64	2,35
Sud Italia	0,44	1,62

Fonte: NIR (2022)

Potenzialità dell'attività. La pratica di lasciare i terreni agricoli a riposo genera un incremento del SOC che oscilla da 0,44 a 0,89 t C/ha/anno a seconda dell'areale geografico in cui si adotta la pratica. Il potenziale di mitigazione oscilla dunque tra **1,62 e 3,27 tonnellate di CO₂/ha/anno**.

Leakage. Lasciare i terreni a riposo potrebbe comportare il rischio di riduzione di produttività, dovuta ad una minore superficie aziendale coltivata e, se il controllo delle infestanti non viene adeguatamente gestito, una maggior competizione di queste con la coltura principale. Tuttavia, questo effetto è in parte compensato dal fatto che la riduzione delle lavorazioni e la produzione di biomassa incrementa la fertilità dei suoli. Pertanto, questa attività non dovrebbe comportare particolari effetti di riduzione della produttività e il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo non sussiste. Pertanto, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo di 2 o 4 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, alla natura di temporaneità prevista dalle metodologie di calcolo del carbonio stoccabile nei terreni a set-aside derivante da IPCC (2019).

Metodo di calcolo. L'aumento di carbonio nel suolo generato dall'applicazione di tale attività è calcolato come variazione del SOC estrapolato dai dati dell'Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 -2020 National

Inventory Report (NIR) (NIR, 2022). Nello specifico, sono stati confrontati gli stock di carbonio riportati nel NIR su base regionale per i seminativi a gestione ordinaria ed i terreni gestiti a set-aside, attribuendo tali differenze ad un periodo di 20 anni, pari al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli individuato di *default* dall' IPCC (2006), per derivare il beneficio su base annuale. In Tabella 1 i dati sono classificati per aree geografiche considerando il cambio di gestione del suolo da seminativo a set aside in convenzionale o integrato. I dati riportano un range⁸ di fissazione di carbonio da 0,44 (Sud Italia) a e 0,89 (Nord Italia) t C/ha/anno.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- il terreno gestito in convenzionale o integrato non sia già a riposo consecutivamente nei 5 anni precedenti, risultando pertanto un pascolo a tutti gli effetti;
- per quel terreno non sussista già lo status di superficie a riposo non produttiva.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni e/o lavorazioni effettuate relativamente al controllo della vegetazione, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa pratica.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dal libretto di campagna riportante le lavorazioni effettuate o foto (o ortofoto) o documentazione equipollente che: il terreno a riposo presenti una copertura vegetale (seminata o spontanea) durante l'intero anno che viene trinciata ma non asportata nel periodo primaverile/estivo; che il terreno non sia già stato a riposo consecutivamente nei 5 anni precedenti, risultando dunque un pascolo a tutti gli effetti.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento di carbonio nel suolo e riduzione delle emissioni antropiche per minori lavorazioni e produzione e utilizzo di fertilizzanti chimici, lasciare il terreno a riposo comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità in termini di microflora e microfauna terricole; un aumento della superficie fotosintetizzante rispetto al terreno nudo. Tra gli impatti negativi si registra, invece, il potenziale rischio correlato con la maggior competizione delle erbe infestanti con la coltura principale.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Positivo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA

⁸ Nord: Piemonte, Valle D'Aosta, Liguria, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli - Venezia Giulia, Emilia-Romagna; Centro: Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo; Sud: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Potenzialmente Negativo
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Potenzialmente Negativo
Costi per consumi energetici	Positivo
PIL pro-capite	Potenzialmente Negativo

4.7 COLTURE DI COPERTURA (*COVER CROPS*) SOVESCiate

Le colture di copertura (Cover Crops) sono delle colture erbacee inserite tra due colture principali, non destinate alla raccolta ma coltivate per migliorare la fertilità del suolo e proteggere il terreno dall'erosione. Durano mediamente 60 giorni (PAC, 2022).

L'introduzione di cover crops aumenta la stabilità e la sostenibilità dell'intero agroecosistema, riducendo al contempo gli input esterni necessari (come i fertilizzanti), oltre che altri numerosi benefici simili a quelli ottenibili con la pratica del set-aside:

- una superficie fotosintetizzante più ampia;
- fissazione dell'azoto atmosferico (nel caso di presenza di leguminose) e riduzione delle perdite di azoto per lisciviazione assorbendolo nella biomassa (Kaye & Quemada, 2017);
- un aumento del SOC (Almagro et al., 2013);
- una sostanziale riduzione dell'erosione del suolo grazie alla presenza di apparati radicali (Almagro et al., 2013; Novara et al., 2021);
- prevenzione del degrado degli aggregati del suolo (García-Díaz et al., 2018);
- migliore infiltrazione dell'acqua (Almagro et al., 2013).

La pratica prevede l'introduzione di una coltura di copertura nella rotazione dei seminativi aziendali su una superficie costante ogni anno. Nello specifico, la superficie oggetto di impegno può cambiare in termini di localizzazione geografica all'interno della stessa azienda purché si mantenga costante per estensione nel corso degli anni.

TABELLA 2 - VARIAZIONI SOC, POTENZIALE DI MITIGAZIONE TOTALE (INCLUSA LA RIDUZIONE DI EMISSIONI ANTROPOGENICHE) E CREDITI GENERABILI

Pratica	Variazione SOC t C/ha/anno	Potenziale di mitigazione totale (incl. riduzione delle emissioni) t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ eq/ha/anno
Seminativo a riposo gestito con sovescio (leguminose)	0,32	0,47	1,74
Seminativo a riposo gestito con sovescio (non-leguminose)	0,32	0,44	1,62
Seminativo a riposo gestito con sovescio (mix di cover crops)	0,37	0,48	1,75

Fonte: Abdalla et al. (2019); Kaye & Quemada (2017); Poeplau & Don (2015)

Potenzialità dell'attività. La pratica dell'introduzione di una coltura di copertura genera un incremento del SOC che oscilla da 0,32 a 0,37 t C/ha/anno a seconda delle specie sovesciate (leguminose, non leguminose o mix di specie). A tale vantaggio si somma inoltre una riduzione delle emissioni antropogeniche a seguito del minor utilizzo di gasolio per le lavorazioni e della mancata produzione e utilizzo di fertilizzanti azotati di

origine chimica, soprattutto nel caso dell'utilizzo di leguminose, portando il potenziale di mitigazione tra 0,44 e 0,48 t C/ha/anno. Il potenziale di mitigazione oscilla dunque tra **1,62 e 1,75 tonnellate di CO₂eq/ha/anno**.

Leakage. Introdurre una coltura non produttiva nella rotazione colturale potrebbe comportare il rischio di riduzione di produttività a seguito di una minore superficie aziendale disponibile per la produzione, soprattutto nel caso di rotazioni brevi (es. mais-soia) e una maggior competizione della coltura principale con le specie infestanti, se il loro controllo non viene adeguatamente gestito. Questo effetto è parzialmente compensato dal fatto che la riduzione delle lavorazioni e la produzione di biomassa incrementa la fertilità dei suoli. Pertanto, questa attività non dovrebbe comportare particolari effetti di riduzione della produttività ed il rischio di effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo non dovrebbe sussistere. Dunque, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall'IPCC (2006), infatti, pur non essendo un effettivo cambio di uso del suolo, questa pratica prevede il cambio della conduzione dei seminativi e quindi il raggiungimento di un novo equilibrio dello stock di carbonio.

Metodo di calcolo. L'aumento di carbonio nel suolo generato dall'applicazione di tale attività è stato calcolato a partire da dati riportati in letteratura (Abdalla et al., 2019; Kaye & Quemada, 2017; Poepflau & Don, 2015) che indicano un range di aumento del SOC da 0,32 a 0,37 t C/ha/anno a seconda del tipo di cover crop (specie leguminose, non leguminose o mix di specie). Inoltre, all'aumento del SOC, si sommano anche le emissioni evitate a seguito del minor utilizzo di gasolio per le lavorazioni e, soprattutto nel caso dell'utilizzo di leguminose, della mancata produzione e utilizzo di fertilizzanti azotati di origine chimica, con un beneficio totale che oscilla tra 1,62 a 1,75 t CO₂eq/ha/anno, a seconda del tipo di cover crop.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- la rotazione delle colture annuali non preveda l'utilizzo di cover crop nei 4 anni precedenti l'adozione della pratica.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni e/o lavorazioni effettuate relativamente al controllo della vegetazione, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dal libretto di campagna riportante le lavorazioni effettuate o foto (o ortofoto) o documentazione equipollente che: il terreno a riposo presenti una copertura vegetale (seminata o spontanea) durante l'intero anno; che alla fine del periodo vegetativo della cover crop questa venga sovesciata senza asportarne la biomassa; che il terreno non abbia ospitato cover crop nei 4 anni precedenti.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo e riduzione delle emissioni antropiche per minori lavorazioni e produzione e utilizzo di fertilizzanti chimici, lasciare il terreno a riposo comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità in termini di microflora e microfauna terricole; un aumento della superficie

fotosintetizzante rispetto al terreno nudo; fertilizzazione (leguminose), biofumigante (brassicacee), ammendante (leguminose, brassicacee, graminacee ed erbe spontanee). Tra gli impatti negativi si registra, invece, il potenziale rischio correlato con la maggior competizione delle erbe infestanti con la coltura principale e la possibile riduzione della produzione legata alla minore superficie coltivabile.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Positivo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Potenzialmente Negativo
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Potenzialmente Negativo
Costi per consumi energetici	Positivo
PIL pro-capite	Potenzialmente Negativo

4.8 CAMBIO DI USO DEL SUOLO DA SEMINATIVI A PRATI E PASCOLI PERMANENTI

La pratica consiste nella conversione a prato o pascolo permanente di terreni precedentemente gestiti a seminativo. Un «prato o pascolo permanente» è un terreno utilizzato per la coltivazione di specie erbacee da foraggio, naturali (spontanee) o seminate, per almeno 5 anni. Può comprendere altre specie, segnatamente arbustive o arboree, che possono essere utilizzate per il pascolo o comunque per l'alimentazione animale, purché l'erba spontanea e/o le piante erbacee da foraggio restino predominanti.

Il prato o pascolo permanente può essere gestito tramite (AGEA, 2020):

- 1- Pascolamento con animali (propri o di terzi)
- 2- Sfalcio
- 3- Pascolamento e sfalcio

TABELLA 3 - VARIAZIONI DI SOC E CREDITI GENERABILI DA CAMBI DI USO DEL SUOLO DA SEMINATIVO A PRATI E PASCOLI PERMANENTI

Sistema di coltivazione	Convenzionale			Biologico			Da seminativo convenzionale a prato/pascolo biologico		
	Assorbimento di carbonio t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	Crediti utilizzabili t CO ₂ /ha/anno	Assorbimento di carbonio t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	Crediti utilizzabili t CO ₂ /ha/anno	Assorbimento di carbonio t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	Crediti utilizzabili t CO ₂ /ha/anno
Area geografica									
Nord Italia	1,89	6,94	3,47	1,13	4,16	2,08	2,52	9,23	4,62

Centro Italia	2,28	8,37	4,18	1,88	6,91	3,45	2,89	10,59	5,29
Sud Italia	1,38	5,08	2,54	1,10	4,02	2,01	1,80	6,59	3,29

Fonte: NIR (2022)

Potenzialità dell'attività. La pratica di cambio di uso del suolo da seminativi a prati e pascoli permanenti genera un incremento medio del SOC pari a 6,88 tonnellate di CO₂/ha/anno, a seconda dell'area geografica e della modalità di gestione (convenzionale, biologico).

Leakage. Il cambio di uso del suolo da seminativo a prato/pascolo potrebbe comportare una diminuzione della redditività delle colture e un minor impiego di manodopera agricola che potrebbe tradursi in un minor livello di occupazione. Inoltre, soprattutto nel caso di pascolamento, un carico eccessivo del bestiame potrebbe comportare un deterioramento del cotico erboso che potrebbe compromettere nel tempo la produttività del prato/pascolo e produrre fenomeni di degradazione del suolo, come erosione ed eccessivo costipamento. Inoltre, potrebbero generarsi eventuali emissioni zootecniche dirette e indirette aggiuntive. Pertanto, per garantire un bilancio globale effettivamente positivo in termini di obiettivi di mitigazione, si applica una riduzione del 50% dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall' IPCC (2006).

Metodo di calcolo. L'aumento di carbonio nel suolo generato dall'applicazione di tale attività è calcolato come variazione del SOC estrapolato dai dati dell'Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 -2020 National Inventory Report (NIR) (NIR, 2022). Nello specifico, sono stati confrontati gli stock di carbonio riportati nel NIR su base regionale per i seminativi (a gestione ordinaria e biologica) e i pascoli (a gestione ordinaria e biologica), attribuendo tali differenze ad un periodo di 20 anni, pari al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli individuato di *default* dall' IPCC (2006), per derivare il beneficio su base annuale. In Tabella 2 i dati sono classificati per aree geografiche e sistema di coltivazione considerando, rispettivamente, il cambio di uso del suolo da seminativi a prato o pascolo permanente in convenzionale, in biologico e passando da convenzionale a biologico. I dati riportano un range¹⁹ da 1,38 (Sud Italia) a 2,28 (Centro Italia) t C/ha/anno nel caso del cambio di uso del suolo in convenzionale; 1,10 (Sud Italia) a 1,88 (Centro Italia) t C/ha/anno per il biologico e da 1,80 (Sud Italia) a 2,89 (Centro Italia) t C/ha/anno passando da annuali in convenzionale a prato o pascolo permanente in biologico.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- Il terreno non risulti essere già classificato come prato o pascolo permanente;
- Il terreno risulti essere stato coltivato nell'anno precedente all'adesione alla pratica.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni effettuate relativamente alle lavorazioni di campo, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività.

⁹ Nord: Piemonte, Valle D'Aosta, Liguria, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli - Venezia Giulia, Emilia-Romagna; Centro: Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo; Sud: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

In caso di controllo documentale si dovrà dimostrare, attraverso i dati rilevati nel libretto di campagna, le fatture di acquisto o la documentazione equipollente (in caso di prati riseminati) che:

- le specie presenti siano destinate all'alimentazione animale;
- le lavorazioni di campo siano conformi al piano culturale di un prato o pascolo.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo, il cambio di uso del suolo da annuali a prato o pascolo permanente apporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la riduzione degli input energetici dovuti al minor numero di lavorazioni, un minor impiego di fitofarmaci grazie ad una netta riduzione dei trattamenti, la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità sia vegetale (per pascoli non seminati) che in termini di microflora e microfauna terricole. Tra gli impatti negativi si registra, invece, ma minore redditività delle colture foraggere da prato/pascolo rispetto alle colture annuali da reddito; una minore occupazione in termini di manodopera agricola.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	<i>Positivo</i>
Uso delle terre	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	<i>Positivo</i>
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	<i>Positivo</i>
Biodiversità animale e vegetale	<i>Positivo</i>
Risorse energetiche	<i>Positivo</i>
Rifiuti	<i>NA</i>
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	<i>NA</i>
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	<i>Negativo</i>
Produzioni alimentari di qualità	<i>NA</i>
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	<i>Positivo</i>
Costi per consumi energetici	<i>Positivo</i>
PIL pro-capite	<i>Negativo</i>

4.9 CONVERSIONE NELLA CONDUZIONE DEI TERRENI DA CONVENZIONALE A BIOLOGICO

L'agricoltura biologica è un metodo di produzione agricola che non utilizza prodotti chimici di sintesi, e che tende a ricercare un equilibrio tra la produzione stessa e gli ecosistemi naturali (SINAB, 2023). Citando il Reg. (UE) n. 848/2018, "La produzione biologica è un sistema globale di gestione dell'azienda agricola e di produzione alimentare basato sull'interazione tra le migliori prassi in materia di ambiente ed azione per il clima, un alto livello di biodiversità, la salvaguardia delle risorse naturali [...] fornendo al pubblico beni che contribuiscono alla tutela dell'ambiente, al benessere degli animali e allo sviluppo rurale". Tuttavia, convertire al biologico un sistema colturale tradizionale comporta un cambio radicale nell'approccio agli stress biotici ed abiotici, alla fertilizzazione e, in generale, a tutta la gestione agronomica. La gestione in agricoltura biologica comporta l'adozione di fertilizzanti organici in sostituzione di quelli di origine chimica e, per le colture annuali, l'applicazione della rotazione, con un aumento importante delle riserve di carbonio nel suolo. I principi fondanti dell'agricoltura biologica (SINAB, 2023) sono:

1. Mantenere o aumentare la fertilità e l'attività biologica dei suoli;
2. Favorire l'equilibrio ecosistemico (es. lotta biologica, impianto di siepi, alberi, bande inerbite);
3. Favorire la prevenzione degli stress abiotici e biotici;
4. Rispettare il benessere animale e l'ambiente nell'allevamento.

TABELLA 4 - VARIAZIONI DI SOC LEGATE AL CAMBIO DI CONDUZIONE DEI TERRENI DA CONVENZIONALE A BIOLOGICO PER SEMINATIVI, PASCOLI E COLTURE ARBOREE.

Colture	Seminativi		Pascoli		Perenni	
	t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno
Area geografica						
Nord Italia	1,38	5,07	0,62	2,29	2,04	7,49
Centro Italia	1,00	3,68	0,61	2,22	1,33	4,88
Sud Italia	0,70	2,57	0,41	1,51	0,85	3,10

Fonte: NIR (2022)

Potenzialità dell'attività. La conversione nella conduzione dei terreni da convenzionale a biologico genera un incremento medio del SOC pari a 3,77 tonnellate di CO₂/ha/anno per i seminativi, 2 tonnellate di CO₂/ha/anno per i pascoli e 5,16 tonnellate di CO₂/ha/anno per le perenni (**Tabella 3**), a seconda dell'area geografica.

Leakage. Il regime biologico potrebbe comportare un rischio di riduzione di produttività, dovuta ad un minor utilizzo di input chimici. Tuttavia, questo effetto è compensato dal fatto che la gestione ad agricoltura biologica incrementa la fertilità dei suoli. Pertanto, questa attività non dovrebbe comportare particolari effetti negativi come cambi indiretti di uso del suolo. Pertanto, non si applica alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall' IPCC (2006).

Metodo di calcolo.

è calcolato come variazione del SOC estrapolato dai dati dell'Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 -2020 National Inventory Report (NIR) (NIR, 2022). Nello specifico, sono stati confrontati gli stock di carbonio riportati nel NIR su base regionale per i seminativi, i pascoli e le colture arboree a gestione ordinaria e a gestione biologica, attribuendo tali differenze ad un periodo di 20 anni, pari al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli individuato di *default* dall' IPCC (2006), per derivare il beneficio su base annuale. In Tabella 3 i dati sono classificati per sistema di coltivazione considerando, rispettivamente, il cambio di conduzione da convenzionale a biologico per seminativi, pascoli e arboree.

I dati riportano un range¹⁰ da 0,7 (Sud Italia) a 1,38 (Nord Italia) t C/ha/anno nel caso dei seminativi; 2,57 (Sud Italia) a 5,07 (Nord Italia) t C/ha/anno per i pascoli e da 0,85 (Sud Italia) a 2,04 (Nord Italia) t C/ha/anno per le perenni.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che:

- Il terreno non risulti essere condotto in regime biologico l'anno precedente all'adesione alla pratica.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni effettuate relativamente alle lavorazioni di campo, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale si dovrà fornire il certificato rilasciato dall'ente certificatore del mantenimento del sistema di coltivazione biologica per le superfici interessate dalla pratica.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo, il cambio di gestione da convenzionale a biologico apporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia l'eliminazione degli input chimici (fitofarmaci e concimi); aumento della biodiversità sia vegetale che in termini di microflora e microfauna terricole, artropofauna utile (impollinatori ed altri insetti parassitoidi); minori residui all'interno dei prodotti agricoli; una maggiore occupazione in agricoltura e un maggior valore economico unitario della produzione. Tra gli impatti negativi si registra, invece, una possibile minore produzione per ettaro, in quanto generalmente, avendo una limitazione nell'utilizzo dei mezzi tecnici di difesa chimica, è necessario ridurre la densità di semina per le annuali e scegliere sesti di impianto più larghi per le arboree. Inoltre, il carico produttivo (es. carico di gemme per ettaro nella vite) viene contenuto per avere un minor carico di patogeni e parassiti. Inoltre, si può osservare un aumento dei costi di produzione a seguito di una maggiore richiesta di manodopera legata alle numerose operazioni agronomiche necessarie.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Potenzialmente Negativo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Potenzialmente Negativo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Positivo
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Positivo
Costi per consumi energetici	Potenzialmente Negativo
PIL pro-capite	Potenzialmente Negativo

¹⁰ Nord: Piemonte, Valle D'Aosta, Liguria, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto, Friuli - Venezia Giulia, Emilia-Romagna; Centro: Toscana, Umbria, Marche, Lazio, Abruzzo; Sud: Molise, Campania, Puglia, Basilicata, Calabria, Sicilia, Sardegna.

4.10 APPORTO DI SOSTANZA ORGANICA NEI SUOLI

La pratica prevede l'impiego di materiale organico da apportare al terreno, allo scopo di incrementare la sostanza organica nel suolo e migliorarne le caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche, contribuendo anche allo stoccaggio del carbonio (PAC, 2022). I substrati organici oggetto previsti della pratica sono:

- compost (di origine vegetale o animale o di origine mista);
- letame.

La pratica esclude l'utilizzo di liquami poiché potrebbero comportare un impatto negativo sull'accumulo di SOC (Francaviglia et al., 2019).

La pratica di apporto di sostanza organica nei suoli ha come finalità principale quella di aumentare la sostanza organica del suolo, ma non fertilizzazione minerale. Pertanto, questa pratica non esclude l'applicazione di fertilizzanti azotati (di sintesi o organici). Nel caso, invece, il materiale organico impiegato sia abbastanza ricco in azoto da consentire di evitare ulteriori apporti di fertilizzanti azotati (di sintesi o organici), questa pratica può sommarsi alla successiva "Apporto di azoto in forma organica in sostituzione a fertilizzanti sintetici" sommando entrambi i benefici in termini di crediti generabili.

TABELLA 5 - VARIAZIONI DI SOC A SEGUITO DELL'UTILIZZO DI AMMENDANTI DI ORIGINE ORGANICA

Ammendante	Aumento del SOC t C/ha/anno	Crediti generabili t CO₂/ha/anno
Compost	0,33	1,22
Letame	0,02	0,07

Fonte: Costantini et al. (2020)

Potenzialità dell'attività. L'impiego di ammendanti organici genera un incremento medio del SOC di 0,65 tonnellate di CO₂eq/ha/anno (Tabella 4).

Leakage. L'applicazione di ammendanti organici implica delle potenziali emissioni dovute al trasporto. Tuttavia, spesso la produzione di ammendanti organici avviene all'interno dei confini aziendali, implicando un trasporto su brevi distanze. Inoltre, l'utilizzo di ammendanti organici comporta anche dei benefici in termini di aumento della sostanza organica dei suoli, fertilità e biodiversità. Pertanto, si può assumere che eventuali emissioni aggiuntive per il trasporto siano neutralizzate da questi ulteriori benefici. Non si applica, dunque, alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall'IPCC (2006).

Metodo di calcolo. L'aumento di carbonio nel suolo generato dall'applicazione di tale attività è calcolato sulla base dei dati sulle variazioni di SOC derivati da letteratura che riportano un *range* da 0,07 (applicazione di letame) a 1,22 (applicazione di compost) tonnellate di CO₂/ha/anno nei seminativi (Francaviglia et al., 2019). Tali valori rilevati sui seminativi si assume siano comparabili ai risultati ottenibili anche nelle colture legnose perenni.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che il terreno non risulti essere già concimato tramite compost o letame.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni di concimazione effettuate, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale si dovrà dimostrare, attraverso i dati rilevati nel libretto di campagna, le fatture di acquisto, documentazione equipollente o foto:

- La tipologia di ammendante acquistato o prodotto in azienda;
- Il quantitativo di ammendante applicato al suolo.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo, l'applicazione di ammendanti organici apporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia: maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità in termini di microflora e microfauna terricole; maggiore occupazione in termini di manodopera; maggiore produttività delle colture agricole. Tra gli impatti negativi si registra, invece, un maggior costo di gestione legato al quantitativo di biomassa da apportare necessario a garantire una fertilizzazione idonea.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	<i>Positivo</i>
Uso delle terre	<i>Positivo</i>
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	<i>Positivo*</i>
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	<i>Positivo</i>
Biodiversità animale e vegetale	<i>Positivo</i>
Risorse energetiche	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Rifiuti	<i>NA</i>
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	<i>NA</i>
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	<i>Positivo</i>
Produzioni alimentari di qualità	<i>Positivo*</i>
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	<i>Positivo</i>
Costi per consumi energetici	<i>Potenzialmente Negativo</i>
PIL pro-capite	<i>Positivo</i>

*eccetto per i casi in cui il letame non è opportunamente maturo, per cui il giudizio sarebbe Negativo.

4.11 APPORTO DI AZOTO IN FORMA ORGANICA IN SOSTITUZIONE A FERTILIZZANTI SINTETICI

La pratica consiste nell'applicare fertilizzanti organici (compost o letame) contenenti abbastanza azoto da consentire di evitare ulteriori apporti di fertilizzanti azotati (di sintesi o organici). Questa pratica, quindi,

prevede l'applicazione di fertilizzanti organici (compost o letame) in sostituzione di fertilizzanti azotati di origine sintetica e il beneficio in termini di crediti generabili per ogni unità di superficie (ettaro) si somma a quello della pratica precedente "Impiego di ammendanti organici".

I concimi organici sono caratterizzati dalla organicazione degli elementi nutritivi (in questo caso l'azoto) e comportano un rilascio modulato nel tempo degli elementi nutritivi, mutuato specificatamente dall'attività mineralizzante a carico della biomassa microbica del suolo (CRA-RPS, 2010). Il loro utilizzo serve per migliorare o mantenere la fertilità del suolo in funzione del fabbisogno di nutrimento delle colture. L'interramento di materiali organici favorisce il processo di umificazione che incrementa il SOC e la frazione meno labile della materia organica (Triberti et al., 2008). La pratica esclude l'utilizzo di liquami poiché potrebbero comportare un impatto negativo sull'accumulo di SOC (Francaviglia et al., 2019).

TABELLA 6 – CREDITI GENERABILI A SEGUITO DELL'UTILIZZO DI FERTILIZZANTI ORGANICI IN SOSTITUZIONE DI FERTILIZZANTI AZOTATI DI ORIGINE SINTETICA

Ammendante	AUMENTO DEL SOC		EMISSIONI EVITATE PER PRODUZIONE FERTILIZZANTI AZOTATI CHIMICI
	Aumento del SOC t C/ha/anno	Crediti generabili t CO ₂ /ha/anno	Crediti generabili kg CO ₂ eq/kg N/anno
Compost	0,33	1,22	4,12*
Letame	0,02	0,07	

Fonte: Costantini et al. (2020); ECOINVENT V3.8 Database (2021)

***Attenzione:** il beneficio in termini di emissioni evitate non è per unità di superficie (ettaro) ma per kg di azoto

Potenzialità dell'attività. L'apporto al suolo di fertilizzanti organici (compost o letame) in sostituzione di fertilizzanti azotati si traduce in un aumento dei SOC, quantificabile in un valore medio di 0,65 tonnellate di CO₂/ha/anno (Tabella 5), e in mancate emissioni per la produzione di concime azotato di sintesi quantificabile in 4,12 kg CO₂eq per kg di azoto non prodotto.

Leakage. L'applicazione di fertilizzanti organici (compost o letame) implica un trasporto di maggiori quantità in termini di peso avendo una minore concentrazione di principi attivi rispetto ai fertilizzanti sintetici. Quindi, potrebbero generarsi maggiori emissioni dovute al trasporto. Tuttavia, spesso la produzione dei fertilizzanti organici avviene all'interno dei confini aziendali, implicando un trasporto su brevi distanze. Inoltre, l'utilizzo dei fertilizzanti organici, a differenza di quelli sintetici, comporta anche dei benefici in termini di aumento della sostanza organica dei suoli, fertilità e biodiversità. Pertanto, si può assumere che eventuali emissioni aggiuntive per il trasporto siano neutralizzate da questi ulteriori benefici. Non si applica, dunque, alcuna riduzione dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni. Tale orizzonte temporale è conforme, infatti, al tempo medio necessario per il raggiungimento dell'equilibrio del carbonio nei suoli (20 anni) individuato di *default* dall'IPCC (2006).

Metodo di calcolo. L'apporto al suolo di concime organica ricco in azoto si traduce in un aumento di carbonio nel suolo, calcolato sulla base di dati derivati da letteratura che riportano un *range* da 0,07 (applicazione di letame) a 1,22 (applicazione di compost) tonnellate di CO₂/ha/anno (Francaviglia et al., 2019). Tali valori rilevati sui seminativi si assume siano comparabili ai risultati ottenibili anche nelle colture legnose perenni.

A tale vantaggio si sommano anche le emissioni evitate per la mancata produzione di concime azotato di sintesi quantificabile in 4,12 kg CO₂eq per kg di azoto non prodotto, ricavato da ECOINVENT V3.8 Database (2021).

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che

- Il terreno non risulti essere già concimato per quanto riguarda la frazione azotata, con compost o letame.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, in cui si dovranno indicare dettagliatamente tutte le operazioni di concimazione effettuate, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale si dovrà dimostrare, attraverso i dati rilevati nel libretto di campagna, le fatture di acquisto o documentazione equipollente:

- La tipologia di fertilizzante acquistato o prodotto in azienda;
- Il quantitativo di fertilizzante applicato al suolo;
- Il quantitativo di azoto di origine sintetica sostituito.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di aumento degli assorbimenti di carbonio nel suolo e riduzione delle emissioni, l'apporto di azoto in forma organica al suolo genera molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia: maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli; miglioramento della struttura, della porosità e della portanza del suolo; aumento della biodiversità in termini di microflora e microfauna terricole; maggiore occupazione in termini di manodopera agricola; un rischio minore di perdita di azoto per lisciviazione e volatilizzazione ed una disponibilità temporale maggiore di questo elemento nutritivo (le forme di azoto organico sono a più lenta mineralizzazione rispetto ai fertilizzanti chimici). Tra gli impatti negativi si registra, invece, un maggior costo di gestione legato al quantitativo di biomassa da apportare necessario a garantire una fertilizzazione idonea.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Positivo
Uso delle terre	Positivo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Positivo*
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Positivo
Risorse energetiche	Potenzialmente Negativo
Rifiuti	NA
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	NA
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Positivo
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Positivo*
Costi per consumi energetici	Potenzialmente Negativo
PIL pro-capite	Potenzialmente Positivo

*eccetto per i casi in cui il letame non è opportunamente maturo, per cui il giudizio sarebbe Negativo

4.12 NUOVI IMPIANTI DI FRUTTICOLTURA

La conversione dei terreni soggetti a colture annuali, quali seminativi o pascoli, verso terreni con colture arboree perenni, quali ad esempio i frutteti, genera un incremento di carbonio nei pool della biomassa e del suolo. In generale, tale accumulo di carbonio avviene fino a che gli alberi raggiungono la maturità e il suolo raggiunge uno stato di equilibrio. L'attività consiste nella realizzazione di un nuovo impianto di frutticoltura su terreni abbandonati, non utilizzati o precedentemente utilizzati come seminativi o pascolo. Ciò consentirebbe un aumento degli *stock* di carbonio nei pool della biomassa epigea e ipogea e del suolo, con conseguente aumento dell'assorbimento di CO₂ dall'atmosfera, rispetto al BAU.

Tabella 19 – Crediti generabili ed utilizzabili con la realizzazione di impianti di frutticoltura

SPECIE	CREDITI GENERABILI IN 20 ANNI (t CO ₂ /ha/anno)			CREDITI UTILIZZABILI IN 20 ANNI (t CO ₂ /ha/anno)		
	Biomassa epigea	Suolo	Totale	Biomassa epigea	Suolo	Totale
Pero	1,9	1,1	3,0	1,0	0,6	1,5
Ciliegio, susine, albicocche	3,4	1,1	4,5	1,7	0,6	2,3
Pesco, percoco, nettarine	3,5	1,1	4,6	1,7	0,6	2,3
Melo, kaki, cotogno, melograno, nespolo	1,3	1,1	2,4	0,7	0,6	1,2
Kiwi	5,5	1,1	6,6	2,8	0,6	3,3
Uva	5,5	1,1	6,6	2,8	0,6	3,3
Noci	4,8	1,1	5,9	2,4	0,6	2,9
Olivo	2,6	1,1	3,7	1,3	0,6	1,8
Castagne e Marroni	4,8	1,1	5,9	2,4	0,6	2,9
Media	3,7	1,1	4,8	1,8	0,6	2,4

Potenzialità dell'attività. La transizione da colture annuali, quali seminativi o pascoli, a colture arboree perenni, quali i frutteti, genera un incremento nell'assorbimento di CO₂ che oscilla da 2,4 a 6,6 tonnellate di CO₂/ha/anno se si considerano entrambi i *pool* biomassa epigea e suolo, con un valore medio pari a 4,8 tonnellate di CO₂/ha/anno (Tabella 19). Tuttavia, ai fini della garanzia di un approccio conservativo, solo la metà dei crediti generabili annualmente potrà essere utilizzata, con una quota di incremento nell'assorbimento di CO₂ che oscilla da 1,21 a 3,3 tonnellate di CO₂/ha/anno se si considerano entrambi i *pool* biomassa epigea e suolo, con un valore medio pari a **2,4 tonnellate di CO₂/ha/anno** (Tabella 19, ultima colonna).

Leakage. La transizione da colture annuali, quali seminativi o pascoli, a colture arboree perenni, quali i frutteti può comportare delle emissioni indirette anche al di fuori dell'area di progetto, dovute ad esempio

alla fase di produzione delle piantine da frutto o alle operazioni e lavorazioni del suolo per la loro messa a dimora. Pertanto, per garantire un bilancio globale effettivamente positivo in termini di obiettivi di mitigazione, si applica una riduzione del 50% dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni.

Metodo di calcolo. L'aumento dell'assorbimento di CO₂ generato dall'applicazione di tale attività è misurato applicando le metodologie esistenti (IPCC, 2006d– Eq. 2.10 per la biomassa e IPCC 2019 - Eq. 2.25 per i suoli) a dati disponibili in letteratura di incremento corrente di biomassa a pianta o a ettaro o di carbonio nei suoli (CARBIUS Project Report, Maggio 2010; Facini et al., 2007; Mazzetto et al., 2012; Michos et al., 2012; Missere et al., 2012; Musacchi et al., 2012; Nati et al., 2011; Panzacchi et al., 2012; Rossi et al., 2007; Sofo et al., 2004; Sofo et al., 2005). I dati di biomassa utilizzati sono ricavati dalla letteratura, a partire da dati di incremento a pianta o a ettaro ed elaborati in funzione delle densità medie di piante ad ettaro. Per il suolo sono stati utilizzati dati riportati in letteratura da Freibauer et al. (2004), che attribuisce ai suoli europei in transizione da seminativo a colture perenni un aumento di carbonio annuale compreso nell'intervallo di 0,3-0,6 t C/ha/anno. La biomassa ipogea (radici) non viene contabilizzata nell'ottica di un approccio maggiormente conservativo.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell'addizionalità rispetto al BAU, è necessario che il nuovo impianto di frutticoltura venga realizzato su terreni abbandonati, non utilizzati o precedentemente utilizzati come seminativi o pascolo, per un periodo di almeno 5 anni.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l'effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l'effettiva quantità di emissioni evitate grazie all'applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dimostrare attraverso il libretto di campagna, ortofoto (o foto) o documentazione equipollente il mantenimento del frutteto realizzato.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un'azione di mitigazione, in termini di accumulo di carbonio nella biomassa e nel suolo, la realizzazione di nuovi impianti di frutticoltura comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli ed aumento delle riserve idriche, grazie ad apparati radicali più profondi; minor disturbo dei suoli in seguito a minori lavorazioni del terreno; aumento della biodiversità. Tra gli impatti negativi si evidenzia, invece, il potenziale rischio correlato all'entità del capitale iniziale da investire.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	Potenzialmente Negativo
Uso delle terre	Potenzialmente Positivo
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	Negativo

Erosione e perdita di vitalità dei suoli	Positivo
Biodiversità animale e vegetale	Potenzialmente Negativo
Risorse energetiche	Negativo
Rifiuti	Potenzialmente Negativo
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	Potenzialmente Positivo
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	Positivo
Produzioni alimentari di qualità	Positivo
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	Positivo
Costi per consumi energetici	Negativo
PIL pro-capite	Positivo

4.13 RIMBOSCHIMENTI/IMBOSCHIMENTI

La realizzazione di un rimboschimento o di un imboschimento¹¹ su terreni abbandonati, o non utilizzati, genera un incremento di carbonio nei pool della biomassa e del suolo. In generale, tale accumulo di carbonio avviene fino a che gli alberi raggiungono la maturità e il suolo raggiunge un equilibrio dinamico tra gli input di carbonio (lettiera e rizodeposizione) e output (mineralizzazione della sostanza organica e lisciviazione). L'attività consiste nella realizzazione di un impianto forestale da gestire nelle forme di governo a ceduo o a fustaia, a seconda dell'attitudine della specie e della vocazionalità del luogo. Ciò consentirebbe un aumento degli *stock* di carbonio nei *pool* biomassa (epigea ed ipogea), necromassa (lettiera e legno morto) e suolo, con conseguente aumento dell'assorbimento di CO₂ dall'atmosfera, rispetto al BAU.

Tabella 20. Incremento corrente (Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio – INFC, 2005), densità basale (Federici et al, 2008) e crediti generabili in seguito alla realizzazione di un rimboschimento per le principali tipologie forestali

SPECIE	Incremento corrente m ³ /ha/anno		Densità basale (t/m ³)	CREDITI GENERABILI (t CO ₂ /ha/anno)			CREDITI UTILIZZABILI (t CO ₂ /ha/anno)		
	fustaia	ceduo		BIOMASSA		SUOLO	BIOMASSA		SUOLO
				fustaia	ceduo		fustaia	ceduo	
Abete rosso	5,6		0,4	3,9			1,9		
Abete bianco	8,7		0,4	6,1			3,0		
Pino silvestre	6,0		0,5	5,2			2,6		
Pino nero, pino laricio	3,9		0,5	3,3			1,7		

¹¹Per afforestazione (o imboschimento) si intende la realizzazione di una piantagione forestale effettuata su terreni mai forestati negli ultimi 50 anni; mentre per riforestazione (o rimboschimento) si intende la realizzazione di una piantagione forestale effettuata su terreni che erano coperti da foreste negli ultimi 50 anni.

Pini mediterranei	4,7		0,5	4,6			2,3		
Altre conifere	5,5		0,4	4,3			2,2		
Faggete	5,6	4,3	0,6	6,3	4,8		3,1	2,4	
Rovere, roverella, farnia	3,1	1,8	0,7	3,8	2,2		1,9	1,1	
Cerrete	3,3	2,7	0,7	4,2	3,4		2,1	1,7	
Castagneti	5,5	5,8	0,5	4,9	5,2		2,5	2,6	
Ostrieti, carpineti	3,9	2,5	0,7	4,7	3,0		2,4	1,5	
Boschi igrofilii	11,2	6,1	0,5	10,9	5,9		5,4	3,0	
Altri boschi caducifogli	2,4	3,7	0,5	2,3	3,6		1,2	1,8	
Leccete	4,0	5,0	0,7	5,3	6,6		2,6	3,3	
MEDIA				5,0	4,3	1,1	2,5	2,15	0,55

Potenzialità dell'attività. La realizzazione di un rimboschimento su un terreno privo di copertura vegetale legnosa genera un incremento nell'assorbimento di CO₂ che oscilla in media da 5,4 tonnellate di CO₂/ha/anno per i cedui a 6,1 tonnellate di CO₂/ha/anno per le fustaie, se si considerano entrambi i *pool* biomassa e suolo. Tuttavia, ai fini della garanzia di un approccio conservativo, le attività di preparazione del sito devono prevedere una lavorazione minima del terreno, con realizzazione di piccoli scavi a buche per la messa a dimora delle piante (lavorazione a buche) e solo la metà dei crediti generabili annualmente potrà essere utilizzata, con una quota di incremento nell'assorbimento di CO₂ che oscilla da 2,7 per i cedui a 3,05 tonnellate di CO₂/ha/anno per le fustaie se si considerano entrambi i *pool* biomassa epigea e suolo (Tabella 19).

Leakage. La realizzazione di un rimboschimento su un terreno privo di copertura vegetale legnosa può comportare delle emissioni indirette anche al di fuori dell'area di progetto, dovute ad esempio alla fase di produzione delle piantine (semenzali) o alle operazioni e lavorazioni del suolo per la loro messa a dimora. Pertanto, per garantire un bilancio globale effettivamente positivo in termini di obiettivi di mitigazione, si applica una riduzione del 50% dei crediti utilizzabili, rispetto al quantitativo effettivamente generabile.

Periodo di credito. I crediti di sostenibilità derivanti dalla presente attività progettuale possono essere venduti con cadenza annuale, a partire dalla fine del primo anno di attività dopo essere stati realmente generati. La durata del periodo di credito della presente attività corrisponde a un tempo minimo di 20 anni.

Metodo di calcolo. L'aumento dell'assorbimento di CO₂ generato dall'applicazione di tale attività è misurato applicando le metodologie esistenti (IPCC, 2006d– Eq. 2,10 per la biomassa e 2,25 per i suoli) a dati di incremento corrente (INFC, 2005) e densità basale (Federici et al., 2008) della biomassa epigea e di

incremento di carbonio nei suoli derivati da letteratura (Freibauer et al., 2014). La biomassa ipogea (radici) non viene contabilizzata nell’ottica di un approccio maggiormente conservativo.

Condizioni di applicabilità. Per poter accedere alla presente attività, ai fini del rispetto del principio dell’addizionalità rispetto al BAU, è necessario dimostrare attraverso dati rilevati da ortofoto (o foto) o documentazione equipollente che il nuovo impianto forestale venga realizzato su terreni precedentemente utilizzati come seminativi o pascolo e comunque liberi da una copertura prevalente di vegetazione legnosa perenne (inclusi gli arbusteti), per un periodo di almeno 5 anni.

Piano di monitoraggio. Al fine di verificare l’effettiva azione di mitigazione è necessario predisporre il Piano di Monitoraggio a cadenza annuale, al fine di poter verificare *ex post* e monitorare l’effettiva quantità di emissioni evitate grazie all’applicazione di questa attività sostenibile.

In caso di controllo documentale, si dovrà dimostrare attraverso dati rilevati dimostrare attraverso ortofoto (o foto) o documentazione equipollente il mantenimento del rimboschimento.

Valutazione qualitativa della sostenibilità ambientale, sociale e economica. Oltre a un’azione di mitigazione, in termini di accumulo di carbonio nella biomassa e nel suolo, la realizzazione di nuovi impianti forestali comporta molteplici impatti correlati. Tra gli impatti positivi si evidenzia la maggiore stabilizzazione e consolidamento dei suoli e l’aumento delle riserve idriche grazie ad apparati radicali più profondi; minor disturbo dei suoli in seguito a minori lavorazioni del terreno; aumento della biodiversità. Mentre, tra gli impatti negativi si evidenzia il potenziale rischio correlato all’investimento del capitale iniziale.

Indicatori Ambientali	Effetto valutato (NA=non si rileva effetto)
Utilizzo di prodotti chimici e/o inquinanti	<i>Potenzialmente Positivo</i>
Uso delle terre	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Consumo idrico e tutela della qualità delle acque	<i>Positivo</i>
Erosione e perdita di vitalità dei suoli	<i>Positivo</i>
Biodiversità animale e vegetale	<i>Positivo</i>
Risorse energetiche	<i>Positivo</i>
Rifiuti	<i>Potenzialmente Positivo</i>
Indicatori Sociali:	
Partecipazione pubblica	<i>Potenzialmente Positivo</i>
Mantenimento o creazione di nuovi posti di lavoro	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Produzioni alimentari di qualità	<i>Potenzialmente Negativo</i>
Indicatori Economici:	
Quantità di beni o servizi prodotti	<i>Positivo</i>
Costi per consumi energetici	<i>Potenzialmente Positivo</i>
PIL pro-capite	<i>Potenzialmente Positivo</i>

ANNEX I - QUESTIONARIO

Denominazione aziendale:	Comune _____ Indirizzo _____
Nome del compilatore:	Recapito telefonico del compilatore:
Data:	Note:

I. Sezione generale:

1. Specie allevata in azienda

Opzioni di scelta:
<i>Categoria piccoli e grandi ruminanti</i>
Bovini
Bufalini
Ovini
Caprini
<i>Categoria monogastrici</i>
Suini
Conigli
Cavalli
Galline ovaiole
Polli da carne

II. Piccoli e grandi ruminanti:

1. Attitudine produttiva?

- latte
- carne
- uova

2. Razza prevalente allevata?

Specie allevata	Attitudine produttiva	Razza prevalente
Bovini	Latte	Frisona Bruna Jersey Pezzata rossa Grigio Alpina Valdostana Pezzata Nera Altre razze
	Carne	Piemontese Charolaise Limousine Chianina Romagnola Marchigiana Podolica Maremmana Altre razze
Bufalini	Latte	Bufala
Ovini	Latte	Sarda Comisana Massese Delle langhe Altra razza
	Carne	Bergamasca Appenninica Sopravissana Gentile di puglia Altra razza
Caprini	Latte	Saanen Camosciata Maltese
	Carne	Altra razza

2. Numero di capi femmina adulti? (n°)
3. Si effettua ingrasso dei vitelli? (si/no)
4. Numero di mesi all'anno in cui gli animali hanno accesso al pascolo? (0-12)
5. Quota della mandria che ha accesso al pascolo? (0-100%)
6. Quota di concentrato nella miscelata somministrata ai capi adulti? (0-100%)
7. Quota di concentrato nella miscelata somministrata ai capi da rimonta? (0-100%)
8. Quota di concentrato nella miscelata somministrata ai capi da ingrasso? (0-100%)
9. Utilizzo di inibitori della nitrificazione sui reflui zootecnici? (si/no)
10. Biodigestione anaerobica dei reflui zootecnici? (si/no)
11. Separazione solido-liquido dei reflui zootecnici? (si/no)

III. Suini

1. Colore del mantello della razza prevalente allevata?

Opzioni di scelta
Bianco
Nero
Incrocio: bianco x nero

2. Tipologia di allevamento?

Opzioni di scelta	
Solo riproduzione	Vedi Domanda 4A
Riproduzione + ingrasso	Vedi Domanda 4A
Solo ingrasso	Vedi Domanda 4B

3. Tipologia di gestione?

Opzioni di scelta
Intensivo/industriale
Semibrado
Brado

4.A. Numero di scrofe? (n°; da indicare quando presente la riproduzione)

4.B. Numero di capi totale? (n°; da indicare quando presente l'ingrasso)

6. Utilizzo di inibitori della nitrificazione sui reflui zootecnici? (si/no)

7. Biodigestione anaerobica dei reflui zootecnici? (si/no)

8. Separazione solido-liquido dei reflui zootecnici? (si/no)

IV. Monogastrici

1. Numero di capi adulti allevati? (n.)

V. Dati sulla coltivazione dei terreni per la produzione del foraggio

Superficie totale coltivata per la produzione di foraggio (ettari):

Tipologia di coltura (se presente più di una tipologia di coltura indicare la specie coltivata e la relativa superficie):

Resa (t/ha)

(se presente più di una tipologia di coltura indicare la resa relativa a ciascuna tipologia):

Input utilizzati ad ettaro	Quantità				Inserire unità di misura (es. kg/ha o q.li/ha o ton/ha)
	<i>Compilare una sottocolonna per ogni eventuale tipologia colturale</i>				
<i>Specie:</i>					
Seme (convenzionale)					
Seme (biologico)					
Fertilizzanti - N					
Fertilizzanti - <i>Anidride fosforica</i> (P ₂ O ₅)					
Fertilizzanti - Ossido di potassio (K ₂ O)					
Pesticidi					
Fungicidi					
Erbicidi					
Concimazione organica					
Gasolio agricolo					

6. Dati relativi alla gestione delle stalle

Indicare la tipologia di approvvigionamento energetico per la gestione delle stalle (es. mix energetico nazionale, idroelettrico, fotovoltaico, biogas, altro, etc...):
Consumo energetico totale annuo (kWh) : (indicare un valore medio o quello dell'ultimo anno)

NOTE:

BIBLIOGRAFIA

- Abdalla, M., Hastings, A., Cheng, K., Yue, Q., Chadwick, D., Espenberg, M., Truu, J., Rees, R. M., & Smith, P. (2019). A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity. *Global Change Biology*, 25(8), 2530–2543. <https://doi.org/10.1111/gcb.14644>
- AGEA. (2020). *ISTRUZIONI OPERATIVE N.9 - Oggetto: D.M. 15 gennaio 2015, n. 162 –Fascicolo aziendale - Integrazione alle IO n. 25 del 30 aprile 2015.* <https://www.agea.gov.it/portal/pls/portal/docs/1/7278205.PDF>
- Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A., Ruark, M.D. 2017. Solid-liquid separation of manure and effects on greenhouse gas and ammonia emissions. *Engineering in Agriculture* 17 (3): 343 -354. SustainableDairy.org.
- Aguirre-Villegas, H.A., Larson, R.A., Sharara, M.A. Anaerobic digestion, solid-liquid separation, and drying of dairy manure: Measuring constituents and modeling emission. *Science of the Total Environment*, 696. 134059.
- Almagro, M., de Vente, J., Boix-Fayos, C., García-Franco, N., Melgares de Aguilar, J., González, D., Solé-Benet, A., & Martínez-Mena, M. (2013). Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9535-2>
- Amon, B., Kryvoruchko, V., Amon, T., Zechmeister-Boltenstern, S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112. 153 - 162.
- ARSSA, 2017. Suino nero calabrese, una eccellenza regionale. Scaricabile da: <https://www.arsacweb.it/wp-content/uploads/2017/05/Il-suino-nero-calabrese-1.pdf> (Ultimo accesso, 12 Agosto 2020)
- Battini, F., Agostini, A., Boulamanti, A.K., Giuntoli, J., Amaducci, S. 2014. Mitigating the environmental impacts of milk production via anaerobic digestion of manure: Case study of a dairy farm in the Po Valley. *Science of the Total Environment*, 481. 196 - 208.
- Bayat A., Shingfield K.J., 2012. Overview of nutritional strategies to lower enteric methane emissions in ruminants. *MaataloustieteenPäivät*, 28: 1-7.
- Bonciarelli F. e Bonciarelli U., 2001. Ed. Edagricole, Bologna. ISBN-13: 978-8820633646. Pp 316
- Bouwman A. F., Boumans L. J. M., Batjes N. H., 2002. Modeling global annual N₂O and NO emissions from fertilized fields, *Global Biogeochem. Cycles*, 16(4), 1080, doi:10.1029/2001GB001812
- Calvet, S., Hunt, J., Misselbrook, T.H. Low frequency aeration of pig slurry affects slurry characteristics and emissions of greenhouse gases and ammonia. *Biosystems engineering*, 159. 121 - 132.
- Camera di commercio, 2011. Il comparto suinicolo – Analisi economica. Scaricabile da: https://www.mn.camcom.gov.it/files/Toolbar/comparto_suinicolo_analisi_economica_BMTI.pdf (Ultimo accesso, 12 Agosto 2020)
- Canaveira P., Manso S., Pellis G., Perugini L., De Angelis P., Neves R., Papale D., Paulino J., Pereira T., Pina A., Pita G., Santos E., Scarascia-Mugnozza G., Domingos T., Chiti, T., 2018. Biomass Data on Cropland and

Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet.
<http://www.lifemedinet.com/>

Castaldi S., Alberti G., Bertolini T., Forte A., Miglietta F., Valentini R., Fierro A., 2015. N₂O Emission Factors for Italian Crops, in: *The Greenhouse Gas Balance of Italy. Environmental Science and Engineering*. Eds. Valentini R., Miglietta F. Springer, Berlin, Heidelberg.

Costantini, E. A. C., Antichi, D., Almagro, M., Hedlund, K., Sarno, G., & Virto, I. (2020). Local adaptation strategies to increase or maintain soil organic carbon content under arable farming in Europe: Inspirational ideas for setting operational groups within the European innovation partnership. *Journal of Rural Studies*, 79, 102–115. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.08.005>

CREA – Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, 2017. *La zootecnia in Italia: produzioni, regolamentazione, ricerca, politiche per la qualità e la biodiversità*, vol. LXIX. A cura di Macrì M. C.

CREA – Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, 2015. *Annuario dell'agricoltura italiana 2014*. Vol. LXVIII.

CREA – Consiglio per la Ricerca in agricoltura e l'analisi dell'Economia Agraria, 2016. *Zootecnia italiana e mitigazione dei cambiamenti climatici Analisi delle potenzialità e delle prospettive*. A cura di: Coderoni S., Pontrandolfi A.

CRPA, 1996. *Biogas e cogenerazione nell'allevamento suino. Manuale pratico*. ENEL, Direzione studi e ricerche, Centro ricerche ambiente e materiali. Milano – Italia

CRPA, 2001, *Liquami zootecnici: manuale per l'utilizzazione agronomica*. Edizioni l'Informatore Agrario, Verona, 320 p.

CRPA, 2006[a]. *Progetto MeditAIRaneo: settore Agricoltura. Relazione finale. Technical report on the framework of the MeditAIRaneo project for the Agriculture sector*, Reggio Emilia – Italia.

CRPA, 2006[b]. *Predisposizione di scenari di emissione finalizzati alla progettazione di interventi per la riduzione delle emissioni nazionali di ammoniaca ed alla valutazione di misure e di progetti per la tutela della qualità dell'aria a livello regionale. Final report*. Reggio Emilia – Italy.

CRA-RPS. (2010). *Linee guida per la presentazione della richiesta di inserimento dei fertilizzanti nel "Registro dei fertilizzanti consentiti in agricoltura biologica" da parte delle aziende produttrici*, di cui al D. Lgs. 75/2010.

De Natale F., Floris A., Gasparini P., Scrinzi G., Tabacchi G., Tosi V., 2005. *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio – INFC. Linee generali del progetto per il second inventario forestale nazionale*. MiPAF - Ispettorato Generale del Corpo Forestale dello Stato, CRA-ISAFA, Trento.

Dones R., Bauer C., Bolliger R., Burger B., FaistEmmenegger M., Frischknecht R., Heck T., Jungbluth N. and Röder A. (2007) *Life Cycle Inventories of Energy Systems: Results for Current Systems in Switzerland and other UCTE Countries. Final report ecoinvent data v2.0, No. 5*. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

ECOINVENT V3.8 Database. (2021). ECOINVENT V3.8.

- ENEA, 2008. Energia dalle biomasse. Tecnologie e prospettive. Roma, pp. 135
- Facini O., Georgiadis T., Nardino M., Rossi F., Maracchi G., Motisi A. 2007. Il contributo degli impianti da frutto all'assorbimento della CO₂ atmosferica. *Clima e Cambiamenti Climatici: le attività di ricerca del CNR*, pag 665-668, 2007.
- Federici S., Vitullo M., Tulipano S., De Laurentis R., Seufert G., 2008. An approach to estimate carbon stock changes in forest carbon pools under the UNFCCC: the Italian case. *iForest*, 1: 86-95.
- Franaviglia R., di Bene C., Farina R., Salvati L., & Vicente-Vicente J. L. (2019). Assessing "4 per 1000" soil organic carbon storage rates under Mediterranean climate: a comprehensive data analysis. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24(5), 795–818. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9832-x>
- Freibauer A., Roundsevell M.D., Smith P., Verhagen J., 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122(1): 1-23.
- García-Díaz, A., Marqués, M. J., Sastre, B., & Bienes, R. (2018). Labile and stable soil organic carbon and physical improvements using groundcovers in vineyards from central Spain. *Science of The Total Environment*, 621, 387–397. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.240>
- Hoorman, J. J. (2009). *Using Cover Crops to Improve Soil and Water Quality*.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006a. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 1: Introduction, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. By Paustian K., Ravindranath N.H., van Amstel A.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006b. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 10: Emissions from livestock and manure management, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. by Dong H., Mangino J., McAllister T.A.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006c. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 11: NO₂ emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. by De Klein C., Novoa R.S.A., Ogle S., Smith K.A., Rochette P., Wirth T.C.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006d. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 2: Generic methodologies applicable to multiple Land-Use categories, in Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Eds. by Aalde H., Gonzalez P., Gytarsky M., Krug T., Kurz W.A., Lasco R.D., Martino D.L., McConkey B.G., Ogle S., Paustian K., Raison J., Ravindranath N.H., Schoene D., Smith P., Somogyi Z., van Amstel A., Verchot L.
- IPCC (2007) Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) IPCC, Geneva, Switzerland. pp 104
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

- IPCC, 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- IPCC, 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- ISMEA – Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare, 2018 Rapporto sulla competitività dell'agroalimentare italiano
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, 2018. Part I: Agriculture, in: Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2016. National Inventory Report 2018. A cura di Di Cristoforo E., Cordella M. pp. 179-202
- ISPRA, 2020. Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. National Inventory Report 2020. ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. ISPRA, Rapporti 318/20 ISBN 978-88-448-0993-5. <http://www.isprambiente.gov.it/> (Ultimo accesso, 29 luglio 2020)
- ISPRA-Istituto Superiore Protezione e Ricerca Ambientale 2011 ItalianGreenhouse Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report 2009, Roma. ISPRA Rapporto tecnico 139/2011.
- ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica, 2013. 6° Censimento Generale dell'Agricoltura: Atlante dell'agricoltura italiana. A cura di: Bellini G., Lipizzi F.
- ISTAT – Istituto Nazionale di Statistica, 2018. Agricoltura, zootecnia e pesca. In: *Serie storiche*. Dati consultabili online al sito:
http://seriestoriche.istat.it/index.php?id=1&no_cache=1&tx_usercento_centofe%5Bcategoria%5D=13&tx_usercento_centofe%5Baction%5D=show&tx_usercento_centofe%5Bcontroller%5D=Categoria&chash=e3503d8195dd4231ff53ba078ad5c124
- ISTAT 2017 (b) - Conti nazionali – Conti della branca agricoltura, silvicoltura e pesca – prodotti e voci di costo)<http://dati.istat.it/index.aspx?queryid=25121>ISTAT– Istituto Nazionale di Statistica, 2015. Comunicato stampa anno 2013 – La struttura delle aziende agricole. Consultabile online al sito: <https://www.istat.it/it/archivio/167401>
- ISTAT 2017(a) Consultazione dati in Agricoltura e zootecnia. Dati disponibili al sito agri.istat.it/sag_is_pdwout/jsp/Introduzione.jsp?id=15A|18A|35
- Jungbluth N., Stucki M. and Frischknecht R. (2009) Photovoltaics. Data v2.1 In: Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Energiesystemen und den Einbezug von Energiesystemen in Ökobilanzen für die Schweiz (ed. Dones R.). Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.
- Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0410-x>
- Jungbluth, N., Chudacoff, M., Dauriat, A., Dinkel, F., Doka, G., FaistEmmenegger, M., Gnansounou, E., Kljun, N., Schleiss, K., Spielmann, M., Stettler, C., Sutter, J. 2007: Life Cycle Inventories of Bioenergy. ecoinvent report No. 17, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, CH.

- Laini A., Bartoli M., Castaldi S., Viaroli P., Capri E., Trevisan M., 2011. Greenhouse gases (CO₂, CH₄ and N₂O) in lowland springs within an agricultural impacted watershed (Po River Plain, northern Italy). [Chemistry and Ecology](#), 27 (2): 177-187.
- Lal R., 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304, 1623–1627. <https://doi.org/10.1126/science.1097396>
- Lal R., 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123, 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032>
- Libro bianco 2012. Sfide ed opportunità dello sviluppo rurale per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Ministero delle politiche agricole e forestali. Ed. IMAGO EDITRICE srl. Disponibile online al sito <https://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/5799>
- Loyon, L., Guizoui, F., Beline, F., Peu, P. 2007. Gaseous Emissions (NH₃, N₂O, CH₄ and CO₂) from the aerobic treatment of piggery slurry - Comparison with a conventional storage system. *Biosystems engineering*, 97. 472 - 480.
- Lugato E., Zuliani M., Alberti G., Delle Vedove G., Gioli B., Miglietta F., Peressotti A., 2010. Application of DNDC biogeochemistry model to estimate greenhouse gas emissions from Italian agricultural areas at high spatial resolution. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 546-556.
- MASAF. (2022). *DM 23 dicembre 2022*.
- MASAF. (2023). *DM 30 marzo 2023, n. 185145*.
- Manzi C., Catanese E., Gismondi R., et al. 2015. L'evoluzione delle aziende agricole in Italia: evidenze dall'indagine SPA 2013.
- Martin C., Morgavi D.P., Doreau M., 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4(3): 351-365.
- Mazzetto F, Tavaglini M, Ciarpica F, Unterholzner S, 2012. Consumi energetici e ciclo del carbonio: il caso della mela in frutticoltura. *Frutticoltura e Orticoltura*, n.11 pp 40-50
- Michos M.C., Mamolos A.P., Menexes G.C., Tsatsarelis C.A., Tsiarakoglou V.M., Kalburtji K.L., 2012. Energy inputs, outputs and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional peach orchards. *Ecological Indicators*, 13(1): 22-28.
- Missere, D., 2012. Cresce la densità delle piane: quali le conseguenze. In: I supplementi di agricoltura 51 Pesco, albicocco, susino, ciliegio: sostenibilità energetica ed economica degli impianti, pp. 5-7
- Mostafa, E., Selders, A., Gates, R.S., Buescher, W. 2020. Pig barns ammonia and greenhouse gas emission mitigation by slurry aeration and acid scrubber. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Musacchi S, Gagliardi F., Bucci D, Serra S, 2012. Risultati produttivi su albicocco e ciliegio. I supplementi di Agricoltura. Pesco albicocco susino, ciliegio: sostenibilità energetica ed economica degli impianti. Num 51, pp 12-17
- Musacchi S., Abeti C., Ancarani V., Bucci D., Gagliardi F., Serra S., 2012. Summer pruning of apricot CVS. 'Bora[®]' and 'Carmen Top[®]'. X International Symposium on Integrating Canopy, Rootstock and Environmental Physiology in Orchard Systems 1058. pp. 85-93.

- Nati C., Spinelli R., Spinelli R., Magagnotti P., 2011. Biomassa dalle potature di kiwi Un solo passaggio costa meno. *Terra e Vita, Tecnica e Tecnologia*; n. 26/2011.
- Nemecek T., Kägi T. (2007) Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich and Dübendorf, CH, retrieved from: www.ecoinvent.ch
- NIR. (2022). Italian Greenhouse Gas Inventory 1990 -2020 National Inventory Report 2022.
- Novara, A., Cerda, A., Barone, E., & Gristina, L. (2021). Cover crop management and water conservation in vineyard and olive orchards. *Soil and Tillage Research*, 208, 104896. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104896>
- PAC. (2022). Relazione 2021 sul piano strategico della PAC 1.2.
- Panzacchi P, Tonon G, Ceccon C. et al. 2012. Belowground carbon allocation and net primary and ecosystem productivities in apple trees as affected by soil water. *Plant Soil* 11104-12.
- Panzacchi P., Tonon G., Ceccon C., Scandellari F., Ventura M., Zibordi M., Tagliavini M., 2012. Belowground carbon allocation and net primary and ecosystem productivities in apple trees (*Malus domestica*) as affected by soil water availability. *Plant and Soil*, 360 (1-2): 229-241.
- Poeplau C., Don A., 2015. Carbon sequestration in agriculture soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 200: 33-41.
- Rees R.M., Augustin J., Alberti G., Ball B.C., Boeckx P., Cantarel A., Castaldi S., Chirinda N., Chojnicki B., Giebel M., Gordon H., Grosz B., Horvath L., Juszczak R., Kasimir-Klemedtsson A., Klemedtsson L., Medinets S., Machon A., Mapanda F., Nyamangara J., Olesen J. E., Reay D. S., Sanchez L., Sanz Cobena A., Smith K. A., Sowerby A., Sommer M., Soussana J.F., Stenberg M., Topp C.F.E., van Cleemput O., Vallejo A., Watson C. A., Wuta M., 2013. Nitrous oxide emissions from European agriculture – an analysis of variability and drivers of emissions from field experiments. *Biogeosciences*, 10: 2671-2682.
- Romano R, Giulietti V, 2008. Gli accordi volontari per la compensazione della CO₂
- Rossi, F., Facini, O., Georgiadis, T. and Nardino, M. (2007). Seasonal CO₂ fluxes and energy balance in a kiwifruit orchard. *Italian Journal of Agrometeorology*, 1: 44 - 56
- SINAB. Sistema d'informazione nazionale Sull'agricoltura biologica. In: *Bio in Cifre 2018 Anticipazioni*. <http://www.sinab.it/content/bio-statistiche>
- Sofo A, Nuzzo V, Palese AM, Xiloyannis C, Celano G, Zukowskyj P, Dichio B. 2005. Net CO₂ storage in mediterranean olive and peach orchards. *Scientia Horticulturae* 107 (2005) 17–24
- Sofo A, Palese AM, Xiloyannis C, Montanaro G, Massai R, 2004. Il ruolo della frutticoltura nella mitigazione dell'effetto serra. *L'informatore agrario*, num 44/2004
- Sofo, A., Palese, A., Xiloyannis, C., Montanaro, G. And Massai, R. (2004). L'aumento della CO₂ ambientale e lo stoccaggio del carbonio nei sistemi arborei. *Arboricoltura* 684
- Spielmann, M., Bauer, C., Dones, R., Tuchschnid, M., 2007. Transport Services. e-coinvent report No. 14. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, 2007.
- Triberti L., Nistri A., Giordani G., Comellini F., Baldoni G., Toderi G., 2008. Can mineral and organic fertilization help sequester carbon dioxide in cropland? *European Journal of Agronomy*, 29 (1): 13-20.

RETE RURALE NAZIONALE

Autorità di gestione:

Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste
Via XX Settembre, 20 Roma

www.reterurale.it

redazionerrn@politicheagricole.it

[@reterurale](#)

www.facebook.com/reterurale

Pubblicazione realizzata con il contributo del FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale)
nell'ambito delle attività previste dal Programma Rete Rurale Nazionale 2014-2022