

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI
OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5005261

DOMANDA DI PAGAMENTO 5102981

FOCUS AREA: 5E

Titolo Piano	Modello Metabolico economico/ambientale come strumento per un futuro sostenibile nelle aziende zootecniche da latte per il Parmigiano Reggiano
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA
Elenco partner del Gruppo Operativo	CREA-ING, Treviglio (BG) Azienda Bastardi F.lli Enzo e Villiam Società Agricola S.S. Azienda Società Cooperativa Agricola Stalla Sociale Piazzola di Bibbiano Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte S.S: Società Agricola

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	24
Data inizio attività	01/04/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	14/07/2018

Relazione relativa al periodo di attività dal	01/04/2016	Al 14/07/2018
Data rilascio relazione	14/07/2018	

Autore della relazione	Stefano Pignedoli		
telefono		email	s.pignedoli@crpa.it

Sommario

1 -	DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
1.1	STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO	3
2 -	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	3
2.1	ATTIVITÀ E RISULTATI	3
2.2	PERSONALE	4
2.3	TRASFERTE	4
2.4	MATERIALE CONSUMABILE	4
2.5	SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE	5
2.6	MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	5
2.7	ATTIVITÀ DI FORMAZIONE	5
2.8	COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI	6
3 -	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	6
4 -	ALTRE INFORMAZIONI	6
5 -	CONSIDERAZIONI FINALI	7
6 -	RELAZIONE TECNICA	7

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.

L'obiettivo di questo piano è l'applicazione del modello metabolico all'azienda agricola concepita come un essere vivente ovvero paragonando la vita dell'azienda (metabolismo aziendale) alla vita di un organismo vivente (metabolismo biologico). Un'azienda composta da animali, coltivazioni, macchine e attrezzature agricole che possono essere considerati come organi di un corpo biologico composto da cellule che nascono, vivono e muoiono e che per mantenersi, per lavorare e per produrre hanno bisogno di aria, acqua, materie prime, energia e risorse economiche.

Il piano prevede l'applicazione del modello alle aziende da latte per la produzione di Parmigiano Reggiano (P-R). L'approccio del modello metabolico si è basato su una analisi integrata del bilancio dei gas ad effetto serra, del bilancio energetico, del bilancio idrico e del bilancio economico, al fine di valutare la redditività e l'impatto ambientale complessivo dell'azienda agricola.

Nella prima fase del progetto si è proceduto come da programma allo studio e alla impostazione della metodologia da applicare per il calcolo del modello metabolico. Il progetto prevede infatti il calcolo dell'impronta di carbonio, dell'impronta idrica, del bilancio energetico e del bilancio economico aziendale. L'impostazione metodologica si è quindi basata sulla ricerca dei metodi di calcolo e nella determinazione di alcuni indicatori ambientali utili allo studio e all'analisi.

Dopo una prima ricognizione della letteratura in materia si è proceduto ad adattare la metodologia metabolica al profilo strutturale delle aziende da latte per Parmigiano Reggiano. Ciò ha implicato l'individuazione e quindi la suddivisione dei comparti produttivi aziendali (ad esempio: vegetali e animali) e si sono predisposti specifici sotto-moduli di calcoli secondo lo schema LCA (Life Cycle Assessment), finalizzato alla valutazione degli impatti ambientali e dei flussi energetici.

La metodologia ha seguito i quattro passaggi fondamentali secondo gli standard internazionali LCA:

- definizione degli obiettivi e dei confini del sistema;
- analisi di inventario;
- valutazione degli impatti;
- analisi dei risultati.

I confini del sistema, ossia l'estensione dell'area di applicazione degli input di calcolo, includono tutti gli input di materiali alle aziende (macchine agricole, animali acquistati, foraggi, mangimi, integratori alimentari, fertilizzanti, pesticidi e fitofarmaci, acqua, energia, etc.).

Per quanto riguarda i prodotti in uscita (latte, carne, prodotti vegetali, etc.) i confini si fermano al cancello dell'azienda (from cradle to gate). Non sono state perciò prese in considerazione le fasi di trasporto e trasformazione dei prodotti a valle dell'azienda.

Nel corso del periodo compreso nello stato di avanzamento le aziende partner hanno provveduto alla raccolta dei dati specifici necessari ai calcoli del modello metabolico.

Per la raccolta dei dati (fase di inventario) è stato impiegato un questionario appositamente predisposto.

La struttura generale del questionario è stata disegnata per raccogliere informazioni sui seguenti elementi fondamentali ai fini della predisposizione del modello:

- informazioni generali sull'azienda;
- informazioni sulla produzione zootecnica: consistenza della mandria, indici produttivi, alimentazione, modalità di stabulazione e di gestione degli effluenti, grado di autosufficienza alimentare, etc.;
- informazioni sulla fase di coltivazione: dati produttivi, input e output di energia e materiali relativi alla coltura in esame;
- Informazioni sui costi e sui redditi;

Si è sviluppato un modello di calcolo su foglio elettronico per il calcolo degli indicatori ambientali ed economici. Il foglio elettronico è stato suddiviso in varie sezioni, funzionali al calcolo degli indicatori. Una parte del foglio elettronico è stato predisposto esclusivamente per contenere tutti i dati aziendali che riguardano sia il comparto

zootecnico che quello delle produzioni vegetali, e le informazioni per la produzione del bilancio economico, derivate direttamente dalla metodologia Milk Money. E' stato effettuato il lavoro di calcolo degli indicatori ambientali e l'analisi economica. Per le tre aziende sono stati calcolati i seguenti indicatori: Per i cambiamenti climatici l'impronta di carbonio, per l'uso dei beni l'impronta idrica, per il consumo risorse l'impronta energetica, per l'analisi economica l'indice Bilancio Economico (calcolato con il software Milk Money), per il bilancio energetico l'EROEI (Energy Returned On Energy Invested) e l'indice Metabolico di Sostenibilità Energetica (IMSE) e per finire l'indice di aggregazione MetabolicoEconomico (IME). Sono stati analizzati i risultati ottenuti sia singolarmente nelle tre aziende partner che in generale con lo studio delle medie. Dagli indicatori si evidenzia una sostanziale positività riguardo gli impatti ambientali anche se risulta una forte dipendenza energetica da fonti fossili non rinnovabili. Sono state effettuate delle simulazioni per di valutare quali potrebbero essere le azioni da mettere in atto da parte dell'azienda al fine di ottenere miglioramenti dal punto di vista ambientale. In particolare si è ipotizzato un aumento della digeribilità dell'alimento, l'utilizzo degli effluenti zootecnici per la produzione di biogas, il miglioramento delle rese produttive e azioni di risparmio idrico legati alla ottimizzazione delle irrigazioni. In due aziende, in particolare, si è ipotizzato uno scenario che prevedeva l'installazione di un dispositivo a idrogeno sui motori endotermici delle macchine agricole; in un altro caso soluzioni di risparmio energetico legate principalmente all'utilizzo di un motore elettrico per la preparazione dell'unifeed e alla illuminazione degli ambiente con lampade al led.

Parallelamente agli studi e alle attività di raccolta dati e di analisi è stata effettuata l'attività di divulgazione con la messa in opera del sito web con l'aggiornamento delle fasi di avanzamento. Inoltre sono stati prodotti e pubblicati i due articoli, il videoscribing, il convegno finale, la conferenza stampa finale ed è stato svolto il coaching al personale tecnico prescelto in tutte e tre le aziende partner.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto *	Mese termine attività effettivo
Coordinamento	CRPA Spa		1	1	24	24
Azione 1	CRPA Spa	Studi metodologici	1	1	7	11
Azione 2	CRPA Spa; Az. Bastardi; Coop. Agr. Piazzola; Az. Simonazzi	Raccolta dati	8	4	15	15
Azione 3	CRPA Spa	Valutazione degli impatti	10	13	21	21
Azione 4	CRPA Spa; CREA-Ing	Analisi dei risultati	18	18	24	24
Divulgazione	CRPA Spa		1	1	24	24
Formazione	CRPA Spa		1	8	24	24

* calcolato dal 15 Luglio 2016, data della delibera di approvazione

2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Attività e risultati

Azione	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p>Si è dato avvio alle attività previste dal progetto assegnando ad ogni figura coinvolta gli specifici compiti e i relativi tempi di realizzazione.</p> <p>In particolare al personale del CRPA è stato affidato il compito di coordinamento e controllo tecnico e amministrato, monitoraggio delle attività di progetto e impostazione metodologica. Alle aziende agricole e al CRPA la responsabilità della raccolta dati. Al CRPA e al CREA-Ing la fase di analisi dati. Al CRPA il piano di divulgazione dei risultati della ricerca.</p> <p>Il giorno 4/10/2016 è stata formalmente ed operativamente costituita l'Associazione Temporanea di Scopo (ATS) che sancisce la costituzione formale del gruppo operativo MODELLO METABOLICO. Il documento è stato firmato da tutti i beneficiari alla presenza del notaio</p> <p>Il giorno 10/11/2016 è svolta la prima riunione di Avvio del progetto alla presenza di _____ (CRPA SpA), _____ (CREA-ING) ove è stata illustrata l'impostazione metodologica di avvio del progetto con la presentazione di una prima bozza di questionario e di uno schema per la raccolta dati in azienda e per il calcolo degli indicatori ambientali ed economici previsti dal progetto. Si anche parlato della tempistiche e della suddivisione dei ruoli. In particolare i ricercatori del CREA-ING oltre alla funzione legata alla responsabilità tecnico scientifica potranno dare il loro contributo negli aspetti che riguarderanno gli scenari dei possibili interventi di mitigazione e di ottimizzazione delle produzioni delle aziende coinvolte.</p> <p>Nel corso del progetto il monitoraggio delle attività e le azioni di management operativo si sono svolte attraverso costanti contatti tra i partner in particolare alle tre aziende partner sono stati esposti e valutati insieme i risultati ottenuti dalla ricerca.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da CRPA SpA verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di CRPA SpA, conforme alla norma ISO 9001:2008</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 1	Studi necessari alla realizzazione del piano
Unità aziendale	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p>È stata impostata la metodologia di calcolo dei parametri ambientali ed economici per il calcolo del modello metabolico, in modo da renderlo applicabile alle aziende agricole Partner del progetto. Si è partiti seguendo lo schema LCA per la valutazione degli impatti ambientali e dei flussi energetici, sviluppando il modello in base alle indicazioni dei protocolli messi a punto a livello internazionale.</p> <p>La metodologia per il calcolo degli indicatori ha seguito i quattro passaggi fondamentali sopra richiamati: definizione degli obiettivi e dei confini del sistema, analisi di inventario, valutazione degli impatti, analisi dei risultati.</p> <p>In particolare, per l'impronta di carbonio è stata scelta la metodologia dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), utilizzando i fattori di caratterizzazione IPCC 2013, recentemente aggiornati dall'ente nel V° Assessment Report AR5 (IPCC, CLIMATE CHANGE 2013, The Physical Science Basis), dove si indica che a un 1 kg di metano CH₄ corrispondono 28 kg di CO₂eq (metano biogenico 25.25 kg CO₂eq, metano derivato da materiale organico), e che un kg di protossido di azoto N₂O equivale a 265 kg di CO₂eq.</p> <p>Per il calcolo dell'impronta idrica si utilizzata la metodologia sviluppata da Hoekstra et al. (The water footprint assessment manual 2011) che prevede il calcolo di tre diversi componenti denominate acqua blu, acqua verde e acqua grigia. L'acqua blu si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali; è la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata o vi torna, ma in tempi diversi. L'acqua verde è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapotraspirata per un utilizzo agricolo; si tratta di una componente rilevante per le coltivazioni agricole, che si riferisce all'ammontare totale di acqua piovana evapotraspirata durante il periodo di crescita delle colture. L'acqua grigia rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come il volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni sopra gli standard di qualità.</p> <p>Per la determinazione della quota di acqua verde delle colture aziendali si è utilizzata una procedura adottata per la stima delle piogge evapotraspirate utili sviluppata dal servizio per la conservazione del suolo del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, (USDA - SCS). Per la stima della quota di acqua blu per le colture sono stati immessi i valori effettivi di irrigazione che sono stati erogati nell'annata di riferimento. La componente di acqua grigia si è calcolata calcolerà in funzione della quota di nitrati lisciviati considerati come inquinante di riferimento considerando che la normativa (D.lgs. 31/01) prevede una concentrazione di nitrati nelle acque che fuoriescono dai rubinetti, utilizzati per il consumo umano, non superiore a 50 mg/litro.</p> <p>Per il bilancio energetico si sono rilevati i flussi di energia che entrano in gioco nei processi produttivi aziendali. Sono stati poi applicati dei valori di equivalenza energetica, che consentono di convertire in unità omogenee di energia primaria le quantità di fattori in entrata e di prodotti in uscita, utilizzando come unità di misura dell'energia il Joule (J). Per i dati secondari, non misurabili direttamente, si è fatto ricorso a banche dati internazionali, utilizzando la banca dati Ecoinvent tramite la metodologia CED (Cumulative Energy Demand).</p> <p>Per l'analisi dei dati economici, si è utilizzato il software MilkMoney, strutturato secondo la metodologia sviluppata nel corso degli anni nell'ambito dell'EDF (Associazione Europea Produttori Latte) con il rilievo dei costi diretti, indiretti e dei flussi di cassa per la determinazione bilancio e del costo di produzione. Si sono infine gettate le basi per lo sviluppo di un modello di calcolo su foglio elettronico per il calcolo degli indicatori ambientali ed economici.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi sono stati raggiunti, con lo studio ed il perfezionamento della metodologia.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 2	Raccolta dati
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA Azienda Bastardi F.lli Enzo e Villiam Società Agricola S.S. Azienda Società Cooperativa Agricola Stalla Sociale Piazzola di Bibbiano Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte S.S: Società Agricola
Descrizione delle attività	<p>Per svolgere la raccolta dati è stata approntata una lista di informazioni (contenute nel questionario) necessarie per la raccolta dei dati in azienda al fine raccogliere tutti o parametri da utilizzare per il calcolo degli indici ambientali ed economici previsti dalla metodologia. Vengono di seguito descritte le informazioni principali fornite dalle aziende per l'annata agraria di riferimento.</p> <p>Sono stati presi in considerazione la composizione media della mandria e i principali indici tecnico produttivi caratteristici, quali la produzione di latte e carne, gli acquisti e vendite di animali, la mortalità, il tipo di stabulazione, i consumi energetici, le energie da fonti rinnovabili, i consumi idrici, i trasporti, i rifiuti e altri input (paglia, medicinali, detersivi, disinfettanti).</p> <p>Sono stati compilati i valori relativi alle diverse razioni per le categorie di animali che compongono la mandria e per le principali fasi produttive (vacche in lattazione, vacche in asciutta, manze e vitelle). Si è tenuto conto delle quantità di alimenti distinguendo i prodotti a produzione diretta da quelli di provenienza extraaziendale.</p> <p>Si sono raccolti i dati tecnici relativi alle produzioni vegetali: tipo di coltura, superficie, rese, interventi colturali, macchine agricole, concimazioni, trattamenti con agrofarmaci, irrigazione, sementi.</p> <p>Sono inoltre stati censiti i dati economici, così come richiesto dal sistema di calcolo Milk Money: terreni agricoli, costo capitale fondiario, allevamento e relativi parametri di efficienza tecnica, compravendite, produzioni, fabbricati, stoccaggio deiezioni, macchine agricole semoventi e operatrici, manodopera familiare e dipendente, costi materie prime, costi servizi, costi generali oneri diversi, ricavi, contributi, premi.</p> <p>Tutti i dati sono stati riportati sul questionario in forma cartacea e anche su foglio elettronico. Il personale tecnico aziendale ha provveduto alla raccolta delle informazioni necessarie per il calcolo del Modello Metabolico Aziendale relativo all'annata agraria 2016. I dati tecnici ed economici delle tre aziende partner sono stati consegnati al CRPA (scheda tecnico-economica) per il calcolo degli indici economici ed ambientali. Si sono resi necessari alcuni aggiustamenti di alcuni dati rilevati nei questionari in base a difficoltà di interpretazione di alcuni valori. Le correzioni, che riguardavano comunque piccoli particolari, sono state effettuate in accordo con le aziende coinvolte.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	La raccolta dati è stata completata.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 3	Valutazione degli impatti
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p>I dati e le informazioni per la valutazione degli impatti sono stati inseriti nel foglio elettronico di calcolo. Si è così iniziato e completato il calcolo dell'impronta di carbonio, dell'impronta idrica, del bilancio energetico e del bilancio economico nelle tre aziende partner secondo le metodologie prescelte. Oltre agli indicatori di impronta di carbonio, di impronta idrica, di bilancio energetico e di bilancio economico. Il modello è stato integrato da altri 3 indici di valutazione:</p> <p>L'EROEI (Energy Returned On Energy Invested o Energy Return On Investment), che rappresenta il ritorno energetico sull'investimento energetico, ovvero l'energia ricavata sull'energia consumata; tale coefficiente, riferito a una data fonte di energia, ne indica la convenienza in termini di resa energetica;</p> <p>L'Indice Metabolico di Sostenibilità Energetica (IMSE), basato sulla percentuale di energia rinnovabile prodotta in loco. Questo consente di fornire un'indicazione della sostenibilità energetica connessa al contesto geografico territoriale oltre all'indice R, che misura la percentuale di energia da fonti rinnovabili sul totale dei consumi energetici;</p> <p>L'Indice Metabolico-economico (IME), che è un indice globale di aggregazione nella valutazione della sostenibilità ambientale ed economica basato sul calcolo del costo economico da sostenere per bilanciare l'impatto dei gas serra, l'impronta idrica e il consumo energetico, idrico e energetico. È stato inoltre completato il calcolo dell'analisi economica con l'ausilio del programma Milk Money.</p> <p>Le procedure di valutazione e calcolo di tutti gli indicatori considerati sono state completate in tutte le tre aziende partner. Di seguito sono riportati i risultati medi ottenuti.</p> <p>Emissioni gas serra: 1,186 kg CO₂/kg latte. Emissioni gas serra compreso sequestro: 1,110 kg CO₂/kg latte. Impronta idrica blu: 0,084 m³/kg latte. Impronta idrica verde: 0,766 m³/kg latte. Impronta idrica grigia: 0,169 m³/kg latte. Consumi energetici: 3,602 MJ/kg latte. Costo di produzione: 0,540 €/kg latte. EROEI: 0,818. IMSE: 3,288. Indice R (% energia da fonti rinnovabili) 8,84%. Indice di aggregazione IME positivo per due aziende e negativo per una.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	La valutazione ed il calcolo degli indicatori economici ed ambientali è stata completata in tutte le tre aziende partner.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione 4	Analisi dei risultati
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA IL Crea-Ing Treviglio (BG)
Descrizione delle attività	<p>Il valore di 1,186 kg CO₂eq per kg di latte è in linea con i dati rilevati dai diversi studi nazionali e internazionali sull'impatto della produzione di latte; i valori bibliografici, per paesi con elevate rese produttive, sono compresi tra 0,4 e 1,8 kg CO₂eq per kg latte. Il valore di impronta di carbonio tenendo conto del potenziale sequestro si riduce a 1,11 kg CO₂eq per kg di latte. Per l'impronta idrica abbiamo una media (1.020 l/kg latte) che coincide con il risultato ottenuto da Hoekstra (2010). La media dell'impronta blu delle tre aziende è di 84 l/kg latte, mentre i valori di riferimento sono compresi tra 56 e 98 l/kg. Riguardo al consumo di risorse energetiche da fonti fossili e nucleari come confronto si propone il valore dedotto dalla banca dati Ecoinvent (relativo alla produzione di latte alimentare analizzata in Canada), una tipologia aziendale molto simile alle aziende del nostro progetto. Nel caso canadese risulta un consumo energetico da fonti fossili e nucleare di 3,51 MJ/kg di latte, con un'impronta di carbonio prossimo al valore medio della nostra ricerca di 1,19 kg CO₂eq per kg di latte. Il valore della media del consumo energetico del nostro studio risulta di poco superiore a 3,60 MJ/kg di latte. Il costo netto di produzione si attesta intorno agli 0,54 €/kg di latte. L'indice di aggregazione IME è risultato positivo in due aziende e negativo per un'azienda a causa dei maggiori costi di produzione e di più bassi valori dei prezzi di vendita relativi all'anno di rilevamento. L'indice EROEI risulta inferiore all'unità (media dello 0,818). Nelle tre aziende l'energia prodotta sotto forma di alimenti (latte e carne) non è sufficiente, come prevedibile, a compensare l'energia da fonti fossile e nucleare necessaria alla produzione. Con l'EROEI inferiore a 1 abbiamo una perdita di energia, mentre nel caso di valore superiore a 1 il processo ha un saldo energetico attivo. L'indicatore IMSE presenta un valore medio di 3,288. Più i valori dell'indice sono elevati, più l'azienda dipende da fonti non rinnovabili. In questo caso è difficile avere valori di confronto, ma si può nel complesso considerare buona la percentuale dell'8,84% di energia derivata da fonti rinnovabili. Dagli indicatori si evidenzia una sostanziale positività riguardo agli impatti ambientali analizzati nelle aziende zootecniche, anche se risulta ancora una forte dipendenza da fonti fossili. Questo nonostante le pratiche già messe in atto dalle aziende, come l'installazione di impianti fotovoltaici e il conferimento di parte degli effluenti zootecnici in impianti consortili per la produzione di biogas. Riguardo i possibili interventi di miglioramento, sono state fatte delle simulazioni riguardanti: il miglioramento della digeribilità degli alimenti ottenibile attraverso il miglioramento qualitativo della produzione dei foraggi (diminuzione degli imbrattamenti da terra, riduzione delle perdite nelle fasi di rivoltamento, andatura e raccolta, corretta fase di conservazione, monitoraggio della qualità foraggera attraverso la costante analisi di campione di foraggio); lo sfruttamento degli effluenti zootecnici dal punto di vista energetico, ad esempio con il loro conferimento ad un impianto per la produzione di biogas; ricerca della massima efficienza d'irrigazione con scelta della tempistica e del volume di irrigazione, scelta della tipologia e del corretto uso degli impianti d'irrigazione; miglioramento della efficienza produttiva attraverso il miglioramento della fertilità, l'allungamento della longevità degli animali e la riduzione della mortalità. Il risparmio energetico e in particolare la produzione di energia da fonti rinnovabili (biogas, fotovoltaico) sono misure di indubbia efficacia, che meritano la più ampia diffusione. La digestione anaerobica è la tecnica cui può essere attribuita la maggiore potenzialità di mitigazione degli impatti di gas serra, grazie alle sue prerogative di tecnica win-win: riduzione delle emissioni di metano dallo stoccaggio del liquame, riduzione delle emissioni di CO₂ per la sostituzione dell'energia fossile con energia rinnovabile, aumento della quota di energie rinnovabili. Simulando di utilizzare la totalità degli effluenti prodotti si otterrebbe teoricamente un miglioramento dei valori dell'indice IMSE (da 3,29 a 1,08) con la percentuale di energia rinnovabile che passerebbe dall'8,84 a circa il 50% e -0,07 kg CO₂eq/kg latte. Nel report allegato alla relazione tecnica è descritto nel dettaglio la metodologia, l'analisi dei risultati, le strategie di miglioramento e di mitigazione.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	L'analisi dei risultati è stata completata per tutte le tre aziende partner
Attività ancora da realizzare	Nessuna

Azione	Divulgazione
Unità aziendale responsabile	Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA SpA
Descrizione delle attività	<p>E' stato effettuato il comunicato stampa di avvio delle attività di progetto.</p> <p>Si è sviluppato il sito web dove oltre alla composizione del gruppo operativo vengono descritti i principali obiettivi e gli stati di avanzamento (indirizzo web: http://modellometabolico.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=14707), inoltre sono state attivate le statistiche accessi al sito.</p> <p>E' stato prodotto e pubblicato un primo articolo: "Un futuro sostenibile per i produttori di latte" di S. Pignedoli (Agricoltura n. 7/8 luglio/agosto 2017).</p> <p>E stato prodotto e pubblicato il secondo articolo: "Modello Metabolico per un futuro sostenibile" di S.Pignedoli, P.Rossi, A.Menghi, A.Porcelluzzi (supplemento a L'Informatore Agrario • 28/2018). Anche se non previsti dal piano progettuale sono stati prodotti e pubblicati due articoli che comunque non hanno gravato sul budget progettuale: il primo che parla del progetto: "Dal CRPA di Reggio Emilia – Allevamento da latte sette progetti innovativi" di A. Magnavacchi (Informatore Agrario n.18-2017) e un secondo articolo che parla del progetto: "Come ti misuro la stalla sostenibile" di A. Gamberini (Agronotizie 16/07/2018) pubblicato dopo la conferenza stampa..</p> <p>Gli articoli sono disponibili sul sito del progetto.</p> <p>E' stato prodotto nel sito il video scribing descrittivo delle attività del progetto, il video è disponibile sul sito del modello metabolico ed è scaricabile direttamente al seguente indirizzo: http://modellometabolico.crpa.it/ngcontent.cfm?a_id=17292.</p> <p>Venerdì 22 giugno 2018 al Tecnopolo di Reggio Emilia si è svolto il Convegno Finale del progetto dal titolo "Modello Metabolico: uno strumento innovativo per progettare il futuro sostenibile delle aziende zootecniche da latte" Sono stati quattro gli interventi: Introduzione Misura 16 del PSR 2014-2020 I Gruppi Operativi per l'innovazione Regione Emilia-Romagna (Patrizia Alberti, D.G. Agricoltura caccia e pesca, Regione Emilia Romagna; Modello Metabolico, prototipo di un modello diagnostico predittivo (Stefano Pignedoli CRPA); Efficienza energetica e produzione di energia da fonte solare per gli allevamenti (Paolo Rossi CRPA); Biogas da effluenti zootecnici, una risorsa per l'economia circolare (Claudio Fabbri CRPA). Le presentazioni sono disponibili sul sito del progetto.</p> <p>Si è svolta la conferenza stampa in modalità on-line con la presentazione delle caratteristiche principali del progetto alla presenza di 3 giornalisti del settore.</p> <p>In merito alle attività di formazione, si sono svolte e concluse, in tutte le tre aziende, le fasi del coaching previsto dal progetto (Introduzione alla LCA, applicazione delle metodologie nella realtà aziendale).</p> <p>Riguardo il collegamento con le reti PEI l'azienda Bastardi, che partecipa a questo GO, è entrata a far parte, della rete europea delle aziende pilota innovative previste da EuroDairy (allegato MOU AZIENDA FRATELLI BASTARDI.pdf)</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Il piano di lavoro non si è discostato dagli obiettivi previsti
Attività ancora da realizzare	Nessuna.

2.2 Personale

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo (EUR)
CRPA-	Ricercatore Senior	AZIONE 3: Valutazione degli impatti	456	15.832,32
	Responsabile area	AZIONE 3: Valutazione degli impatti	128	4.913,92
	Responsabile di Settore	AZIONE 3: Valutazione degli impatti	44	1.969,44
	Ricercatore Senior	AZIONE 4: Analisi dei risultati	80	2.777,60
	Amministrativo	COOPERAZIONE: responsabile attività amministrativa	22	876,70
	Ricercatore Junior	COOPERAZIONE: supporto attività di coordinamento organizzativo	82	1.424,34
	Tecnico senior	DIVULGAZIONE: supporto attività redazionali	35	951,65
CREA-	Ricercatore	AZIONE 4: Analisi dei risultati e valutazione – Responsabile scientifico	47	2.177,51
	Ricercatore	AZIONE 4: Analisi dei risultati - esperto produzioni zootecniche	109	2.754,93
			Totale:	33.678,41

2.3 Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	20-02-2018 : Consegna documentazione progetto rimborso kilometrico auto propria (km 30) RE-Bagnolo in Piano - RE	9,30
	08-03-2018 : Inserimento documenti SIAG per rendicontazione intermedia rimborso kilometrico auto propria (km. 65) RE - Montecchio - Bibbiano - RE	20,13
Totale:		29,43

2.7 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, pesa e importo del contributo richiesto

Come attività di formazione è stato svolto il Coaching personalizzato al personale delle tre aziende Partner, l'attività era basata sulla "ID Proposta Catalogo Verde 5005399" la quale è suddivisa in tre moduli: 1 Introduzione alla LCA, 2 Applicazione delle metodologie nella realtà aziendale, 3 Analisi dei risultati verifica.

Azienda partner: Azienda Bastardi F.lli Enzo e Villiam Società Agricola S.S.

Azienda partner: Azienda Società Cooperativa Agricola Stalla Sociale Piazzola di Bibbiano.

Azienda partner: Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte S.S: Società Agricola.

Alla fine del corso di Coaching è stato svolto il test di valutazione. Verbali e test in allegato.

Il contributo richiesto è stato di euro 99,20 + 21,82 (IVA 22%) per singola azienda

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Totale:			

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
NOWHERE SRL		1880,00 eur +IVA	servizio di realizzazione videoscribing - tecnica digitale + voice-over	1.880,00
Fondazione REI		290,00 eur + IVA	Affitto spazi presso il Tecnopolo del 22/06/2018	290,00
Totale:				2.170,00

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	Una criticità è data dal fatto che non esiste ancora un quadro certo e definito rispetto al concetto di sostenibilità riguardo gli indicatori che possano dare certezze inconfutabili, e di conseguenza quali strade percorribili per raggiungerla. Questa indeterminazione non influenza comunque l'impostazione metodologica di calcolo, che ha seguito generalmente regole internazionali ufficialmente riconosciute.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	La gestione amministrativa dei progetti ricadenti sotto questa Misura si è rivelata più complessa di quanto inizialmente previsto. Questo è dovuto ai numerosi adempimenti, soprattutto ai fini della rendicontazione, e alla necessità di affiancare le aziende agricole in questo processo. Ciò sta comportando un impegno maggiore in termini di ore lavorate da parte del personale dell'ente coordinatore.
Criticità finanziarie	

4 - Altre informazioni

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

In questa sezione viene riportato il risultato degli indicatori di risultato previsti nel piano progettuale in particolare riguardo gli aspetti relativi alla divulgazione: il sito web è stato visitato da 377 utenti dei quali 86,9% da pc, 10,8% da mobile e 0,3% da tablet; sono stati pubblicati 2 articoli, il primo nella rivista Agricoltura (36.000 abbonamenti) e il secondo dal supplemento Stalle da Latte dell'informatore Agrario (12.500 abbonamenti); Al convegno finale hanno partecipato 29 persone; è stato inviato il comunicato stampa a 251 riviste di settore; hanno partecipato alla conferenza stampa 3 operatori dell'informazione.

Riguardo i miglioramenti ipotizzati sugli impatti ambientali le differenze in ordine all'impronta di carbonio riguardano principalmente a riduzione media del 5% con l'utilizzo degli effluenti per la produzione di biogas, un calo di quasi il 2% ottenuto con una migliore digeribilità degli alimenti, il 4% di riduzione aumentando le rese produttive. Per l'impronta idrica è stato calcolato una riduzione del 7% della frazione di acqua blu con l'ottimizzazione delle irrigazioni e una riduzione di poco inferiore al 4% ottenuta con un aumento delle rese.

La differenza nei flussi energetici vien evidenziata soprattutto nello scenario che prevede lo sfruttamento del biogas con l'EROEI che in questo caso risulta maggiore di 1 indice di un'azienda agricola che può produrre più energia di quella consumata per le sue produzioni nel nostro caso latte e carne e con il coefficiente R dell'indice IMSE del 53,5% di energie rinnovabile in rapporto al consumo totale di energia primaria. Anche l'indice di aggregazione IME risulta essere positivo con il biogas anche nell'unica azienda che nella situazione reale ex-ante risultava negativa. Il biogas consente inoltre un miglioramento del bilancio economico aziendale che mette al riparo dagli spesso imprevedibili andamenti dei mercati infatti nel caso di utilizzo di tutti gli effluenti per la produzione di biogas, considerando la media delle tre aziende si otterrebbe teoricamente una produzione di circa 0,33 kWh/kg di latte con una riduzione del costo di produzione media di circa 0,06 €/kg di latte.

5 - Considerazioni finali

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

6 - Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale

Per questa sezione si rimanda alla relazione tecnica di dettaglio allegata (5102981_Allegato_Relazione tecnico-scientifica.pdf) ove sono descritte estensivamente gli obiettivi, la metodologia e i risultati ottenuti.

Data ...1.0.SET.2018.



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

Progetto Modello Metabolico

***Modello Metabolico economico/ambientale come strumento
per un future sostenibile nelle aziende zootecniche da latte
per il Parmigiano Reggiano.***

*OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA
SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"*

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5005261

DOMANDA DI PAGAMENTO: 5102981

FOCUS AREA: 5E

Relazione tecnico-scientifica

Sommario

1	Premessa	5
2	Sintesi dello stato dell'arte della ricerca nel settore considerato	6
3	Piano di lavoro , metodologie.....	7
4	Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione	7
4.1	Obiettivo dello studio	7
4.2	Campo di applicazione.....	7
4.3	Le funzioni del sistema	7
4.4	L'Unità funzionale.....	7
4.5	I confini del sistema	8
4.6	Allocazione.....	9
5	Aziende agricole partner del progetto	10
5.1	La provenienza dei dati.....	10
5.2	Dimensionamento della mandria	11
5.3	Inventario	11
6	Metodologia per il calcolo delle emissioni di gas serra negli allevamenti bovini da latte	14
6.1	Tipi di impatto e metodologia LCA per carbon foot print	14
6.2	Emissioni enteriche	14
6.3	Emissioni di CH ₄ dalla gestione delle deiezioni.....	15
6.4	Emissioni dirette di N ₂ O.....	15
6.4.1	Emissioni indirette di N ₂ O.....	16
6.5	Emissioni dirette di NH ₃ e di NO dai sistemi di gestione delle deiezioni.....	17

6.6	Metodologia per il calcolo delle emissioni di gas serra per le produzioni vegetali.....	18
6.6.1	Macchine agricole.....	19
6.6.2	Sementi, concimi, agrofarmaci.....	20
6.7	Sequestro del carbonio.....	23
6.8	Materiali diversi, trasporti, rifiuti	30
7	Metodologia WATER FOOT PRINT.....	31
7.1	Sistemi di calcolo adottati.	33
8	Metodologia per il bilancio dei flussi energetici.....	35
8.1	Elenco dei principali processi utilizzati nello studio (software Simapro)	37
9	Metodologia del bilancio economico	39
10	Indici di valutazione ambientale e Indice metabolico-economico (IME)	41
10.1	Indice impronta di carbonio	41
10.2	Indice impronta idrica.....	42
10.3	Indice bilancio energetico	42
10.4	Indice bilancio economico	43
10.5	Indice metabolico-economico	43
11	Strategie di miglioramento e di mitigazione degli impatti.....	46
12	Descrizione delle aziende	47
13	Risultati.....	53
14	Azienda 1	53
14.1	Impronta di carbonio.....	53
14.2	Impronta idrica	55
14.3	Bilancio energetico.....	56
14.4	Bilancio economico.....	58
14.5	Indice MetabolicoEconomico:.....	59
14.6	Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.....	60
15	Azienda 2	63

15.1	Impronta di carbonio.....	63
15.2	Impronta idrica	65
15.3	Bilancio energetico.....	66
15.4	Bilancio economico.....	68
15.5	Indice Metabolico-Economico:.....	70
15.6	Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.....	71
16	Azienda 3	74
16.1.1	Impronta di carbonio.....	74
16.1.2	Impronta idrica	76
16.1.3	Bilancio energetico.....	77
16.1.4	Bilancio economico.....	79
16.2	Indice Metabolico-Economico:.....	80
16.3	Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.....	81
17	Conclusioni	84
18	Riferimenti bibliografici	89

1 Premessa

L'agricoltura ha da sempre svolto un ruolo fondamentale per la vita degli uomini sulla terra. E' stata ed è ancora oggi la base per lo sviluppo delle civiltà e continua a influenzare con i suoi cicli e con i suoi cambiamenti la storia umana. In passato, al contrario di oggi, almeno per le nazioni industrializzate, l'economia era basata principalmente sull'agricoltura, che impiegava la maggior parte della forza lavoro. Oggi l'agricoltura si basa sempre di più sull'immissione di energia esterna al sistema, sotto forma di macchine agricole, combustibili, concimi, agrofarmaci, genetica, fonti energetiche diverse ecc. E' l'agricoltura intensiva, che garantisce alti livelli produttivi, ma che può presentare problemi di sostenibilità ambientale.

Il fattore economico, poi, risulta ancora decisivo per lo sviluppo del comparto agricolo, in quanto deve, per forza di cose, mantenere adeguati livelli di reddito per garantire la continuità produttiva. La sostenibilità è considerata una prerogativa essenziale per garantire la stabilità di un sistema.

Secondo una definizione elaborata dalla FAO nell'ambito dell'iniziativa SARD (Support to Agriculture and Rural Development) "l'agricoltura sostenibile è un'agricoltura che non mira solo a garantire la sicurezza alimentare, attraverso una maggiore produzione, ma aiuta gli agricoltori a soddisfare le loro aspirazioni socio-economiche e culturali e a proteggere e conservare le risorse naturali per soddisfare le esigenze future".

La sostenibilità ambientale e quella economica sono considerate una prerogativa essenziale per garantire la stabilità di un sistema produttivo. Sostenibilità economica intesa come capacità di generare reddito e lavoro per il sostentamento della popolazione; sostenibilità ambientale intesa come capacità di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali.

Con queste premesse si è pensato di sviluppare un modello in grado di quantificare e legare insieme alcuni tra i principali impatti ambientali, quali i cambiamenti climatici e i consumi idrici, con il bilancio aziendale. È stata dunque sviluppata una metodologia che consente di valutare dal punto di vista ambientale ed economico la vita e le produzioni di alcune aziende zootecniche che conferiscono il latte per la trasformazione nel formaggio Parmigiano Reggiano (d'ora innanzi indicato come PR).

Come metodologia utile e innovativa per affrontare questo problema è stato proposto il modello metabolico applicato a un sistema agricolo.

Questa metodologia è stata ideata e applicata al sistema urbano da Wolman (1965), per analizzare le direzioni dei vari flussi di energia, acqua, sostanze nutrienti, materiali, rifiuti, quantificare le entrate, le uscite e le parti immagazzinate nelle città.

In questo studio l'approccio del modello metabolico è stato applicato alle tre aziende agricole partner del progetto, basandosi su un'analisi integrata del bilancio dei gas a effetto serra, del bilancio energetico, del bilancio idrico e del bilancio economico, al fine di valutare la redditività e l'impatto ambientale.

2 Sintesi dello stato dell'arte della ricerca nel settore considerato

Il concetto di modello metabolico, formulato per la prima volta da Abel Wolman (1965), è stato applicato alla città, introducendo l'analogia tra il sistema urbano e il metabolismo degli organismi viventi. Il sistema comprende una fase di immissione di risorse (energia, materiali, denaro) e una fase di emissioni di rifiuti e tra queste due fasi si colloca la produzione. Così come ogni essere vivente "vive" perché assorbe dall'esterno gas, acqua e materiali che vengono metabolizzati fino a diventare scorie e rifiuti, allo stesso modo può essere visto un sistema urbano come un essere vivente in cui si possono misurare le unità fisiche di massa e di energia. Dalla misura di tali flussi appare che anche la città, come qualsiasi ecosistema, possiede una "capacità ricettiva — o carrying capacity — limitata nei confronti dei fenomeni vitali che si svolgono al suo interno" (Nebbia, 2001).

L'importante è adoperare metodi complessi per comprendere appieno il rapporto tra la sostenibilità economica e quella ambientale dei sistemi agricoli. La difficoltà di applicare un'analisi integrata di tipo multi-scala agli eco-sistemi agricoli è già stata affrontata (Giampietro, 2004). Il medesimo autore (Giampietro et al. 2013) analizza i flussi energetici applicati alle attività umane per un futuro sostenibile.

Il settore zootecnico da latte è stato oggetto di analisi del rapporto tra sostenibilità economica e sostenibilità ambientale in alcune ricerche recenti come ad esempio il rapporto tra il bilancio economico e ambientale calcolato con il metodo LCA ed analizzato in 119 aziende specializzate da latte (Thomassen et.al. 2009). Per raggiungere un'elevata sostenibilità economica e ambientale le aziende devono perseguire un'elevata produzione di latte per vacca, un uso efficiente di mangimi per chilogrammo di latte e una moderata densità di bovini per ettaro. L'applicazione di questa strategia fa ridurre la produzione di energia e gas serra per unità di latte, ma fa aumentare l'eutrofizzazione e la potenziale acidificazione.

Numerose sono le stime dell'impronta di carbonio del latte bovino (Rotz, et.al, 2010; Capper et.al, 2009). Tuttavia, la complessità dell'eco-sistema "allevamento da latte" viene evidenziata dall'incertezza della stima delle emissioni di CO₂ e di N₂O per chilogrammo di latte, dovuta alla difficoltà di comprendere appieno il processo della fermentazione enterica e l'entità di volatilizzazione dell'ammoniaca dal suolo (Flysjö et.al. 2011).

L'impronta idrica o water footprint (WF) dei prodotti della zootecnia intensiva è notevolmente peggiore rispetto ai prodotti vegetali e ai sistemi zootecnici, dove l'allevamento basato sul pascolo utilizza meno acqua rispetto ai sistemi indoor (Mekonnen & Hoekstra, 2012). È stato accertato che nelle aziende zootecniche da latte il consumo dell'acqua per unità di latte misurato mediante l'impronta idrica si è ridotto nel tempo grazie ad una maggiore produzione di latte per vacca e a sistemi di alimentazione più efficienti (Drastig et al, 2010). Tuttavia, anche in questo caso la metodologia dell'impronta dell'acqua non riesce a cogliere completamente la complessità dell'eco-sistema (Hoekstra, 2012).

3 Piano di lavoro , metodologie

L'obiettivo dello studio è di impostare un modello ispirato al modello metabolico di Wolman ed applicato ad aziende zootecniche da latte per PR, quantificando le emissioni di gas serra, l'impronta idrica, i flussi energetici e calcolando il bilancio aziendale per la valutazione della sostenibilità economica/ambientale secondo il seguente schema temporale:

- sviluppo della metodologia di calcolo dell'analisi metabolica applicata all'azienda zootecnica da latte del comprensorio del PR;
- calcolo dell'impronta di carbonio, dell'impronta idrica, dei consumi energetici e del bilancio economico nelle tre aziende partner del progetto descritte nel paragrafo 5;
- valutazione delle performance economiche e ambientali, con la identificazione delle fasi di maggior costo, delle fasi produttive a maggior impatto ambientale e dei possibili interventi per il miglioramento dei parametri e la mitigazione degli impatti.

Gli impatti, cioè la quantificazione delle emissioni dei gas effetto serra, dei fabbisogni idrici e dei flussi energetici delle aziende agricole partner del progetto, sono stati misurati nell'arco di un intero ciclo colturale (annata 2016) dell'unità aziendale.

4 Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione

4.1 Obiettivo dello studio

Calcolare gli impatti ambientali (impronta di carbonio e impronta idrica) mediante l'applicazione dell'analisi LCA (norme ISO 14040-14044:2006, 14046:2014), e definire i fabbisogni energetici e i costi relativi alla produzione di latte destinato alla trasformazione in PR in aziende zootecniche reali.

4.2 Campo di applicazione

Azienda agricola zootecnica.

4.3 Le funzioni del sistema

La caratteristica prestazionale aziendale è rivolta alla produzione di latte in aziende di bovine per la trasformazione in PR.

4.4 L'Unità funzionale

Il sistema è stato analizzato nel complesso sia come entità singola, che emette una certa quantità di gas serra (kg CO₂eq/anno), ha una sua impronta idrica (m³ H₂O/anno), ha un suo bilancio energetico (MJ/anno) ed economico (€/anno) in funzione delle sue specifiche produzioni nell'arco temporale di un anno, sia con riferimento alle unità funzionali per le diverse produzioni (latte,

carne). L'azienda bovina da latte produce e vende, oltre al latte medesimo, la carne delle vacche a fine carriera e dei vitelli maschi.

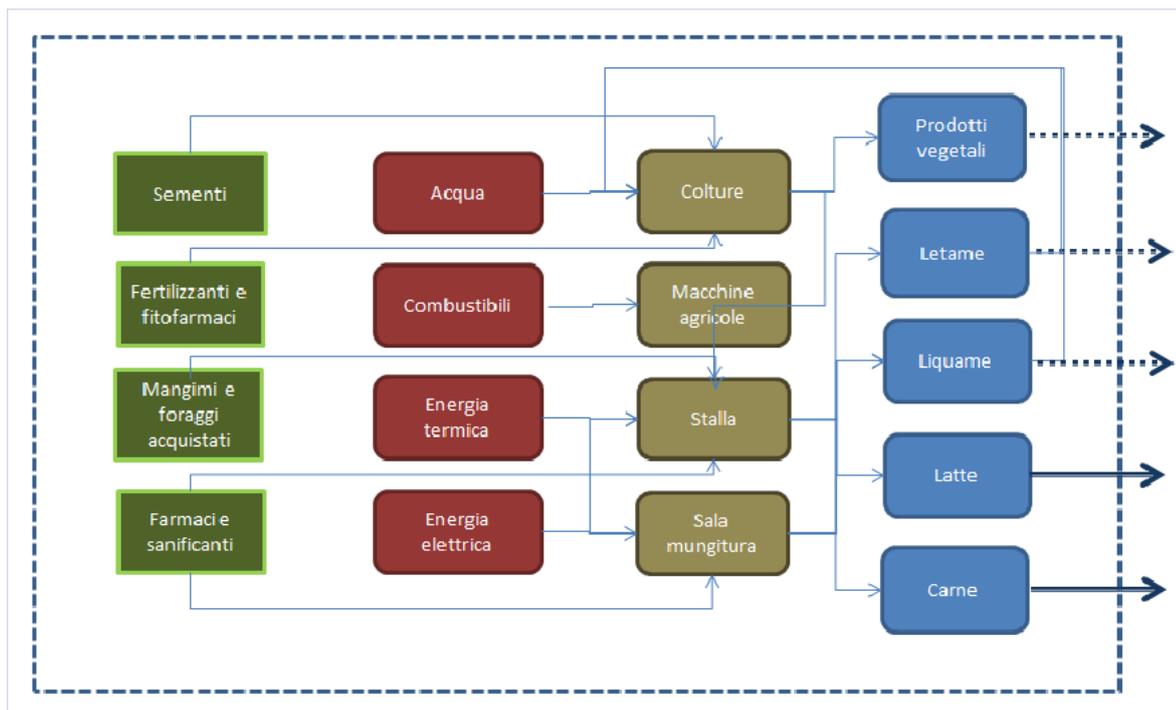
- kg CO₂eq per 1 kg latte; m³ H₂O per 1 kg latte; MJ per 1 kg latte;
- kg CO₂eq per 1 kg carne; m³ H₂O per 1 kg carne; MJ per 1 kg carne.

4.5 I confini del sistema

In considerazione degli obiettivi dello studio, il sistema riguarda tutti i flussi di materiali, di energia e di trasporti relativi alle produzioni aziendali.

I confini del sistema analizzato hanno incluso tutti gli input di materiali necessari alla produzione (sementi, fertilizzanti, agrofarmaci, mezzi tecnici, acqua, energia ecc.) e si sono fermati al cancello dell'azienda (from *cradle-to-gate*). Non sono state considerate le fasi di trasporto e trasformazione dei prodotti a valle dell'azienda agricola (Figura 1).

Figura 1



Nel caso dell'analisi riferita alle unità funzionali *1 kg latte* e *1 kg carne*, il sistema include la sola fase di coltivazione dei terreni su cui vengono prodotti gli alimenti destinati all'alimentazione del bestiame. Pertanto, l'azienda zootecnica comprensiva dei terreni è la base per il calcolo del modello metabolico sviluppato sull'analisi del ciclo di vita nell'anno di riferimento.

4.6 Allocazione

L'azienda bovina da latte produce e vende, oltre al latte medesimo, la carne delle vacche a fine carriera e dei vitelli maschi, oltre a possibili vendite di bovini di altre categorie (manzette e manze da rimonta eccedentarie rispetto ai fabbisogni aziendali). Inoltre, potrebbe essere presente una certa quantità di produzioni vegetali non destinate all'alimentazione animale.

Occorre quindi allocare gli impatti, suddividendoli fra latte, carne e produzioni vegetali. I criteri di allocazione sono numerosi e possono essere stabiliti sulla base di relazioni fra parametri che individuino alcune delle proprietà caratteristiche (fisiche, biologiche) dei prodotti. Ad esempio, nel caso di prodotti alimentari, può essere utilizzata la quantità di proteine o il contenuto energetico. Un'ulteriore possibilità, utilizzata quando non sia facilmente individuabile un indice comune fra i prodotti, è l'allocazione economica (European Commission JRC: ILCD Handbook: 2010). Quest'ultimo criterio ha il difetto di essere influenzato da aspetti congiunturali variabili nel tempo, ma ha il pregio di consentire il trattamento di prodotti che non hanno intrinseci parametri comuni di confronto. In pratica viene attribuito il valore economico dei diversi beni prodotti e, sulla base del valore dell'ammontare delle diverse entrate, si ripartiscono percentualmente i valori degli impatti.

Nel presente studio, pur analizzando il complesso aziendale nella sua interezza, si è dato maggior peso ai prodotti principali in uscita dell'azienda zootecnica, cioè il latte e la carne. Quindi, per l'allocazione fra latte e carne, è stato impiegato l'approccio proposto da International Dairy Federation (FIL - IDF, 2015), volto ad armonizzare le metodologie nella valutazione dell'impronta del carbonio della produzione di latte. Viene qui considerato preferibile un criterio di allocazione fisica fra carne e latte (ossia basato sul peso dei prodotti), che permette di ripartire gli impatti fra le due produzioni. La percentuale di impatto da attribuire al latte viene calcolata utilizzando l'equazione seguente:

$$AF_L = 1 - 6,04 \times R$$

dove:

AF_L = fattore di allocazione per il latte (adimensionale), ovvero percentuale dell'impatto complessivo da attribuire al latte;

6,04 = numero ricavato empiricamente dalla elaborazione di dati aziendali provenienti da 536 aziende da latte;

$$R = M_{carne}/M_{latte}$$

M_{carne} = somma del peso vivo di tutti gli animali venduti (kg)

M_{latte} = latte venduto (kg), espresso come FPCM (Fat-Protein Corrected Milk): cioè come produzione corretta per percentuale di grasso e di proteine secondo la formula per il calcolo del

latte standard FPCM (Fat-Protein Corrected Milk) ottenuta da International Dairy Federation (IDF, 2010):

$FPCM (kg/a) = \text{produzione (kg/a)} \times (0.1226 * \% \text{ grasso} + 0.0776 * \% \text{ proteina} + 0.2534)$

Per l'allocazione dei prodotti vegetali si è scelto il criterio economico. I prodotti vegetali venduti, in genere, sono una parte modesta del reddito complessivo aziendale, per cui l'eventuale influenza dei fattori congiunturali legati agli andamenti del mercato risulta trascurabile.

5 Aziende agricole partner del progetto

La sperimentazione ha previsto un'analisi puntuale di ogni azienda partner aderente all'ATI (Associazione temporanea d'impresa); sono stati esaminati le caratteristiche morfologiche e strutturali dell'azienda, i piani colturali, le dotazioni aziendali (strutture, impianti e macchine), le produzioni e le consistenze di stalla. Ciò ha reso possibile la valutazione della produzione di CO₂, del consumo idrico e dei fabbisogni energetici relativi alle operazioni e ai processi produttivi per un intero ciclo colturale, unitamente al calcolo del bilancio economico.

Le aziende agricole partner del progetto sono le seguenti:

1. Azienda Bastardi F.lli Enzo e Villiam Società Agricola S.S.

Azienda agricola zootecnica con 100 ettari di SAU, che alleva bovini da latte, di cui 120 vacche. Il latte è destinato alla produzione di PR.

2. Azienda Società Cooperativa Agricola Stalla Sociale Piazzola di Bibbiano

Azienda agricola zootecnica con 50 ettari di SAU, che alleva bovini da latte, di cui 400 vacche. Il latte è destinato alla produzione di PR.

3. Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte S.S: Società Agricola

Azienda agricola zootecnica con 200 ettari di SAU, che alleva bovini da latte, di cui 135 vacche. Il latte è destinato alla produzione di PR.

5.1 La provenienza dei dati

Sono stati raccolti i dati primari provenienti dalle aziende, relativi all'annata 2016.

Per la raccolta dei dati (fase di inventario) si sono impiegati questionari appositamente predisposti con l'obiettivo di identificare gli elementi specifici necessari al calcolo del modello. La struttura generale del questionario prevede i seguenti punti fondamentali:

- informazioni generali sull'azienda (denominazione, localizzazione, zona altimetrica);
- informazioni sulla produzione zootecnica: consistenza della mandria, indici produttivi, alimentazione, modalità di stabulazione e di gestione degli effluenti, grado di autosufficienza alimentare ecc.;

- informazioni sulla fase di coltivazione: dati produttivi, input e output di energia e materiali relativi alla coltura in esame;
- informazioni sui costi e sui redditi.

Per i dati secondari si è fatto riferimento principalmente alla banca dati LCA Ecoinvent, v.3, e per l'elaborazione dei dati il codice di calcolo SimaPro (versione 8.4.0.0).

5.2 Dimensionamento della mandria

Il dimensionamento della mandria è stato effettuato in base ad alcuni parametri caratteristici, quali:

- vacche in lattazione;
- vacche in asciutta;
- manze gravide;
- manze vuote (oltre 1 anno);
- vitelli/manzette da 4 a 12 mesi;
- vitelli fino a 4 mesi;
- vitelli da ingrasso;
- tori;
- età al primo parto (mesi);
- interparto medio d'allevamento (d);
- numero medio parti/carriera per vacca;
- durata media carriera vacca (mesi);
- durata media fase lattazione (d);
- durata media fase asciutta (d);
- grasso del latte (%);
- proteine totali del latte (%).

Sono stati rilevati anche il numero di vacche riformate e il numero di vitelli maschi venduti dopo lo svezzamento, al fine di quantificare il peso della carne venduta.

5.3 Inventario

Questa fase comprende la raccolta dei dati e i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare i tipi di interazione che il sistema in studio ha con l'ambiente.

L'analisi d'inventario costituisce il nucleo centrale e più impegnativo, in termini di tempo e di risorse necessarie, di uno studio di LCA.

Sono stati inclusi nei confini del sistema i seguenti input/output e osservate le seguenti metodologie operative:

- la produzione dei mezzi tecnici impiegati (mangimi e integratori alimentari, foraggi acquistati, lettieri, carburanti e lubrificanti, detergenti, sanificanti, farmaci) e dei loro imballaggi e degli animali acquistati;

- i consumi di carburante relativi al trasporto in azienda dei mezzi tecnici, dall'ultimo fornitore presso cui si serve abitualmente l'azienda agricola;
- la coltivazione dei foraggi e delle materie prime autoprodotti in azienda, includendo gli impatti dovuti alla produzione e applicazione dei fertilizzanti, alla utilizzazione agronomica degli effluenti d'allevamento e/o dei digestati, alla produzione e consumo di carburanti per le operazioni di campagna;
- le emissioni enteriche di CH₄, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione IPCC 2013;
- le emissioni di CH₄ dalla gestione delle deiezioni, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione IPCC 2013;
- le emissioni dirette di N₂O dalla gestione delle deiezioni, stimate secondo la metodologia e i fattori di emissione di IPCC 2013. Per il valore di N escreto si adottano i fattori di escrezione riportati nel Regolamento regionale gennaio 2016, N.1 della Regione Emilia-Romagna; le emissioni indirette di N₂O dalla gestione delle deiezioni vengono stimate utilizzando la metodologia IPCC 2006, che considera le emissioni indirette di N-N₂O pari al 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di N-NH₃+N-NO, che si generano sia nella fase di ricovero degli animali che in quella di stoccaggio degli effluenti;
- i consumi di energia relativi alle operazioni di stalla;
- i consumi idrici relativi alle operazioni di stalla;
- i rifiuti e il loro scenario di smaltimento (discarica, riciclaggio, incenerimento). Gli animali morti in stalla vengono assimilati a rifiuti, per i quali è necessario lo smaltimento;
- gli effluenti di allevamento utilizzati su terreni extra-aziendali vengono considerati alla stregua di residui destinati al riciclo, assegnando ad essi il solo impatto dovuto al trasporto all'utilizzatore, ma non un impatto di smaltimento.

Non vengono inclusi nei confini del sistema i seguenti input/output: lavoro umano ed edifici e strutture di cui si avvale l'azienda agricola.

Una possibile categorizzazione dei risultati (Global Warming Potential - GWP) per fasi emissive rilevanti nelle aziende bovine da latte può essere la seguente:

- emissioni enteriche di CH₄;
- emissioni di CH₄ da sistemi di gestione degli effluenti di allevamento;
- emissioni di N₂O da sistemi di gestione degli effluenti di allevamento;
- emissioni di N₂O dalla fertilizzazione azotata delle colture (fertilizzanti ed effluenti di allevamento);

- consumi energetici per operazioni colturali (lavorazioni, terreno, semina, fertilizzazioni, diserbi, trattamenti fitosanitari, irrigazione, sfalci, raccolta prodotto principale, raccolta co-prodotto, eventuale essiccazione aziendale del prodotto, eventuale insilamento del prodotto);
- produzione degli alimenti di provenienza extra-aziendale;
- produzione e trasporto dei mezzi tecnici compresi i loro imballaggi (sementi, fertilizzanti, prodotti fitosanitari e diserbanti, lettiere, farmaci, detergenti e sanificanti);
- animali in ingresso;
- rifiuti.

6 Metodologia per il calcolo delle emissioni di gas serra negli allevamenti bovini da latte

6.1 Tipi di impatto e metodologia LCA per carbon foot print

Per impronta di carbonio si intende la somma di tutte le emissioni di gas serra correlate alle diverse produzioni, evidenziandole in termini di emissioni di CO₂ equivalente (kg CO₂eq); questa è l'unità di misura che permette una quantificazione aggregata di tutti i gas che, di fatto, contribuiscono all'effetto serra e che, per le produzioni agricole, sono: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄) e protossido di azoto (N₂O).

Per il calcolo dell'indicatore GWP nella fase di Analisi degli impatti –LCIA (Life Cycle Impact Assessment) – sono stati utilizzati i fattori di caratterizzazione IPCC 2013 recentemente aggiornati da IPCC nel V Assessment Report AR5 (IPCC, CLIMATE CHANGE 2013, The Physical Science Basis, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>).

I fattori di emissione utilizzati per il calcolo fanno riferimento ai valori pubblicati dall'IPCC nel 2013, dove si indica che a un 1 kg di CH₄ corrispondono 28 kg di CO₂eq (metano biogenico 25,25 kg CO₂eq) e che a 1 kg di N₂O corrispondono 265 kg di CO₂eq.

6.2 Emissioni enteriche

La quantificazione delle emissioni enteriche di CH₄ segue la metodologia IPCC 2006, Tier 2, che richiede la stima di alcuni parametri caratteristici, con l'utilizzo dei seguenti valori:

% energia dell'alimento convertita in CH₄:

- vacche da latte e relativa rimonta = 6,5% (IPCC, 2006).

Digeribilità: 65% in analogia a quanto fatto nell'inventario nazionale delle emissioni.

Peso medio delle bovine: stimato in base alla longevità produttiva della bovina (Tabella 1).

Tabella 1: Peso medio indicativo delle diverse categorie bovine di razza Frisona Italiana

Peso medio (kg)	Frisona italiana
Vacca, media <3 parti/carriera	620
Vacca, media 3 parti/carriera	620
Vacca, media 4 parti/carriera	650
Vacca, media 5 parti/carriera	665
Vacca, media 6 parti/carriera	680
Manze gravide	500
Manze vuote (> 1 anno)	350
Vitelli/Manzette 4 - 12 mesi	216
Vitelli < 4 mesi	80
Vitelli ingrasso	216
Tori	800

6.3 Emissioni di CH₄ dalla gestione delle deiezioni

Le emissioni di CH₄ dalla gestione delle deiezioni vengono stimate in accordo con la metodologia IPCC 2006, che le quantifica sulla base della escrezione di Solidi Volatili e di un fattore di conversione dei Solidi Volatili in CH₄, che è funzione delle diverse modalità di stabulazione e della temperatura media secondo le linee guida dell'IPCC (2006)

La stima dei Solidi Volatili escreti si basa sulla ingestione di energia grezza e sulla digeribilità dell'alimento, parametri necessari anche nella stima delle emissioni enteriche.

6.4 Emissioni dirette di N₂O

Le emissioni dirette di N₂O vengono stimate in accordo alla metodologia IPCC 2006, che le quantifica come frazione dell'azoto escreto in funzione delle diverse modalità di stabulazione. Per la conversione di N-N₂O in N₂O si utilizza il fattore 44/28. Per la quantificazione dell'azoto escreto vengono adottati i valori di default contenuti nel Regolamento N.1/2016 della Regione Emilia-Romagna, che stabilisce i valori di azoto al campo per le diverse categorie zootecniche. Tenuto conto che il fattore di volatilizzazione delle fasi a monte dello spandimento è stimato per default pari al 28%, è possibile ricalcolare il valore di escrezione di azoto, così come riportato in Tabella 2.

Tabella 2 Fattori di escrezione azotata per diverse categorie di bovini in relazione al peso, secondo i valori della normativa regionale (IPCC, 2006)

Categoria animale	Peso medio [kg/capo]	Escrezione N [kg/anno/t p.v.]	Escrezione N [kg/capo/a]
Vacche da latte	600	192	115
Vacche nutrici	590	101	59,8
Vacche e vitelli rimonta	300	167	50
Bovini e bufalini all'ingrasso	350	117	40,8
Vitelli in svezzamento	100	167	16,7
Vitelli a carne bianca	130	93	12,1

Tabella 3 Emissioni dirette di N₂O dalla gestione delle deiezioni. I valori sono in kg di N-N₂O emesso per kg N escreto (IPCC, 2006).

Sistema di stabulazione	kg N-N ₂ O/kg N escreto
Daily spread (spandimento giornaliero)	0,000
Solid storage (stoccaggio solido su platea)	0,005
Dry lot (Paddock)	0,020
Liquid slurry with natural crust cover (liquame con crosta-vasca)	0,005
Liquid slurry without natural crust cover (Liquame senza crosta-vasca con miscelatore)	0,000
Uncovered anaerobic lagoon (lagone scoperto)	0,000
Pit storage < 1 month below animal confinements (vasca di stoccaggio interna alla stalla <1 mese)	0,002
Pit storage > 1 month below animal confinements (vasca di stoccaggio interna alla stalla > 1 mese)	0,002
Anaerobic digester (digestore anaerobico)	0,000
Deep bedding - no mixing (lettieria permanente)	0,010
Deep bedding - active mixing (lettieria lavorata)	0,070
Composting - forced aeration (compostaggio – areazione forzata)	0,007
Composting - non-forced aeration (compostaggio non areato)	0,010
Aerobic treatment - natural aeration (trattamento aerobico naturale)	0,010
Aerobic treatment - forced aeration (trattamento aerobico - areazione forzata)	0,005
Grazing (pascolo)	0,020

6.4.1 Emissioni indirette di N₂O

Le emissioni indirette di N₂O vengono stimate in accordo con la metodologia IPCC 2006, che le quantifica come frazione dell'azoto perso dai sistemi di gestione delle deiezioni sotto forma di NH₃ e NO (Tabella 4).

Tabella 4 Emissioni indirette di N₂O. I valori sono in kg di N-N₂O emesso per kg N-NH₃ volatilizzato dai sistemi di gestione delle deiezioni.

	Fattore di emissione N ₂ O (emissioni indirette)
kg N-N ₂ O/kg N-NH ₃ volatilizzato	0.01

6.5 Emissioni dirette di NH₃ e di NO dai sistemi di gestione delle deiezioni

Le emissioni di NH₃ delle fasi di ricovero degli animali e stoccaggio degli effluenti vengono stimate pari al 28% dell'azoto escreto, in accordo con quanto proposto come valore di default nella normativa della regione Emilia-Romagna, relativa alla utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento (Tabella 5).

Tabella 5 Emissioni di NH₃ dai sistemi di gestione delle deiezioni (ricovero degli animali e stoccaggio degli effluenti). I valori sono in kg di N-NH₃ emesso per kg N escreto.

	Fattore di emissione NH ₃	
	Ricovero	stoccaggio
kg N-NH ₃ /kg N escreto	0,15	0,13

Per le emissioni di NO dalla gestione degli effluenti in fase di ricovero e stoccaggio si utilizzano i fattori di emissione EMEP/EEA 2013 3,B Tier 1 (Tabella 6).

Tabella 6 Emissioni di NO dai sistemi di gestione delle deiezioni (ricovero degli animali e stoccaggio degli effluenti). I valori sono in kg di NO per posto e per anno. (EMEP/EEA, 2013 3,B)

	Fattore di emissione NO	
	Liquame	letame
Vacche da latte	0,007	0,154
Altri bovini	0,002	0,094

6.6 Metodologia per il calcolo delle emissioni di gas serra per le produzioni vegetali

Le coltivazioni aziendali nelle aziende bovine sono dipendono dalle caratteristiche delle razioni alimentari per gli animali, con prevalenza di medica e prato stabile polifita nelle aziende per PR.

Per ognuna delle coltivazioni aziendali è stato costruito un modulo di calcolo che determina le emissioni di GHG di un kg di prodotto (a un caratteristico e definito livello di sostanza secca), tenendo conto della resa della coltura e di diversi parametri che caratterizzano il suolo, le condizioni climatiche, le fertilizzazioni effettuate, i trattamenti fitosanitari e i residui colturali.

Per le emissioni prodotte dalla applicazione dei concimi di sintesi ed organici si è utilizzata la metodologia IPCC 2006 per le emissioni dirette e indirette di N₂O.

I consumi dei combustibili per le lavorazioni sono stati determinati considerando il tipo di coltura e le lavorazioni richieste dalle normali pratiche agronomiche (aratura, semina, fertilizzazione, trattamenti fitosanitari, irrigazione, raccolta ecc.).

Negli studi LCA vengono di norma utilizzati software di calcolo che consentono di organizzare ed elaborare i dati in modo coerente, di ricorrere a banche dati internazionalmente condivise e di utilizzare diversi metodi di valutazione dei risultati. Nel lavoro si è utilizzato il programma SimaPro 8.4.0.0, con l'utilizzo della banca dati Ecoinvent per la quantificazione degli impatti dei processi "secondari", cioè quei processi produttivi per i quali non è possibile la raccolta dati direttamente in campo, quali gli impatti derivanti dalla produzione di concimi o delle macchine agricole.

Nel calcolo dell'impronta carbonica sono state considerate le emissioni di gas serra associate sia alle operazioni che avvengono in campagna, quali i consumi di carburanti e le emissioni di N₂O dovute alle fertilizzazioni azotate organiche e minerali, sia le emissioni dovute alla produzione dei mezzi tecnici impiegati: le macchine agricole, i fertilizzanti chimici, gli erbicidi, le sementi.

I consumi dei combustibili per le lavorazioni sono stati determinati considerando il tipo di coltura e le lavorazioni richieste dalle normali pratiche agronomiche (aratura, semina, fertilizzazione, trattamenti fitosanitari, irrigazione, raccolta ecc.).

Per la quantificazione dei fabbisogni alimentari della mandria e quindi della disponibilità di alimenti coltivati in azienda, come i foraggi, si è fatto riferimento alla razione standard somministrata alle diverse categorie di animali presenti: vacche in lattazione, in asciutta, manze, vitelle ecc. Questo permette di stimare con una ragionevole precisione i fabbisogni annuali dei vari componenti della razione, in modo da poter calcolare i relativi impatti.

Oltre alle coltivazioni autoprodotte, per l'alimentazione degli animali vengono utilizzati alimenti acquistati all'esterno, quali concentrati, nuclei, farina di mais, farina di soia, integratori ecc. Gli impatti legati alla produzione di questi alimenti sono stati ricavati dalla banca dati Ecoinvent.

6.6.1 Macchine agricole

Per il calcolo dell'impronta carbonica delle operazioni colturali delle macchine agricole è stato considerato il consumo di carburante e la produzione di gas serra per la produzione delle macchine stesse.

Il consumo di carburante è stato stimato utilizzando l'equazione di Grisso et al., (2004):

$$Q = (0,22 R + 0,096) (1 - (-0,0045 R \text{ Nred} + 0,00877 \text{ Nred})) \text{ Ppdp}$$

dove:

Q = quantità di gasolio consumata in l/h

R = rapporto tra potenza alla presa di potenza (pdp) equivalente e potenza alla velocità nominale alla presa di potenza

Nred = riduzione in percentuale (%) della valvola di regolazione della mandata (si è ipotizzata una riduzione del 20% rispetto alla massima mandata).

Ppdp = potenza del motore in kW misurata alla presa di potenza (si è assunto un rendimento alla presa di potenza del 95%, considerando che dai test effettuati sui motori dei trattori a veicolo fermo la differenza tra la potenza al motore e la potenza alla presa di potenza, a parità di tutti gli altri parametri, è generalmente intorno al 5%). Il consumo di carburante è stato poi moltiplicato per il valore di emissione del gasolio, quantificato in 3,722 kg CO₂eq per 1 kg di gasolio, comprensivo delle emissioni derivanti dalla combustione e dai processi estrattivi e di raffinazione (Ecoinvent: Diesel, {Europe without Switzerland} | market for | Alloc Def, U), quantificato in 0,552 kg CO₂eq per kg di gasolio, e da 3,17 kg CO₂eq per kg di gasolio secondo l'Inventario dei gas serra 2013 svizzero. Per la quantificazione delle emissioni indirette derivate dalla fabbricazione delle macchine si è fatto riferimento alla metodologia GESTIM (2011), secondo la seguente formula:

$$EM = P \times EF \times (1-A)^{(\text{anni}-1)} \times U$$

dove:

EM = emissioni indirette macchine kg CO₂eq

P = peso della macchina kg

EF = fattore di emissione specifico %

A = quota di ammortamento %

Anni = anno di vita della macchina

U = percentuale di utilizzo in campo.

Per i pesi delle macchine e i fattori di emissioni specifici si fa riferimento alla tabella utilizzata dalla metodologia GESTIM (2011). Per gli anni di vita delle macchine si è considerata per tutte un'età media di vita secondo le quote di ammortamento proposte dall'Istituto ingegneria agraria Milano (<http://users.unimi.it/lzzmsm/CostiMacchAgr.ppt>) e in base alle ore di durata fisica, mentre la percentuale di utilizzo in campo è stata rilevata direttamente in base all'utilizzo effettivo delle macchine nelle aziende (dati raccolti tramite questionario).

6.6.2 Sementi, concimi, agrofarmaci

Sono state considerate le emissioni derivanti dalla produzione del seme utilizzato per le semine, dalle produzioni dei concimi e agrofarmaci e dalle emissioni in campo dirette e indirette dei concimi organici e minerali.

Per le produzioni di sementi concimi e agrofarmaci è stato utilizzato il valore suggerito dalla FAO: 25,53 kg CO₂e/kg di principio attivo (Audsley 2009).

Per le emissioni prodotte dalla applicazione dei concimi di sintesi ed organici si è utilizzata la metodologia IPCC 2006 per le emissioni dirette e indirette di N₂O.

Le emissioni dirette sono quantificate pari a 1% dell'apporto di N da fertilizzazioni organiche e inorganiche. Per le emissioni indirette vengono considerate due modalità:

- la volatilizzazione di N come NH₃ o ossidi di azoto (NO_x) e la successiva deposizione di questi gas e dei loro prodotti NH₄⁺ e NO₃⁻ sul suolo o nelle superfici dei laghi o di corsi d'acqua (le emissioni di NH₃ dalla applicazione dei fertilizzanti sono state stimate in base ai fattori di emissione EMEP/EEA 3,D 2013);
- la lisciviazione e il percolamento o scorrimento di N dal terreno derivante dai fertilizzanti sintetici e organici applicati, dai residui del raccolto e dalle deiezioni animali apportate direttamente al terreno con il pascolo (0,75% delle perdite di N per leaching e runoff, stimate pari a 30%* (IPCC))

Nel caso di prati stabili, recenti studi riportano che, attraverso il loro sistema radicale, i prati sono in grado di rimuovere fino al 97% dei nitrati presenti nella soluzione circolante del terreno. Per questo motivo si sono stimate minori perdite per lisciviazione: 10% (stima CRPA). La medica, coltura poliennale, concimata con reflui zootecnici, presenta una limitata lisciviazione di nitrati poiché, quando concimata, interrompe l'azotofissazione e diventa molto attiva nell'assorbire azoto minerale. Inoltre, essendo una coltura poliennale, garantisce almeno per 3-4 anni una copertura costante del terreno anche nel periodo autunno-inverno. Per questi motivi viene mitigata la lisciviazione dei nitrati, stimata intorno al 20% dai ricercatori del CRPA (dati non pubblicati).

A tutte queste fonti emissive vanno sommate i valori delle emissioni prodotte nella fase di produzione. Nella Tabella 7 vengono riportati a titolo esemplificativo i valori di emissione calcolati per 100 kg di nitrato ammonico (27% di azoto) e urea (46% di azoto).

Tabella 7 Valori di emissione per 100 kg di Nitrato di ammonio e Urea

Tipo fertilizzante applicato	Nitrato di ammonio - 27%N	Urea 46%N
Quantità fertilizzante applicato (kg/ha)	100	100
Tenore N fertilizzante (%)	27%	46%
Fertilizzante applicato (kg N/ha)	27	46
Emissioni dirette		
FE IPCC dirette (kgN-N ₂ O/kg N appl)	0,01	0,01
Emissioni dirette N- N ₂ O (kg N-N ₂ O/ha)	0,3	0,5
Emissioni dirette N ₂ O (kg N ₂ O/ha)	0,4	0,7
Emissioni dirette (kg CO ₂ eq/ha)	112,4	191,6
Emissioni indirette		
fracGASF (kgN-NH ₃ /kg Nappl)	0,037	0,243
Emissioni N-NH ₃ (kg N-NH ₃ /ha)	0,823	9,205
EF4 IPCC (kg N-N ₂ O/kg N appl)	0,010	0,010
Emissioni N-N ₂ O (kg N-N ₂ O/ha)	0,01	0,09
Emissioni N ₂ O indirette da volatilizzazione (kg N ₂ O/ha)	0,013	0,145
Indirette da volatilizzazione (kg CO ₂ eq/ha)	3,4	38,3
fracLAECH (kgN-NO ₃ /kg N appl)	0,3	0,3
Leaching (kg di N-NO ₃ /ha)	8,1	13,8
Emissioni da leaching (kg di NO ₃ /ha)	35,9	61,1
EF5 IPCC (kg N-N ₂ O/kg N-NO ₃)	0,0075	0,0075
Emissioni N ₂ O indirette da percolazione (kg N ₂ O/ha)	0,095	0,163
Indirette da percolazione (kg CO ₂ eq/ha)	25,3	43,1
Totale N ₂ O (kg N ₂ O/ha)	0,53	1,03
Emissioni CO ₂ Urea* kg CO ₂ eq/ha		72,22
Emissioni alla produzione		
fattore kg CO ₂ eq/kg	6,295	3,230
kg CO ₂ eq/ha	169,96	148,58
Totale kg CO ₂ eq/ha	311	494

Per l'urea bisogna anche tener conto che durante il processo di produzione viene utilizzata CO₂, la quale è legata chimicamente nella molecola di urea. Nel caso di utilizzo dell'urea si verificano emissioni di CO₂ con la conversione dell'urea (CO(NH₂)₂) in ione ammonio (NH₄⁺), ione idrossile (OH⁻) e bicarbonato (HCO₃⁻) in presenza di acqua e dell'enzima ureasi. Similmente a quanto avviene per la calce, il bicarbonato evolve in anidride carbonica ed acqua. Dopo la concimazione, questa CO₂ viene rilasciata nell'atmosfera per cui per ogni kg di urea-N vengono liberati 1,57 kg di CO₂.

Con lo stesso metodo di calcolo sono state calcolate le emissioni derivate dai concimi organici: quali liquame e letame utilizzando il fattore fracGASM (al posto di fracGASF) con valore emissivo di 0,2 (20%).

La metodologia IPCC 2006 prevede che anche il contenuto di azoto dei residui colturali contribuisca alle emissioni dirette di N_2O . Per i residui colturali si utilizza l'equazione di stima IPCC 2006 (Eq.11.6), corretta con le rese produttive ottenute nelle prove.

6.7 Sequestro del carbonio

Dalla cattura della CO₂ atmosferica da parte dei vegetali nel processo della fotosintesi, il carbonio viene sequestrato sotto forma di molecole organiche vegetali (foglie, steli, legno, radici). Alla morte della piante la materia organica subisce un processo di decomposizione, che tuttavia è piuttosto lento e parziale. Il carbonio, prima di essere mineralizzato e tornare sotto forma di CO₂ in atmosfera, viene trattenuto nel terreno sotto diverse forme quali biomassa microbica, humus ecc. In questo modo si può comunque ottenere un effetto di sequestro di carbonio i cui benefici si attuano per un arco temporale sufficientemente elevato.

Le capacità di sequestro di carbonio da parte del terreno non è sempre lineare, ma dipende da svariati fattori: oltre alle diverse tecniche di lavorazioni, sono importanti le condizioni ambientali, quelle climatiche e le caratteristiche pedologiche. Questi fattori possono influenzare in modo significativo l'efficacia del sequestro, che può mostrare andamenti a volte contrastanti.

La potenzialità di riduzione delle emissioni di gas serra ottenibile attraverso il sequestro del carbonio è stata calcolata secondo la metodologia IPCC 2006. Va evidenziato che, in accordo a tale metodologia, l'effetto di immobilizzazione della CO₂ nel suolo esiste se si è realizzato, entro gli ultimi 20 anni, un cambiamento delle pratiche agricole in uso. Dopo tale periodo si considera che venga raggiunto un nuovo equilibrio, caratterizzato da un diverso, ma stabile, tenore di sostanza organica.

Le diverse modalità di gestione delle pratiche conservative che contribuiscono all'effetto del sequestro sono la mancata lavorazione del terreno o le lavorazioni ridotte e l'uso di cover crops.

Le lavorazioni ridotte del suolo o la semina su sodo sono in grado di incrementare il contenuto di carbonio organico, grazie a una minore mineralizzazione della sostanza organica dovuta a una maggiore protezione fisica della materia organica negli aggregati del suolo e a minori perdite per erosione.

L'aumento della sostanza organica nel suolo può essere ottenuto, inoltre, dall'interramento dei residui vegetali, dall'utilizzo degli effluenti di allevamento e da una copertura vegetale prolungata del terreno (cover crops).

Il sequestro di carbonio è stato stimato con l'equazione dell'IPCC (2006):

$$\Delta C_{Mineral} = \frac{(SOC_0 - SOC_{0-T})}{D}$$

$$SOC_{0/0-T} = SOC (ref) \times F(lu) \times F(mg) \times FI$$

dove

SOC = Carbonio organico nel suolo (espresso in massa di carbonio per ettaro, kg/ha);

SOC (ref)= Quantità di carbonio organico nei primi 30 centimetri (misurato in massa di carbonio per ettaro);

F(lu) = Coefficiente di uso del suolo associato al tipo di utilizzo;

F(mg)= Coefficiente associato alle modalità di lavorazione del terreno.

F1= Coefficiente di ingresso di carbonio di origine organica

D=numero di anni.

Dalla differenza fra la quantità di carbonio presente prima della prova (SOC₀) e la quantità di carbonio presente dopo la prova (SOC_{0-T}) suddivisa in 20 anni si ricava la quantità di carbonio sequestrata all'anno (kg ha⁻¹ anno⁻¹).

Nella Tabella 8 vi è un esempio di calcolo.

Tabella 8 Esempio di calcolo del sequestro del carbonio nel suolo

carbonio nel terreno	1,5%	0-30 cm
densità terreno	1,3	t/m ³
SOC(ref)	88	t/ha di C (0-30 cm)
F(lu)	0,69	land use factor
F(mg)	1,08	land management factor
F1	1,44	input level factor
C sequestrato	438,8	kg/ha anno (0-30 cm)
CO ₂ eq sequestrata	1.609	kg/ha anno

Espresso in formula:

$$SOC = (88 \times 0.69 \times 1.08 \times 1.44 - 88) / 20 \times 1000 = 321,5 \text{ kg/ha anno di C}$$

$$CO_{2eq} = 321,5, \times 44/12 = 1.179 \text{ kg/ha anno di CO}_2$$

Tuttavia, va evidenziato che l'efficacia di tali misure tende progressivamente ad attenuarsi per raggiungere nel tempo uno stato di stazionarietà; infatti, la metodologia IPCC 2006 prevede dei fattori incrementali (F(lu), F(mg), F1) su 20 anni per il carbonio organico del suolo, differenziati a seconda delle aree climatiche. Nella Figura 2 vengono riportati i valori di default IPCC con i contenuti di carbonio nei diversi terreni distinti per zone climatiche (climate region), per le colture foraggere (grassland management) e per le colture annuali (cropland management).

Il sequestro di carbonio tende a crescere per i primi 20 anni per declinare nei successivi 30-50 anni fino a raggiungere un certo equilibrio nel tempo.

Per questo motivo considerando che è da molti anni che nei terreni utilizzati dalle aziende partner si producono foraggi, sia in forma avvicendate che in prati permanenti, si optato per distinguere il dato relativo all'impronta di carbonio manifestando la differenza tra il risultato ottenuto con o senza sequestro. In particolare per i medica si è considerata una rotazione di 4 anni di medica

Modello Metabolico - Relazione tecnico-scientifica

alternata ad un anno di seminativo (un cereale in genere) per quantificare la perdita di carbonio dovuta alla rottura del prato si sono utilizzati i seguenti indici: $F(lu)=0.69$; $F(mg)=1.08$ $F1=1.44$. Partendo dal valore dell'IPCC di 88 kg di C/ha caratteristico della nostra zona geografica otterremo $SOC = (88 \times 0.69 \times 1.08 \times 1.44 - 88) / 20 \times 1000 = 321,5$ kg/ha anno di C. considerando un arco temporale di 20 anni.

Per i prati permanenti si sono utilizzati i seguenti indici: $F(lu)=1$; $F(mg)=1$. $F1=1.44$. Partendo dal valore dell'IPCC di 88 kg di C/ha caratteristico della nostra zona geografica otterremo $SOC = (88 \times 1 \times 1 \times 1,44 - 88) / 20 \times 1000 = 616,0$ kg/ha anno di C.

In un'azienda dello studio (azienda 3) la lavorazione dei terreni non prevede la pratica dell'aratura ma viene effettuato un solo passaggio utilizzando una macchina per la semina di diretta (macchina combinata formata da erpice a dischi montato frontalmente al trattore, accoppiato a una erpice a denti e alla seminatrice portati posteriormente). Questa pratica di lavorazione ridotta presenta degli effetti di sequestro di carbonio nel suolo di cui si è tenuto conto nel bilancio complessivo delle emissioni di gas serra.

Figura 2 IPCC defaults factors

Climate region	HAC soils ¹	LAC soils ²	Sandy soils ³	Spodic soils ⁴	Volcanic soils ⁵	Wetland soils ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Cold temperate, dry	50	33	34	NA	20 [#]	87
Cold temperate, moist	95	85	71	115	130	
Warm temperate, dry	38	24	19	NA	70 [#]	88
Warm temperate, moist	88	63	34	NA	80	
Tropical, dry	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, moist	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, wet	44	60	66	NA	130 [#]	
Tropical montane	88*	63*	34*	NA	80*	

Note: Data are derived from soil databases described by Jobbagy and Jackson (2000) and Bernoux *et al.* (2002). Mean stocks are shown. A nominal error estimate of ±90% (expressed as 2x standard deviations as percent of the mean) are assumed for soil-climate types. NA denotes 'not applicable' because these soils do not normally occur in some climate zones.

[#] Indicates where no data were available and default values from 1996 IPCC Guidelines were retained.

* Data were not available to directly estimate reference C stocks for these soil types in the tropical montane climate so the stocks were based on estimates derived for the warm temperate, moist region, which has similar mean annual temperatures and precipitation.

¹ Soils with high activity clay (HAC) minerals are lightly to moderately weathered soils, which are dominated by 2:1 silicate clay minerals (in the World Reference Base for Soil Resources (WRB) classification these include Leptosols, Vertisols, Kastanozems, Chernozems, Phaeozems, Luvisols, Alisols, Albeluvisols, Solonetz, Calcisols, Gypsisols, Umbrisols, Cambisols, Regosols; in USDA classification includes Mollisols, Vertisols, high-base status Alfisols, Aridisols, Inceptisols).

² Soils with low activity clay (LAC) minerals are highly weathered soils, dominated by 1:1 clay minerals and amorphous iron and aluminium oxides (in WRB classification includes Acrisols, Lixisols, Nitisols, Ferralsols, Durisols; in USDA classification includes Ultisols, Oxisols, acidic Alfisols).

³ Includes all soils (regardless of taxonomic classification) having > 70% sand and < 8% clay, based on standard textural analyses (in WRB classification includes Arenosols; in USDA classification includes Psammments).

⁴ Soils exhibiting strong podzolization (in WRB classification includes Podzols; in USDA classification Spodosols)

⁵ Soils derived from volcanic ash with allophanic mineralogy (in WRB classification Andosols; in USDA classification Andisols)

⁶ Soils with restricted drainage leading to periodic flooding and anaerobic conditions (in WRB classification Gleysols; in USDA classification Aquic suborders).

Factor	Level	Climate regime	IPCC default	Error^{1,2}	Definition
Land use (F _{LU})	All	All	1.0	NA	All permanent grassland is assigned a land-use factor of 1.
Management (F _{MG})	Nominally managed (non-degraded)	All	1.0	NA	Represents non-degraded and sustainably managed grassland, but without significant management improvements.
Management (F _{MG})	Moderately degraded grassland	Temperate/Boreal	0.95	± 13%	Represents overgrazed or moderately degraded grassland, with somewhat reduced productivity (relative to the native or nominally managed grassland) and receiving no management inputs.
		Tropical	0.97	± 11%	
		Tropical Montane ³	0.96	± 40%	
Management (F _{MG})	Severely degraded	All	0.7	± 40%	Implies major long-term loss of productivity and vegetation cover, due to severe mechanical damage to the vegetation and/or severe soil erosion.
Management (F _{MG})	Improved grassland	Temperate/Boreal	1.14	± 11%	Represents grassland which is sustainably managed with moderate grazing pressure and that receive at least one improvement (e.g., fertilization, species improvement, irrigation).
		Tropical	1.17	± 9%	
		Tropical Montane ³	1.16	± 40%	
Input (applied only to improved grassland) (F _I)	Medium	All	1.0	NA	Applies to improved grassland where no additional management inputs have been used.
Input (applied only to improved grassland) (F _I)	High	All	1.11	± 7%	Applies to improved grassland where one or more additional management inputs/improvements have been used (beyond that is required to be classified as improved grassland).

¹ ± two standard deviations, expressed as a percent of the mean; where sufficient studies were not available for a statistical analysis a default, based on expert judgement, of ± 40% is used as a measure of the error. NA denotes 'Not Applicable', for factor values that constitute reference values or nominal practices for the input or management classes.

² This error range does not include potential systematic error due to small sample sizes that may not be representative of the true impact for all regions of the world.

³ There were not enough studies to estimate stock change factors for mineral soils in the tropical montane climate region. As an approximation, the average stock change between the temperate and tropical regions was used to approximate the stock change for the tropical montane climate.

Note: See Annex 6A.1 for estimation of default stock change factors for mineral soil C emissions/removals for Grassland.

TABLE 5.5
RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU}, F_{MG}, AND F_I) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime ¹	IPCC defaults	Error ^{2,3}	Description
Land use (F _{LU})	Long-term cultivated	Temperate/Boreal	Dry	0.80	+ 9%	Represents area that has been continuously managed for >20 yrs, to predominantly annual crops. Input and tillage factors are also applied to estimate carbon stock changes. Land-use factor was estimated relative to use of full tillage and nominal ("medium") carbon input levels.
			Moist	0.69	+ 12%	
		Tropical	Dry	0.58	+ 61%	
			Moist/Wet	0.48	+ 46%	
Tropical montane ⁴	n/a	0.64	+ 50%			
Land use (F _{LU})	Paddy rice	All	Dry and Moist/Wet	1.10	+ 50%	Long-term (> 20 year) annual cropping of wetlands (paddy rice). Can include double-cropping with non-flooded crops. For paddy rice, tillage and input factors are not used.
Land use (F _{LU})	Perennial/Tree Crop	All	Dry and Moist/Wet	1.00	+ 50%	Long-term perennial tree crops such as fruit and nut trees, coffee and cacao.
Land use (F _{LU})	Set aside (< 20 yrs)	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	0.93	+ 11%	Represents temporary set aside of annually cropland (e.g., conservation reserves) or other idle cropland that has been revegetated with perennial grasses.
			Moist/Wet	0.82	+ 17%	
		Tropical montane ⁴	n/a	0.88	+ 50%	
Tillage (F _{MG})	Full	All	Dry and Moist/Wet	1.00	NA	Substantial soil disturbance with full inversion and/or frequent (within year) tillage operations. At planting time, little (e.g., <30%) of the surface is covered by residues.
Tillage (F _{MG})	Reduced	Temperate/Boreal	Dry	1.02	+ 6%	Primary and/or secondary tillage but with reduced soil disturbance (usually shallow and without full soil inversion). Normally leaves surface with >30% coverage by residues at planting.
			Moist	1.08	+ 5%	
		Tropical	Dry	1.09	+ 9%	
			Moist/Wet	1.15	+ 8%	
Tropical montane ⁴	n/a	1.09	+ 50%			
Tillage (F _{MG})	No-till	Temperate/Boreal	Dry	1.10	+ 5%	Direct seeding without primary tillage, with only minimal soil disturbance in the seeding zone. Herbicides are typically used for weed control.
			Moist	1.15	+ 4%	
		Tropical	Dry	1.17	+ 8%	
			Moist/Wet	1.22	+ 7%	
Tropical montane ⁴	n/a	1.16	+ 50%			

TABLE 5.5 (CONTINUED)
RELATIVE STOCK CHANGE FACTORS (F_{LU} , F_{MG} , AND F_i) (OVER 20 YEARS) FOR DIFFERENT MANAGEMENT ACTIVITIES ON CROPLAND

Factor value type	Level	Temperature regime	Moisture regime ¹	IPCC defaults	Error ^{2,3}	Description
Input (Fi)	Low	Temperate/Boreal	Dry	0.95	± 13%	Low residue return occurs when there is due to removal of residues (via collection or burning), frequent bare-fallowing, production of crops yielding low residues (e.g., vegetables, tobacco, cotton), no mineral fertilization or N-fixing crops.
			Moist	0.92	± 14%	
		Tropical	Dry	0.95	± 13%	
			Moist/Wet	0.92	± 14%	
Tropical montane ⁴	n/a	0.94	± 50%			
Input (Fi)	Medium	All	Dry and Moist/Wet	1.00	NA	Representative for annual cropping with cereals where all crop residues are returned to the field. If residues are removed then supplemental organic matter (e.g., manure) is added. Also requires mineral fertilization or N-fixing crop in rotation.
Input (Fi)	High without manure	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	1.04	± 13%	Represents significantly greater crop residue inputs over medium C input cropping systems due to additional practices, such as production of high residue yielding crops, use of green manures, cover crops, improved vegetated fallows, irrigation, frequent use of perennial grasses in annual crop rotations, but without manure applied (see row below).
			Moist/Wet	1.11	± 10%	
		Tropical montane ⁴	n/a	1.08	± 50%	
Input (Fi)	High – with manure	Temperate/Boreal and Tropical	Dry	1.37	± 12%	Represents significantly higher C input over medium C input cropping systems due to an additional practice of regular addition of animal manure.
			Moist/Wet	1.44	± 13%	
		Tropical montane ⁴	n/a	1.41	± 50%	

¹ Where data were sufficient, separate values were determined for temperate and tropical temperature regimes; and dry, moist, and wet moisture regimes. Temperate and tropical zones correspond to those defined in Chapter 3; wet moisture regime corresponds to the combined moist and wet zones in the tropics and moist zone in temperate regions.

² ± two standard deviations, expressed as a percent of the mean; where sufficient studies were not available for a statistical analysis to derive a default, uncertainty was assumed to be ± 50% based on expert opinion. NA denotes 'Not Applicable', where factor values constitute defined reference values, and the uncertainties are reflected in the reference C stocks and stock change factors for land use.

³ This error range does not include potential systematic error due to small sample sizes that may not be representative of the true impact for all regions of the world.

⁴ There were not enough studies to estimate stock change factors for mineral soils in the tropical montane climate region. As an approximation, the average stock change between the temperate and tropical regions was used to approximate the stock change for the tropical montane climate.

Note: See Annex 5A.1 for the estimation of default stock change factors for mineral soil C emissions/removals for Cropland.

6.8 Materiali diversi, trasporti, rifiuti

Oltre agli impatti descritti, esistono altre fonti di impatto che entrano in gioco nei processi produttivi dell'azienda zootecnica, che se presi singolarmente di solito non presentano un peso rilevante, ma che nell'insieme possono rappresentare una quota importante.

Per i materiali diversi sono state analizzate diverse materie prime che entrano nel processo produttivo, quali la paglia per la stalla, medicinali, oli lubrificanti, disinfettanti e detersivi, materiali plastici, ecc.

Riguardo ai trasporti, i confini del sistema definiti non hanno preso in considerazione i trasporti dei beni prodotti dall'azienda, principalmente latte e carne in uscita, ma solo i trasporti degli input produttivi in entrata, per cui sono stati conteggiati i trasporti dall'ultimo fornitore degli alimenti acquistati, dei carburanti, delle sementi e dei concimi, degli animali in entrata per la rimonta, degli animali morti per lo smaltimento delle carcasse e dei rifiuti. Come valore di riferimento è stato considerato un autocarro standard, con valore di emissione quantificato in banca dati in 0,128 kg CO₂eq./t-km (tkm = tonnellata-chilometro) (Ecoinvent: Transport, freight, lorry, unspecified {RER}| transport, freight, lorry, all sizes, EURO5 to generic market for | Alloc Def, U.)

L'analisi dell'impatto dei rifiuti ha coinvolto le fasi di trasporto, il riciclo dei materiali, lo smaltimento finale. Per la fase di trasporto si è stimato il percorso dei rifiuti dall'azienda allo smaltimento o alla discarica. Per le fasi di riciclo e/o smaltimento si sono valutati i potenziali impatti generati dai singoli procedimenti.

7 Metodologia WATER FOOT PRINT

La Water Footprint (WF) di un'azienda si può definire come il volume totale di acqua necessario a supportare tutte le attività produttive.

Per il calcolo della WF si fa riferimento alla metodologia sviluppata da Hoekstra et al. (2011). Secondo la ISO 14046, gli impatti sul consumo e sulla degradazione della risorsa idrica sono espressi mediante differenti categorie d'impatto, analoghe a quelle comunemente utilizzate negli studi LCA. Nel nostro caso le differenti categorie riguardano principalmente i consumi derivati dalle produzioni agricole per i fabbisogni alimentari, le risorse idriche necessarie alla gestione della stalla. Così come per l'impronta di carbonio, per poter valutare l'impronta idrica è importante delinearne in modo chiaro i confini; occorre distinguere il sistema da studiare dall'ambiente circostante ed individuare in modo preciso gli input e gli output.

Uno studio di WF segue più o meno gli stessi passi del calcolo dell'impronta di carbonio, secondo la classica metodologia LCA e si sviluppa in quattro fasi distinte, di seguito elencate:

- 1) definizione degli obiettivi e campo di applicazione;
- 2) calcolo di WF;
- 3) valutazione della sostenibilità di WF;
- 4) elaborazione della risposta di WF.

Non è necessario includere tutte le 4 fasi in uno studio; l'inclusione o l'esclusione, in particolare della terza e quarta fase, dipende dagli obiettivi che ci si è posti inizialmente. Si può, ad esempio, decidere di fermarsi alla fase di calcolo dell'impronta. Nel nostro studio gli obiettivi, i confini e i calcoli hanno in pratica seguito in parallelo le fasi del calcolo dell'impronta di carbonio e del bilancio energetico di cui si parlerà in seguito.

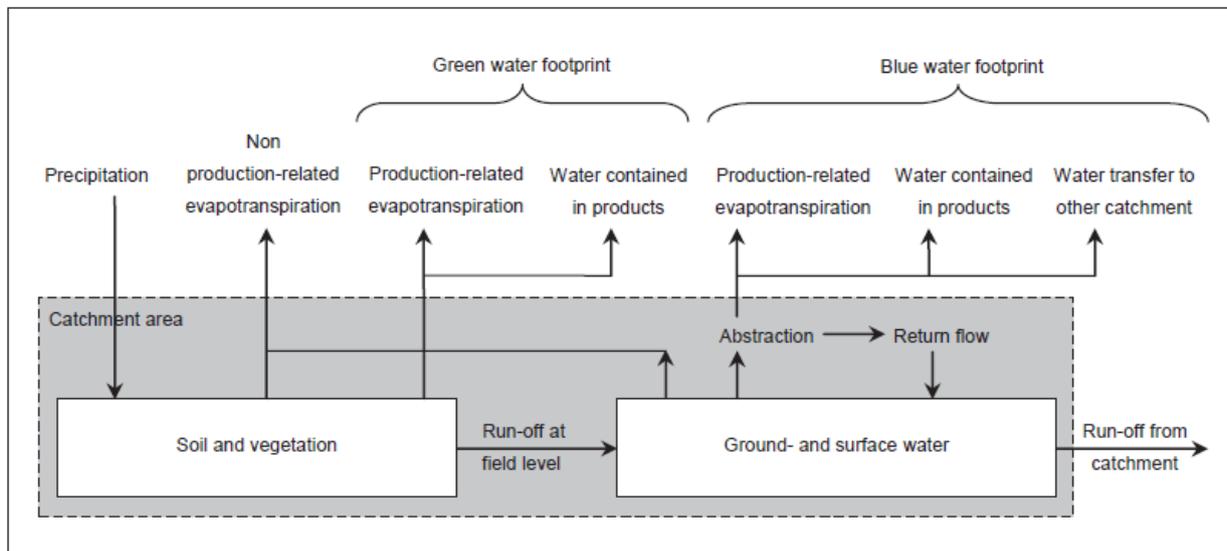
Il computo globale della WF è dato dalla somma di tre componenti:

- *acqua blu*: si riferisce al prelievo di acque superficiali e sotterranee destinate ad un utilizzo per scopi agricoli, domestici e industriali. È la quantità di acqua dolce che non torna a valle del processo produttivo nel medesimo punto in cui è stata prelevata, o vi torna in tempi diversi;

- *acqua verde*: è il volume di acqua piovana che non contribuisce al ruscellamento superficiale e si riferisce principalmente all'acqua evapotraspirata per un utilizzo agricolo. Si tratta di una componente rilevante per le coltivazioni agricole, riferita all'ammontare totale di acqua piovana evapotraspirata durante il periodo di crescita delle colture;

- *acqua grigia*: rappresenta il volume di acqua inquinata, quantificata come volume di acqua necessario per diluire gli inquinanti al punto che la qualità delle acque torni sopra gli standard di qualità.

Figura 3 The water footprint assessment manual Hoekstra et al. (2011)



Questi “tipi” di acqua hanno rischi e impatti potenzialmente diversi sull’ambiente circostante. Infatti, l’uso di acqua blu va ad incidere su falde acquifere e acque superficiali, contribuendo così alla scarsità d’acqua e alla distruzione degli ecosistemi; l’acqua verde ha impatti meno invasivi, essendo acqua intrinseca al sistema pianta-pioggia-suolo e che quindi non compete con altri usi (industriali e civili) (Antonelli e Greco, 2013). Tuttavia, la metodologia di WF attualmente non offre alcuna indicazione su come interpretare o valorizzare i diversi impatti dovuti all’utilizzo dell’acqua verde e blu (Morrison et al., 2009; Hoekstra, 2011).

A questo punto è necessario precisare che l’analisi dell’impronta idrica può andare incontro ad alcuni aspetti critici. Il quantitativo di acqua verde, che in termini volumetrici contribuisce generalmente in modo piuttosto elevato, può non contribuire ad un altrettanto elevato impatto ambientale, perché tale quota di acqua è strettamente correlata ai fabbisogni fisiologici colturali e alle condizioni climatiche territoriali. Per questo motivo nell’analisi dei risultati si è dato più peso alle componenti blu e grigia.

L’acqua blu dovrebbe essere analizzata in rapporto alla disponibilità locale. Se una zona è ricca di acque, l’impatto del prelievo sarà minore, viceversa nelle zone con scarsa disponibilità l’impatto sarà maggiore.

Per l’acqua grigia il tipo di impatto è più intuitivo e di più facile interpretazione, essendo direttamente collegato con la presenza dei fattori potenzialmente inquinanti, tenendo sempre presente che si tratta di un volume di acqua teorico dipendente dal tipo di elemento inquinante scelto per la determinazione del volume di diluizione.

Ad ogni buon conto, è stata stimata l’impronta idrica delle aziende oggetto dello studio in base agli usi e ai fabbisogni aziendali derivanti dalle produzioni; quindi l’acqua utilizzata per soddisfare i fabbisogni idrici dell’allevamento e l’acqua per le produzioni vegetali.

Per queste ultime bisogna tenere presente che i valori sono soggetti a innumerevoli variabili, quali posizione geografica, regime pluviometrico, andamento climatico, tipo di terreno, contenuto di acqua nel suolo, pendenze ecc.

7.1 Sistemi di calcolo adottati.

La componente di acqua grigia è stata calcolata in funzione della quota di nitrati lisciviati, considerati come inquinante di riferimento; la normativa (D.lgs. 31/01) prevede una concentrazione di nitrati nelle acque che fuoriescono dai rubinetti, utilizzati per il consumo umano, non superiore a 50 mg/l.

Inoltre, la direttiva sulle acque sotterranee (direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento) conferma che le concentrazioni di nitrati non devono superare la soglia di 50 mg/l (CE, 2010). In Italia tale direttiva è stata recepita dal Decreto Legislativo 16 marzo 2009, n. 30.

Quindi, in primo luogo si è stimata la quantità di nitrati lisciviati utilizzando il fattore dell'IPCC: fracLAECH (kgN-NO₃/kgN appl) 30% della frazione di N applicato come fertilizzanti di sintesi e organici; 10% e 20% nel caso di prati stabili e medica rispettivamente (CRPA dati non pubblicati). Successivamente, in base alla quota di nitrati lisciviati, è stato calcolato l'ammontare teorico di acqua necessario a portare i nitrati al valore massimo di 50 mg/l.

Per la determinazione della quota di acqua verde delle colture aziendali si è deciso di utilizzare la procedura adottata per la stima delle piogge evapotraspirate utili, sviluppata dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, Servizio per la conservazione del suolo (USDA - SCS 2006).

Tale metodo si basa su un'espressione empirica che determina la quota delle precipitazioni totali consumate per evapotraspirazione, con riferimento ad una data riserva idrica utilizzabile (RU), intendendo con essa il contenuto idrico compreso tra il punto di appassimento e la capacità di campo, limitatamente allo strato di terreno occupato dalle radici.

La formula per il calcolo delle precipitazioni consumate per evapotraspirazione (Pu) prevede l'utilizzo dei valori mensili della piovosità e dell'evapotraspirazione. Tali valori sono stati rilevati dai dati meteo delle serie storiche dei luoghi dove sono ubicate le aziende partner, considerando i mesi del ciclo vegetativo di crescita delle colture:

$$Pu = fc [1,253 \times P^{0,824} - 2,935] \times 10^{(0,001 ET)}$$

dove:

fc è il coefficiente fattore di correzione che dipende dalla riserva idrica utilizzabile; assume il valore 1 per la condizione pedologica standard

P è il valore delle precipitazioni totali mensili (mm)

ET rappresenta l'evapotraspirazione totale mensile (mm).

Ad esempio, per una precipitazione mensile di 50 mm con una evapotraspirazione di 75 mm avremmo un P_u di 34 mm, posto $f_c = 1$.

Si è assunto per tutte le aziende il valore $f_c=1$ considerando una condizione pedologica standard, caratterizzata da una riserva utilizzabile di 150 mm per metro di suolo e una profondità radicale di 50 cm, equivalente a una riserva utile di 75 mm; tale situazione è con l'ubicazione dei campi aziendali.

Per la stima della quota di acqua blu per le colture si sono utilizzati i valori effettivi di irrigazione che sono stati erogati nell'annata di riferimento, stimando l'evapotraspirazione dell'acqua blu con la stessa formula e i dati ambientali utilizzati per la quota verde.

Per quel che riguarda il calcolo dell'acqua incorporata nelle colture i valori sono poco significativi e generalmente compresi tra 0,1 e 1%, della intera quota di evapotraspirazione. Per questo motivo si è deciso di computare la quota di umidità delle colture al 50% tra quota verde e blu.

Non è stata computata, invece, la quota di acqua blu riguardante le perdite dovute al trasferimento ad altri bacini idrici (water transfert to other catchment). Nelle aree agricole interessate dallo studio i canali di approvvigionamento sono di sviluppo limitato, per cui questa quota può ragionevolmente ritornare in tempi brevi a disposizione del bacino del comprensorio.

Essendo di fatto impossibile determinare in modo diretto le quote di impronta idrica degli alimenti di provenienza extra-aziendale, che possono provenire da zone geografiche molto distanti e in differenti realtà climatiche, si è optato per adottare i valori di riferimento dalla bibliografia (Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y., 2010), prendendo come dato il valore medio mondiale per singola coltura.

Per i fabbisogni dell'allevamento i valori sono stati forniti direttamente da stime degli allevatori in base a calcoli di competenza aziendale, tenendo conto dell'acqua per l'idratazione degli animali e di quella per i lavaggi.

Per la stima dei fabbisogni idrici diversi dagli alimenti e dai fabbisogni di stalla si è fatto ricorso ai valori della banca dati Ecoinvent 3, utilizzando il software Simapro. Questo utilizza la metodologia consolidata di Hoekstra (2011) per il calcolo dei consumi di acqua blu di concimi, agrofarmaci, carburanti, elettricità, animali in ingresso ecc. In questi casi viene considerata solo la stima dell'acqua blu. Così, ad esempio, per l'urea il valore risulta di $0,112 \text{ m}^3/\text{kg}$ di N.

8 Metodologia per il bilancio dei flussi energetici

In primo luogo sono stati individuati e valutati i flussi di energia che prendono parte alla produzione dell'azienda agricola. Come per l'impronta di carbonio e l'impronta idrica, è stato necessario circoscrivere il campo di indagine definendo a priori i confini dei processi del sistema nell'intervallo di tempo stabilito: confini e tempi sono naturalmente coincidenti con quelli delle precedenti analisi.

Successivamente sono stati applicati dei valori di equivalenza energetica che consentono di convertire in unità omogenee di energia primaria le quantità di fattori in entrata e di prodotti in uscita, utilizzando come unità di misura dell'energia il Joule (J).

Il fabbisogno energetico totale di un processo produttivo risulta dalla somma delle energie parziali associate ad ogni fase del processo. I processi considerati sono tutti quelli che contribuiscono alla produzione; di conseguenza, sono stati presi in considerazione i consumi energetici associati alle produzioni zootecniche e vegetali.

E' stato assegnato un valore energetico di energia primaria a ciascun input: consumi diretti quali carburanti ed energia elettrica e consumi indiretti, cioè energia necessaria alla produzione di concimi, antiparassitari, mangimi extra-aziendali, macchine, attrezzi, animali in ingresso ecc. Per gli input diretti ci si è basati sul valore energetico contenuto nel prodotto, mentre per quelli indiretti si è fatto ricorso a banche dati internazionali, con una prevalenza di utilizzo della banca dati Ecoinvent 3, utilizzando la metodologia CED (Cumulative Energy Demand), tenendo conto dei fabbisogni energetici relativi alle fonti fossili e nucleare (non renewable fossil, non renewable nuclear). Queste fonti energetiche (fossili e nucleari) sono quelle che in effetti pesano gravemente sul bilancio energetico mondiale, al contrario delle energie rinnovabili che per definizione sono sostanzialmente e teoricamente inesauribili. Il problema, oltre che ambientale, è anche in prospettiva futura, per l'inevitabile esaurimento delle materie prime (petrolio, carbone, gas e uranio). Di conseguenza ad ogni fattore di produzione è stata assegnata una quota di energia non rinnovabile. Ad esempio, la spesa energetica di fonte fossile e nucleare necessaria per produrre il mais per l'alimentazione zootecnica è pari a 3,11 MJ/kg, mentre per produrre una macchina agricola si stimano 61,57 MJ/kg.

Per dare una valutazione del bilancio energetico aziendale, cioè dei flussi di energia in entrata e in uscita, è necessario moltiplicare la quantità di ogni fattore col corrispondente valore energetico e sommare questi valori per ottenere l'energia totale immessa nel processo.

Si tratta poi di identificare e quantificare tutti gli output del processo, valutando l'energia incorporata nei prodotti principali e nei sottoprodotti, attribuendo un valore energetico sulla base dell'energia metabolizzabile per i prodotti alimentari e del contenuto calorico per tutti gli altri prodotti. Per valore energetico di un alimento si intende la quantità di energia che un alimento riesce a fornire direttamente. Per il latte si è attribuito il valore di 3.052 MJ/kg in base alla formula di O.R. Overman (1933) per una bovina di razza frisona con una percentuale di grasso (PG) nel latte del 3.7% dove l'energia contenuta nel latte $E=128.19*(1.99+PG)=729,4 \text{ kcal}=3.052 \text{ MJ/kg}$

Per la carne abbiamo considerato gli animali in uscita: vacche riformate, vitelli, manze di scarto. In base a un peso standard si è ipotizzata una resa al macello del 65%. Si è fatto riferimento alla seguente suddivisione della carcassa (Scanzi, 2000):

- I° categoria, masse muscolari della coscia (fese) e carré, che rappresenta circa il 35% del peso della carcassa;
- II° categoria, muscoli delle spalle, reale, bianco/costato e garretto posteriore, che rappresenta circa il 25% del peso della carcassa;
- III° categoria, petto, punta, fiocco e collo, che rappresenta circa il 20% del peso della carcassa.

Si ottiene un'80% della carcassa edibile, per cui da una vacca riformata di 620 kg otterremo (620 kg x 65% x 80%) 322 kg di parte edibile. Stimando poi in media circa 5 MJ/kg di carne, avremo 1.610 MJ per una bovina adulta. In particolare, sono stati calcolati i seguenti valori: 5,021 MJ/kg per le vacche adulte, 5,481 MJ/kg per le manze e 5,084 MJ/kg per i vitelli (valori stima da dati bibliografici: <https://iaassassari.files.wordpress.com/2012/07/produzione-carne-1.pdf>).

Per le produzioni vegetali che non entrano nel ciclo di alimentazione della mandria si è calcolata l'energia potenziale delle biomassa in uscita, in base ai valori in MJ/kg s.s. (Diepenbrock, 1995, Maier et al., 1988, Erzinger, 2002, FAT pers.comm.).

Per effettuare il bilancio energetico dell'azienda agricola si è poi calcolata la resa energetica, come differenza fra il contenuto energetico del prodotto (MJ) e l'energia spesa per produrlo (MJ), ottenendo la produzione netta di energia (differenza fra l'energia prodotta nel processo e la spesa energetica riferita all'unità di produzione).

8.1 Elenco dei principali processi utilizzati nello studio (software Simapro)

Per la misura degli impatti dei dati secondari non reperibili direttamente in azienda si è fatto ricorso alla banca dati Ecoinvent inclusa nel software SimaPro.

Di seguito sono elencati i processi utilizzati ricavati dalla banca dati Ecoinvent del software SimaPro per il calcolo dell'impronta di carbonio, dell'impronta idrica e del fabbisogno energetico (fossile e nucleare).

Agricultural machinery, unspecified {RoW}| production | Alloc Def, U.

Alfalfa-grass mixture, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Ammonium nitrate, as N {RER}| ammonium nitrate production | Alloc Def, U.

Barley grain, feed, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Barley grain, Swiss integrated production {CH}| barley production, Swiss integrated production, intensive | Alloc Def, U.

Cattle for slaughtering, live weight {CA-QC}| milk production, from cow | Alloc Def, U.

Chemicals inorganic LCA Food DK.

Destruction of bone, blood and meat meal LCA Food DK.

Diesel {RER}| market group for | Alloc Def, U.

Electricity, high voltage {IT}| heat and power co-generation, biogas, gas engine | Alloc Def, U.

Electricity, low voltage {IT}| electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted | Alloc Def, U.

Electricity, medium voltage {IT}| market for | Alloc Def, U.

Hay, Swiss integrated production, extensive {CH}| production | Alloc Def, U.

Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland}| heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW | Alloc Def, U.

Liquefied petroleum gas {Europe without Switzerland}| petroleum refinery operation | Alloc Def, U.

Lubricating oil {RER}| production | Alloc Def, U.

Maize grain, feed, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Maize grain, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Maize grain, Swiss integrated production {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Mixed plastics (waste treatment) {GLO}| recycling of mixed plastics | Alloc Def, U.

Municipal solid waste {CH}| treatment of, sanitary landfill | Alloc Def, U.

Municipal solid waste {IT}| treatment of, incineration | Alloc Def, U.

Nitrogen fertiliser, as N {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Oat grain, feed {RoW}| oat grain, feed production | Alloc Def, U.

Paper (waste treatment) {GLO}| recycling of paper | Alloc Def, U.

Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Phosphate fertiliser, as P2O5 {RER}| single superphosphate production | Alloc Def, U.

Phosphate fertiliser, as P2O5 {RER}| triple superphosphate production | Alloc Def, U.

Polyethylene, high density, granulate {RER}| production | Alloc Def, U.

Potassium fertiliser, as K2O {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Protein feed, 100% crude {GLO}| Distiller's Dried Grains with Solubles to generic market for protein feed | Alloc Def, U.

Protein feed, 100% crude {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Rye grain, feed, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Soap {RER}| production | Alloc Def, U.

Soybean, feed {CA-QC}| production | Alloc Def, U.

Soybean, feed {RoW}| production | Alloc Def, U.

Soybean, Swiss integrated production {GLO}| market for | Alloc Def, U.

Soybean, Swiss integrated production {RoW}| soybean production, Swiss integrated production, intensive | Alloc Def, U

Straw {CH}| wheat production, Swiss integrated production, intensive | Alloc Def, U.

Tap water {RER}| market group for | Alloc Def, U.

Transport, freight, lorry, unspecified {RER}| transport, freight, lorry, all sizes, EURO5 to generic market for | Alloc Def, U.

Urea, as N {RER}| production | Alloc Def, U.

Waste mineral oil {Europe without Switzerland}| market for waste mineral oil | Alloc Def, U.

Wheat grain, feed, Swiss integrated production {CH}| production | Alloc Def, U.

Wheat grain, Swiss integrated production {CH}| wheat production, Swiss integrated production, intensive | Alloc Def, U.

9 Metodologia del bilancio economico

Per l'analisi dei dati economici si è utilizzato il software *Milk Money* (MM) prodotto direttamente dal CRPA, che permette il calcolo del costo di produzione del latte, suddiviso nei costi diretti e nei fattori della produzione. Il software mette in relazione i costi con i ricavi (prezzo del latte, contributi pubblici ecc.) e permette la valutazione della redditività delle singole aziende.

Il programma MM è un servizio on-line del CRPA per il calcolo del costo di produzione del latte e della redditività in aziende specializzate. Oltre a valutare profitto, reddito familiare e remunerazione oraria del lavoro, MM permette il confronto con altre aziende per individuare le strategie più adatte per migliorare le proprie performance economiche (*benchmarking*).

La metodologia di base è quella sviluppata nel corso degli anni nell'ambito dell'EDF (European Dairy Farmers), associazione europea produttori latte che aggrega quasi 300 produttori in 19 paesi e che, sulla base dei suggerimenti degli allevatori-soci, ha sviluppato un modello di facile utilizzo e comprensione da parte degli stessi allevatori, studiato specificatamente per le aziende da latte.

La metodologia si basa sulla rilevazione di dati tecnici ed economici dell'azienda facilmente accessibili a tecnici e allevatori; in pratica, si richiedono i dati unitari che poi il programma elabora in una forma complessa, riportando il tutto a unità di misura uniformi e confrontabili.

La fase di input dei dati aziendali è suddivisa nelle seguenti sezioni:

1. Utilizzazione del suolo. Semplici informazioni relative alle modalità di utilizzo dei terreni agricoli.
2. Allevamenti. Vanno specificate le consistenze, le compravendite delle produzioni animali, le razioni alimentari e l'efficienza tecnica dell'allevamento.
3. Fabbricati. Tipologie e caratteristiche dei fabbricati utilizzati per l'attività agricola.
4. Macchine. Tipologie di macchine utilizzate per l'attività agricola e loro valore a nuovo.
5. Manodopera. Unità lavorative presenti in azienda e loro impegno.
6. Flussi di cassa. Entrate (ricavi) ed esborsi monetari (costi) effettivamente sostenuti dall'imprenditore agricolo.

In queste sei sezioni ricadono tutte le informazioni utili al calcolo del costo di produzione e alla redditività delle aziende da latte.

Il costo del capitale fondiario viene valutato in base al valore medio di affitto della terra nella zona in cui l'azienda opera.

Gli ammortamenti prevedono la raccolta dei dati tecnici relativi al parco macchine e ai fabbricati. Non vengono richieste informazioni sui mutui o sui prestiti di conduzione, perché l'analisi è prettamente economica e non finanziaria.

Gli investimenti vengono valutati al nuovo, e sulla metà del valore a nuovo si calcolano le quote di ammortamento e gli interessi sul capitale investito.

Gli interessi sul capitale agrario e sul capitale di anticipazione vengono calcolati a un tasso di interesse pari alla media del rendimento dei BOT a 12 mesi, in base al principio del costo di opportunità.

La manodopera relativa al lavoro familiare viene calcolata in base ai tempi di lavoro effettivamente svolti dal conduttore e della sua famiglia. Un prospetto apposito rileva le ore di lavoro impiegate per l'allevamento bovino e per la produzione di foraggio aziendale. Alle ore del lavoro familiare viene attribuita una tariffa oraria in vigore per i lavoratori salariati negli allevamenti. Tale tariffa è comprensiva delle mensilità aggiuntive. Gli oneri sociali sul lavoro familiare vengono rilevati a parte.

Per ogni area in cui si svolge l'analisi dei costi di produzione si utilizza il contratto provinciale di lavoro in vigore; a questo valore si sommano gli importi effettivamente pagati per la manodopera salariata presente in azienda.

Tutte le informazioni raccolte permettono di calcolare il costo di produzione del latte riferito ai 100 kg di latte prodotto e una serie di indicatori di reddito espressi in moneta corrente (Euro).

COSTO TOTALE = Somma dei costi diretti + costo dei fattori di produzione / latte prodotto

PROFITTO (RICAVI TOTALI - COSTI TOTALI) = Differenza tra ricavi totali - costi totali /latte prodotto

REDDITO FAMILIARE (RICAVI TOTALI) – (COSTI DIRETTI + COSTI FATTORI DI PRODUZIONE PAGATI) = Profitto + costo terra in proprietà + costo lavoro familiare + interessi sul capitale investito e sul capitale di anticipazione

REMUNERAZIONE ORARIA = (profitto + costo lavoro familiare + costo lavoro salariato) / (ore lavoro familiare + ore lavoro salariato)

PUNTO DI PAREGGIO = (Costo totale - ricavi carne - contributi - altri ricavi) - (costo terra in proprietà + costo lavoro familiare + costo interessi capitale)

Gli indicatori economici sono corredati da tutti gli indici tecnici aziendali utili a interpretare meglio i dati e capire se le scelte tecniche dell'allevatore sono in linea con quelle di aziende simili operanti nella zona.

10 Indici di valutazione ambientale e Indice metabolico-economico (IME)

Una criticità inerente gli indicatori della sostenibilità è data dal fatto che non esiste ancora un quadro certo e definito rispetto al concetto di sostenibilità; non vi è certezza sugli indicatori che possano dare risposte inconfutabili e di conseguenza non sono certe le strade percorribili per raggiungere un'adeguata valutazione ambientale Trossero E. (2013).

Questa indeterminazione non influenza comunque l'impostazione metodologica di calcolo, che ha seguito regole internazionali generalmente e ufficialmente riconosciute.

Tale indeterminazione riguarda piuttosto una visione complessiva di insieme di sostenibilità. A ciò si è cercato di trovare rimedio mediante l'utilizzo di alcuni indicatori specifici, che possono dare un'indicazione la più possibile realistica e aiutare nella valutazione e nell'analisi della sostenibilità. Tali indicatori sono: l'impronta di carbonio, l'impronta idrica, il bilancio energetico e il bilancio economico. Si è inoltre cercato di valutare l'insieme dei risultati attraverso un indice di aggregazione, che comprenda tutti gli impatti ambientali analizzati unitamente ai parametri economici, per una valutazione globale della sostenibilità ambientale ed economica.

10.1 Indice impronta di carbonio

L'azienda agricola zootecnica, in genere, è un'importante fonte emissiva di CO₂, ma esiste anche un potenziale di sequestro di carbonio, ad esempio attraverso le pratiche conservative (agricoltura blu); le lavorazioni ridotte del terreno, la semina su sodo, la prolungata copertura vegetale del terreno (cover crops), l'interramento dei residui colturali, l'utilizzo degli effluenti di allevamento, sono tutte pratiche che vanno in questa direzione.

Tutti i vegetali assorbono carbonio nel loro ciclo vitale, ma nelle colture non legnose tale carbonio viene rapidamente restituito all'ambiente; ad esempio, il carbonio contenuto negli alimenti viene rapidamente trasformato dal metabolismo dell'animale e restituito attraverso i processi di respirazione. Per questo il carbonio assorbito dalle colture vegetali non viene di norma considerato come carbonio sequestrato nei conteggi per l'impronta di carbonio. Questo carbonio è stato però utilizzato per la quantificazione dell'indice teorico di valutazione della CO₂. Pertanto, è stata considerata la capacità assorbente di tutte le colture e del terreno (sequestro) dell'azienda.

In particolare, sono state conteggiate le sole colture che concorrono all'alimentazione del bestiame, mentre si sono tralasciate quelle estranee alla razione; ciò per evitare che una maggiore o minore presenza di produzioni vegetali non zootecniche potesse influenzare significativamente il risultato, considerando che l'obiettivo e i valori di riferimento sono relativi alla produzioni dell'allevamento da latte per PR.

Come capacità di assorbimento sono stati presi i valori della banca dati Ecoinvent inseriti nel software di calcolo Simapro. Per il calcolo del sequestro di carbonio si rimanda a quanto detto in precedenza. L'indice di valutazione è dato dalla differenza tra la CO₂ prodotta e la CO₂ sequestrata; naturalmente, se l'indice è negativo significa che l'azienda assorbe più CO₂ di quanta ne produce, mentre se è positivo vuol dire che il sequestro è inferiore rispetto alla CO₂ emessa.

10.2 Indice impronta idrica

Come indice di valutazione ambientale si è deciso di considerare il valore calcolato (Mekonnen e Hoekstra, 2010) di 1.020 l di acqua per litro di latte. Dal confronto tra il valore calcolato in azienda e quello di riferimento si può ottenere una valutazione dell'impronta idrica. Allo stesso modo, può essere utilizzato il valore di impronta calcolato per 1 kg di carne con quello riscontrato da Mekonnen e Hoekstra (2010), pari a 15.415 l/kg di carne.

10.3 Indice bilancio energetico

Come indice di valutazione è stato calcolato l'EROEI (Energy Returned On Energy Invested o Energy Return On Investment), che rappresenta il ritorno energetico sull'investimento energetico, ovvero l'energia ricavata sull'energia consumata; tale coefficiente, riferito a una data fonte di energia, ne indica la sua convenienza in termini di resa energetica. Ne risulta che un processo con un EROEI inferiore a 1 è in perdita da un punto di vista energetico, mentre nel caso di valore superiore a 1 il processo ha un saldo energetico attivo.

$$EROEI = \frac{\text{Energia ricavata}}{\text{Energia spesa}}$$

Inoltre, è stato considerato un altro indicatore utilizzato negli studi degli impatti ambientali urbani, verificati attraverso l'analisi metabolica per la valutazione dei sistemi energetici; si tratta dell'Indice Metabolico di Sostenibilità Energetica (IMSE). Tale indicatore si basa sulla percentuale di energia rinnovabile prodotta in loco. Questo può diventare un indicatore significativo per i flussi energetici. Maggiore è la percentuale di autoproduzione, meno l'azienda o la zona di produzione studiata dipenderà per la richiesta energetica da territori esterni ai propri confini, e di conseguenza minori saranno gli impatti ambientali.

Negli studi sulle zone urbane l'indice ha come riferimento l'unità di superficie abitativa (kWh/m²), mentre nel nostro caso, essendo il latte il prodotto principale, si utilizza come parametro di riferimento 1 kg di latte e utilizzando come unità di misura i MJ/kg di latte invece dei kWh/m², adattando l'indice senza però modificarne il concetto e la funzionalità.

Tale indice può essere espresso come segue:

$$IMSE = C - (C \times \%R)$$

dove:

C = consumo per la produzione di 1 kg di latte, espresso in MJ/kg anno

%R = percentuale di energia rinnovabile in rapporto al consumo totale di energia primaria.

L'IMSE consente di dare un'indicazione della sostenibilità energetica che non si basa solo sull'efficienza, ma introducendo la percentuale di energie rinnovabili fornisce un'indicazione anche del rapporto tra unità produttiva e contesto geografico territoriale.

Il valore di IMSE (MJ/kg latte) esprime la quantità di energia che ogni litro di latte riceve dall'esterno dell'azienda. E' la richiesta energetica che l'azienda farà alla rete elettrica e/o ai combustibili fossili e che graverà su territori e su ecosistemi distanti anche migliaia di chilometri.

Più i valori dell'indice sono elevati, più l'azienda dipende da fonti non rinnovabili. Un indice uguale a zero significa che tutta l'energia necessaria alla produzione deriva da fonti rinnovabili. Teoricamente, l'indice può assumere anche valore negativo nel caso in cui l'azienda produca più energia da fonti rinnovabili rispetto a quella necessaria al suo funzionamento.

10.4 Indice bilancio economico

La differenza tra ricavi totali e costi totali è assunta come indice di controllo della sostenibilità economica dell'azienda.

10.5 Indice metabolico-economico

L'indice metabolico-economico (IME), espresso in euro, vuole essere un indice globale di aggregazione nella valutazione della sostenibilità ambientale ed economica. Il principio di creazione dell'indice si basa sull'allocazione economica dei risultati, similmente all'allocazione degli impatti usata nelle analisi LCA. Questo viene fatto attribuendo dei coefficienti per IME a ogni impatto valutato: in sostanza, viene attribuito un costo economico che si deve sostenere per bilanciare l'impatto dei gas serra, dell'impronta idrica e del consumo di energia. Nel calcolo vengono esclusi benefici e impatti derivanti dalle produzioni vegetali non strettamente connesse con le produzioni zootecniche, coerentemente con il piano di indagine dello studio che vuole verificare il modello metabolico applicabile a un'azienda produttrice di latte per il PR.

In primo luogo viene preso in considerazione il bilancio economico, come punto di riferimento; il coefficiente del bilancio economico è pari a 1. Quindi, il risultato del bilancio in euro viene moltiplicato per 1 per ottenere il valore di IME1 (quota IME per il bilancio economico). Per esempio, se il bilancio presenta un profitto di 8.000 euro, avremo:

$$\text{IME1} = 8.000 \times 1 = 8.000$$

Per valutare gli impatti ambientali insieme al bilancio economico si devono trasformare i singoli impatti in valori di costo. Quindi, si deve calcolare quanto costa smaltire la CO₂eq emessa dall'azienda o quanto costa ripristinare l'energia spesa per la produzione e l'acqua dell'impronta idrica.

Per fare ciò devono essere attribuiti altri coefficienti al fine di calcolare le rispettive quote di IME.

Come coefficiente del bilancio energetico si è calcolato il costo all'ingrosso dell'energia elettrica e come riferimento si è presa la media dell'anno 2016 del PUN, cioè del prezzo unico nazionale dell'energia elettrica, che viene definito per ogni ora di ogni giorno sulla base dell'incontro tra domanda e offerta sulla Borsa dell'Energia Elettrica gestita dal GME (Gestore dei mercati energetici). Nel 2016 il PUN ha registrato il valore medio annuale di 42,78 €/MWh.

Partendo da questo valore si ottiene il coefficiente 0,01188 rapportato al MJ ((42,78/1000)/3,6). Tale coefficiente si moltiplica poi per la differenza fra l'energia spesa e quella ricavata. Ad esempio, se tale differenza è di 100.000 MJ si ottiene il seguente valore di IME2 (quota IME per il bilancio energetico):

$$\text{IME2} = 0,01188 \times 100.000 = 1.880$$

Quindi, l'indice è equiparabile alla somma di denaro necessaria per "ripagare" il deficit energetico. Come coefficiente di bilancio dell'impronta idrica, essendo il prezzo dell'acqua di irrigazione dipendente dalla dislocazione territoriale dell'azienda e quindi estremamente variabile in relazione alle diverse situazioni, si è deciso di prendere un indice generico, facendo riferimento a uno studio di A.Garrido e J.Calatrava OECD (2010) (Organisation for Economic Cooperation and Development) dove viene proposta una tariffa di 0,015 €/m³ per le zone del Nord Italia. In questo caso si moltiplica il fabbisogno totale di acqua grigia per tale indice. Ad esempio, se fossero necessari 100.000 m³ di acqua grigia, avremmo il seguente IME3 (quota IME per l'impronta idrica):

$$\text{IME3} = 0,015 \times 100.000 = 1.500$$

Anche in questo caso l'indice è equiparabile al denaro per "pagare" l'acqua necessaria alla diluizione degli inquinanti.

Si computa in questo indice la sola acqua grigia, in quanto gli altri due tipi di acqua (verde e blu) sono in un certo senso acque "pulite", che fanno parte del ciclo naturale dell'acqua.

Per il coefficiente dell'impronta di carbonio si fa riferimento alla capacità dei boschi di catturare la CO₂. La logica è quella di utilizzare come indicatore il costo che si dovrebbe sostenere per acquistare un'area di bosco sufficiente al sequestro di carbonio necessario per "coprire" gli impatti aziendali.

Nelle zone temperate si può considerare una fissazione teorica di carbonio di 5 t/ha anno E. Della Valle et al. (2009): infatti, stimando che il 50% del carbonio fissato venga utilizzato da altri componenti dell'ecosistema, quali animali e batteri, risultano 2.500 kg/anno di carbonio netto sequestrato in un ettaro di bosco. Considerando che a 1 kg di carbonio corrispondono circa 3,67 kg di CO₂ (1 x 44/12, con riferimento alla massa molare della CO₂ del C) avremo circa 9.167 kg/anno di CO₂ assorbiti per ettaro. Il costo medio di un'area boschiva in territorio reggiano è di 4.100 €/ha (Valori medi agricoli dell'anno 2016 della Agenzia delle entrate, Ufficio del territorio provincia di Reggio Emilia), per cui, con un periodo di potenziale assorbimento di 50 anni, corrispondente al ciclo normale di sviluppo di una foresta, compreso fra 30 e 70 anni, avremo:

$$(4.100/50)/9.167 = 0,0089451 \text{ €/kg CO}_2\text{eq}$$

Supponendo che l'azienda emetta 500.000 kg/anno di CO₂eq, otterremo il seguente IME4 (quota IME per l'impronta del carbonio):

$$\text{IME4} = 0,0089451 \times 500.000 = 4.473$$

Tale indice rappresenta il costo per l'acquisto del bosco teorico necessario a bilanciare le emissioni di gas a effetto serra:

A questo punto, l'IME complessivo si ottiene dalla somma dei quattro indici considerati; riferendosi agli esempi precedenti ponendo il segno meno sugli indici energetico, idrico e di impronta di carbonio, abbiamo:

IME1 (indice economico)	8.000
IME2 (indice energetico)	-1.188
IME3 (indice impronta idrica)	-1.500
<u>IME4 (indice impronta di carbonio)</u>	<u>-4.473</u>
IME (indice metabolico-economico)	839

Nel caso di valore positivo, come in questo esempio, si ottiene un'indicazione di sostenibilità ambientale ed economica.

L'obiettivo di questo indicatore non è tanto di dare un giudizio preciso e certo per la singola azienda, quanto piuttosto di fornire una tendenza globale circa la possibile sostenibilità nel tempo del sistema di produzione del latte nell'area del PR.

Peraltro, in questo studio sono stati presi in considerazione solo tre tipo di impatto (impronta di carbonio, impronta idrica, consumi energetici), tralasciandone altri, quali l'eutrofizzazione, l'acidificazione, le polveri sottili ecc. Tale metodologia può naturalmente essere ampliata per altre forme di impatto o con differenti criteri di valutazione e di "pesatura" degli impatti". In ogni caso, gli indici di misurazione sono soprattutto utili per la valutazione di possibili differenti scenari, che possono essere stimati anche attraverso diversi processi produttivi, alla ricerca di potenziali effetti di mitigazione degli impatti.

11 Strategie di miglioramento e di mitigazione degli impatti.

In agricoltura, come in molti processi produttivi che hanno a che fare con processi naturali, gli impatti ambientali risultano da una pluralità di processi biologici complessi, condizionati da numerose variabili difficilmente controllabili.

E' comunque possibile intervenire attraverso azioni mirate. Tali azioni possono avere un benefico effetto, come quello di diminuire l'effetto serra o l'impronta idrica o ridurre il consumo di energia.

In generale, si è considerato un insieme di azioni di mitigazione che riguardano le rese produttive, la fase di alimentazione, i consumi energetici, la possibilità di sequestro di carbonio e il risparmio delle risorse idriche.

L'aumento delle rese produttive offre opportunità per l'ottimizzazione della produzione agricola per unità di superficie o per unità di prodotto, compatibilmente con i vincoli di sostenibilità economica e ambientale. Infatti, maggiore è l'efficienza produttiva, minori sono gli impatti, in quanto questi sono ripartiti su una maggior quantità di prodotto.

L'alimentazione gioca un ruolo di fondamentale importanza nelle produzioni zootecniche e influisce in modo determinante sulla qualità dell'allevamento e sul prodotto finale. Possono andare nella giusta direzione gli accorgimenti tendenti a migliorare la digeribilità, con limitazione della produzione di metano a livello ruminale.

Riguardo all'energia, il risparmio energetico è sempre più una priorità in tutte le attività umane. L'esigenza di limitare i consumi energetici, specialmente quelli derivanti da risorse fossili, risulta sempre più necessario sia dal punto di vista economico che da quello ambientale. Sono stati considerati due interventi: miglioramento dell'efficienza energetica e produzione di energia aziendale da fonti rinnovabili (fotovoltaico e biogas).

L'azienda agricolo-zootecnica può contribuire alla diminuzione dei gas serra anche attraverso interventi che favoriscono il sequestro naturale del carbonio, quali la riduzione delle lavorazioni meccaniche del terreno, che ritardano la mineralizzazione della sostanza organica, l'interramento dei residui vegetali, l'utilizzo degli effluenti di allevamento e la copertura vegetale prolungata del terreno (cover crops) IPCC (2006).

La riduzione dell'impronta dell'acqua va nella direzione di un' oculata gestione delle risorse idriche, attraverso la ricerca della massima efficienza di irrigazione, secondo le esigenze colturali, nella diminuzione dei fattori inquinanti e nel reperimento di alimenti extra aziendali da fonti sicure e poco impattanti.

12 Descrizione delle aziende

Nella esposizione dei dati aziendali i valori sono mostrati in forma anonima per cui le aziende saranno nominate come Azienda 1, 2, 3 con ordine di presentazione casuale.

Azienda 1

L'azienda ha come principale attività l'allevamento di bovini per la produzione di latte da destinare alla caseificazione in PR. La mandria è composta da circa 830 bovini, di cui 436 vacche da latte. Il centro aziendale dispone di 43 ha di terreno coltivati a erba medica, prati polifiti e loietto. Non viene effettuata nessuna concimazione chimica, ma solo concimazioni organiche e non vengono utilizzati agrofarmaci.

I soci conferiscono alla cooperativa il foraggio per l'alimentazione della mandria. La produzione annua è di circa 3.780 t di latte, 8670 litri/capo. In azienda è presente un impianto fotovoltaico della potenza di 300 kW, con una produzione di 300.000 kWh/anno. Da segnalare anche il fatto che i liquami prodotti in stalla vanno ad alimentare un impianto di biogas consortile per la produzione di energia elettrica, con una produzione stimata netta di circa 200.000 kWh/anno.

Azienda 2

Azienda zootecnica con allevamento di bovini da latte per la produzione di PR. La mandria è costituita da 280 capi, di cui 130 vacche da latte. Si coltivano poco meno di 150 ha, dei quali il 40% destinato alla produzione di alimenti per l'allevamento e il rimanente 60% a frumento, barbabietola e mais per la vendita. La produzione media annua di latte è di circa 1.302 t., circa 10.000 litri/capo

Il liquame prodotto viene portato a un impianto consortile per la produzione di biogas con una produzione stimata di circa 84.000 kWh. L'azienda è fornita di un impianto fotovoltaico della potenza di 70 kW, con una produzione media di circa 80.000 kWh/anno.

Azienda 3

L'azienda alleva bovini per la produzione di latte destinato alla trasformazione in PR. La consistenza media della mandria è di circa 200 capi di cui 113 vacche da latte. L'azienda dispone di circa 100 ha di SAU coltivati a erba medica, frumento, loietto e prati stabili, le cui produzioni sono destinate principalmente all'alimentazione della mandria.

La concimazione viene effettuata in gran parte sfruttando gli effluenti zootecnici, con uso molto limitato di concimi chimici e antiparassitari. Nei campi viene effettuata una lavorazione dei terreni ridotta, senza l'uso dell'aratro, con operatrici trasformate e personalizzate direttamente dal titolare; essendo tale pratica iniziata da pochi anni, è stato calcolato un effetto di sequestro di

carbonio nelle colture coinvolte da tale tecnica. La produzione di latte standard annua prodotto è di circa 1.001 t (circa 8.860 litri/capo).

Sul tetto della stalla è presente un impianto fotovoltaico della potenza di 50 kWp, con una produzione annua di circa 50.000 kWh.

Nelle pagine seguenti sono riportati i principali parametri che sono stati utilizzati per il calcolo del modello metabolico delle tre aziende che partecipano al progetto.

In primo luogo la composizione media della mandria e principali indici tecnico-produttivi caratteristici delle singole aziende, riassunti nella Tabella 9 e nella Tabella 10.

Tabella 9. Composizione media della mandria per le tre aziende di bovine da latte

Azienda	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
Razza	Frisona	Frisona	Frisona
Vacche da latte	436	130	113
di cui in lattazione	375	110	95
di cui in asciutta	61	20	18
Manze gravide	152	60	25
Manze vuote (> 1 anno)	121	30	30
Vitelle/Manzette 4-12 mesi	81	30	25
Vitelle < 4 mesi	41	30	12
Vitelli ingrasso	0	1	0
Tori	2	0	0
Età al primo parto (m)	25.6	25.4	24
Interparto medio d'allevamento (d)	402	420	414
N. medio parti/carriera per vacca	2,1	2,6	2,6
Durata media carriera vacca (mesi)	41,7	56,4	31,2
Durata media fase lattazione (d)	340	358	354
Durata media fase asciutta (d)	60	60	58
Grasso latte (%)	3,7%	3,6%	3,7%
Proteine latte (%)	3,3%	3,3%	3,45%
Produzione totale latte (kg/anno):	3.798.700	1.344.000	1.010.000

Tabella 10 Carne in uscita

Azienda 1	n°	Peso vivo unitario (kg/capo)	Peso vivo totale (kg)
Vacche riformate	169	520	87.880
Vitelli venduti	201	80	16.080
Manze da scartare	0	0	0
Animali macellati in azienda	0	0	0
Totale peso vivo venduto			103.960

Azienda 2	n°	Peso vivo unitario (kg/capo)	Peso vivo totale (kg)
Vacche riformate	5	700	3.500
Vitelli venduti	37	50	1.850
Manze da scartare	11	600	6.600
Animali macellati in azienda	2	600	1.200
Totale peso vivo venduto			13.150

Azienda 3	n°	Peso vivo unitario (kg/capo)	Peso vivo totale (kg)
Vacche riformate	25	700	17.500
Vitelli venduti	48	50	2.400
Manze da scartare	0	0	0
Animali macellati in azienda	1	550	550
Totale peso vivo venduto			20.450

In base ai dati di produzione del latte e della carne, seguendo l'approccio proposto dell'International Dairy Federation (FIL IDF, 2015), si sono stabiliti i criteri di allocazione (Tabella 11) riguardo ai diversi impatti prodotti dalle produzioni delle tre aziende.

Tabella 11 Allocazione Latte / Carne

	Latte	Carne
Azienda 1	83,40%	16,60%
Azienda 2	81,57%	18,43%
Azienda 3	87,67%	12,33%

Altra importante caratteristica aziendale è la fase di alimentazione della mandria e, quindi, la composizione della razione somministrata alle bovine. Le razioni per le diverse categorie di peso che compongono la mandria sono state definite direttamente dalle medie annuali di ciascuna azienda. La composizione della razione è stata formulata per le principali fasi produttive (vacche in lattazione, vacche in asciutta, manze e vitelle) sulla base di dati raccolti direttamente in azienda.

Nelle Tabella 12 sono riportate le razioni che sono state utilizzate per i calcoli, differenziate secondo la provenienza (alimenti direttamente prodotti nei campi aziendali e alimenti acquistati).

Tabella 12 razioni

Azienda 1	Da colture aziendali			Alimenti extra-aziendali						
RAZIONE (kg t.q./gg)	medica	prato polifita	loietto	medica	mais	mangime	mais	integratore	soia	prato polifita
Vacche in lattazione	4.71	5.10	0.60	1.29	8.40	4.60	1.80	0.20	1.15	
Vacche asciutte		4.65	2.35		7.00	2.60			0.70	4.00
Manze per rimonta interna (> 1 anno)		6.14					0.50		0.90	0.36
Manze gravide		6.13					0.50		0.90	0.37
Vitelli 4 - 12 mesi		5.50					1.50		1.60	
Vitelli < 4 mesi		2.75					0.75		0.80	

Azienda 2	Da colture aziendali			Alimenti extra-aziendali					
RAZIONE (kg t.q./gg)	medica	prato polifita	frumento foraggero	nuclei proteici	Mais	multimix	soia	mangime	mangime
Vacche in lattazione	6.80	3.00	2.40	5.40	6.60	1.80	1.50		
Vacche asciutte		6.00					0.50	2.50	
Manze per rimonta interna (> 1 anno)	3.00	5.00		2.25	1.50				
Manze gravide	2.00	6.00		2.25	1.50				
Vitelli 4 - 12 mesi		5.00							2.00
Vitelli < 4 mesi		4.00							2.00

Azienda 3	Da colture aziendali					Alimenti extra-aziendali				
RAZIONE (kg t.q./gg)	medica	prati polifiti	loietto e avena	frumento foraggero	sorgo foraggero	nucleo	mangime	miscuglio cereali	integratori	Mangime
Vacche in lattazione	10.00	3.00	1.30	1.40	1.30	6.50		6.50		
Vacche asciutte	1.50	6.00					6.00			
Manze per rimonta interna (> 1 anno)	6.50	6.00							0.50	
Manze gravide	1.50	6.00					6.00			
Vitelli 4 - 12 mesi	1.50	0.15				1.00		1.00		
Vitelli < 4 mesi	0.00	0.00								3.00

Un fattore molto importante per l'allevamento è rappresentato dalle emissioni enteriche delle bovine; queste sono state quantificate distinguendo fra:

- bovini < 1 anno
- bovine 1-2 anni
- bovine > 2 anni
- vacche in produzione (lattazione + asciutta).

Per le vacche in produzione le emissioni sono calcolate in accordo con la metodologia IPCC, in analogia a quanto viene fatto nell'inventario nazionale delle emissioni (ISPRA 2012). Il maggiore fattore di influenza sul risultato della stima è la produzione annua di latte (kg/capo), che deriva direttamente dai dati aziendali già illustrati.

Per altri parametri che hanno potenzialmente una significativa influenza sul risultato della stima, quali la digeribilità dell'alimento o il fattore di conversione dell'energia ingerita in metano, si sono utilizzati i fattori adottati da Ispra nell'inventario nazionale delle emissioni, non disponendo, al momento, di elementi per suffragare una loro modifica.

I fattori di emissione di CH₄ per emissioni enteriche per le vacche da latte delle tre aziende considerate vengono riassunti in Tabella 13.

Tabella 13 Fattori di emissione di CH₄ enterico per le vacche da latte delle tre aziende

Azienda	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3
n° capi in produzione (lattazione + asciutta)	436	130	113
produzione latte (t/a)	3927	1370	1028
produzione latte (kg/capo/d)	24.7	28.9	24.9
peso medio vacca produttiva (kg)	620	620	620
% tempo al pascolo	0.0	0.0	0.0
NE maintenance (MJ/d)	48.0	48.0	48.0
NE activity (MJ/d)	0.0	0.0	0.0
NE growth (MJ/d)	1.0	1.0	1.0
% grasso del latte	3.7	3.6	3.7
NE lactation (MJ/d)	72.8	84.0	73.5
NE work (MJ/d)	0.0	0.0	0.0
portion of cows giving birth (%)	0.9	0.9	0.9
NE pregnancy (MJ/d)	4.4	4.2	4.2
NE _{ma} /DE	0.5	0.5	0.5
NE _{ga} /DE	0.3	0.3	0.3
Gross Energy Intake, GE (MJ/d)	379.6	412.6	381.4
Sostanza Secca ingerita (kg/capo/d)	20.6	22.4	20.7
FE CH ₄ enterico (kg CH ₄ /capo/a)	161.8	175.9	162.6

Per le emissioni derivanti dalla fase di gestione degli effluenti si è associata una produzione di liquame e di letame in base al tipo di stabulazione, sulla base dei valori di riferimento riportati nel Regolamento Regionale 4 gennaio 2016 n°1 della Regione Emilia Romagna in materia di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento. Nella Tabella 14 sono riportati i valori stimati rispettivamente nelle tre aziende.

Tabella 14 Emissioni deiezioni

Azienda 1	n° capi	N ₂ O dirette	N ₂ O indirette	CH ₄
Stabulazione libera		kg/a	kg/a	kg/a
vacche in lattazione	375	350.1	196.3	15621.5
vacche in asciutta	61	57.0	31.9	2050.7
manze	273	155.0	87.0	2642.5
vitelli	122	27.2	15.3	495.8
tori	2	1.5	0.8	33.4
Totale		591	331	20844

Azienda 2	n° capi	N ₂ O dirette	N ₂ O indirette	CH ₄
Stabulazione libera		kg/a	kg/a	kg/a
vacche in lattazione	110	102.7	57.6	4709.3
vacche in asciutta	20	18.7	10.5	856.2
Manze	90	53.0	29.7	1726.9
Vitelli	61	11.8	6.6	310.2
Tori	0	0	0	0
Totale		186	104	7603

Azienda 3	n° capi	N ₂ O dirette	N ₂ O indirette	CH ₄
Stabulazione fissa solo vacche in lattazione		kg/a	kg/a	kg/a
vacche in lattazione	95	88.7	49.8	2950.5
vacche in asciutta	18	16.8	9.4	560.0
Manze	55	30.1	16.9	675.8
Vitelli	37	8.3	4.7	120.6
Tori	0	0	0	0
Totale		144	81	4307

13 Risultati

Di seguito sono riportati i risultati degli indicatori ambientali/economici calcolati per singola azienda con l'analisi degli scenari di mitigazione.

14 Azienda 1

Valori delle emissioni di carbonio, dell'impronta idrica e del consumo energetico per le diverse fasi produttive aziendali (Tabella 15)

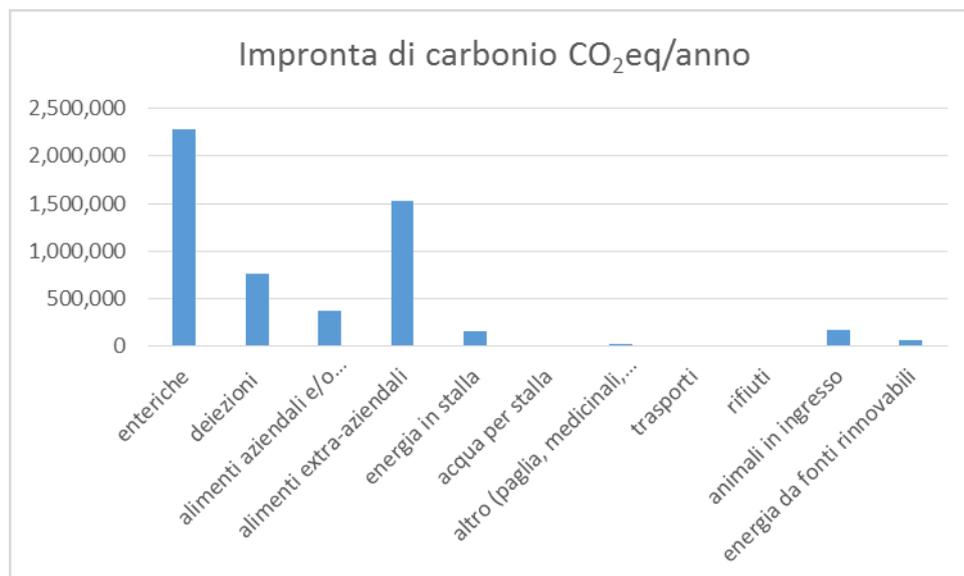
Tabella 15 Azienda 1

Fase aziendale	CO ₂ eq	H ₂ O	Energia
	kg CO ₂ eq/a	m ³ /a	MJ/a
enteriche	2.285.386	0	0
deiezioni	759.024	0	0
alimenti aziendali e/o limitrofe	365.735	1.018.945	2.862.868
alimenti extra-aziendali	1.525.380	3.780.253	9.706.302
energia in stalla	151.131	153	2.321.474
acqua per stalla	0	21.900	0
altro (paglia, medicinali, detergenti...)	19.270	372	172.732
trasporti	14.630	44	238.806
rifiuti	10.399	-58	-308.588
animali in ingresso	174.426	3.416	514.358
energia da fonti rinnovabili	67.955	928	638.812
Totale	5.373.336	4.825.953	16.146.763

14.1 Impronta di carbonio.

Si osserva la dominanza delle emissioni enteriche (42,5%) e delle emissioni dovute alla produzione di alimenti extra-aziendali (28,4%). Una quota significativa è attribuibile anche alle emissioni dalla gestione delle deiezioni (14,1%). La produzione delle colture aziendali, compreso l'uso delle relative macchine agricole e di quelle dei soci che conferiscono il foraggio, presenta valori del 6,8%.

Figura 4 Impronta di carbonio per fasi emissive



L'allocazione tra i prodotti latte e carne è stata calcolata con la formula proposta dell'International Dairy Federation (FIL IDF, 2010).

Tabella 16 Allocazione Latte / Carne

	Latte	Carne
% allocazione su latte FPCM	83,40%	16,60%

Totale kg CO ₂ eq/kg di latte	1,19
Totale kg CO ₂ eq/kg di carne	16,54

Prendendo come unità funzionale di riferimento il principale prodotto della produzione aziendale, abbiamo 1,18 kg di CO₂eq per 1 kg di latte prodotto, mentre per la carne il valore è di 16,50 kg di CO₂eq/kg (resa al macello 52%). Questi valori sono in buona misura influenzati dalla produttività aziendale: maggiore è l'efficienza aziendale minori saranno le emissioni per kg di prodotto. Tenendo conto del potenziale sequestro di carbonio tali valori si abbassano teoricamente a 1,10 kg di CO₂eq per kg di latte e 15,35 kg di CO₂eq/kg di carne.

Riguardo all'indice di impronta di carbonio, la differenza fra CO₂eq emessa e CO₂eq sequestrata o assorbita dalle colture è di 1.722.773 kg di CO₂. La CO₂ emessa è maggiore di quella potenzialmente assorbita nell'anno di riferimento (Tabella 17).

Tabella 17 Indice impronta di carbonio.

Impronta di carbonio	
kg CO ₂ eq emessa	5.373.336
kg CO ₂ eq/a assorbita dalle colture	-3.650.563
kg CO ₂ eq emessa-sequestrata dalle colture	1.722.773

14.2 Impronta idrica

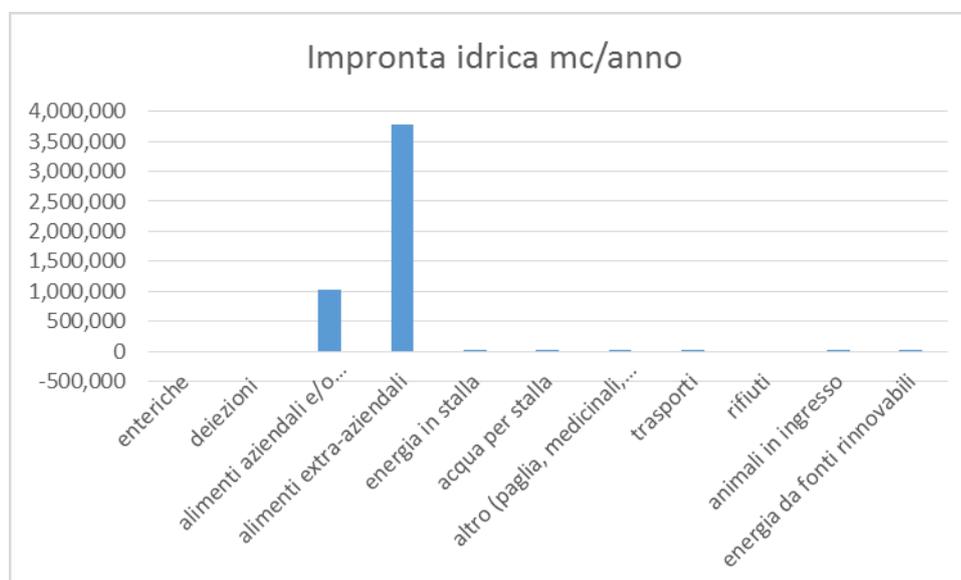
L'impronta idrica totale registrata nel 2016 è stata di 4.825.953 m³. Il 99,4% dell'impronta idrica è prodotto dagli alimenti necessari alla mandria: 78,3% da alimenti di provenienza extra aziendale, quali i mangimi, 21,1% da alimenti prodotti in azienda e/o zone limitrofe. La quota attribuita alla stalla è 0,5%.

Considerando come unità funzionali il kg latte e il kg di carne, con le stesse percentuali di allocazione di prodotto dell'impronta di carbonio, avremo 1.064 l di acqua per kg di latte e 14.821 l di acqua per kg di carne (Tabella 18).

Tabella 18 Impronta idrica

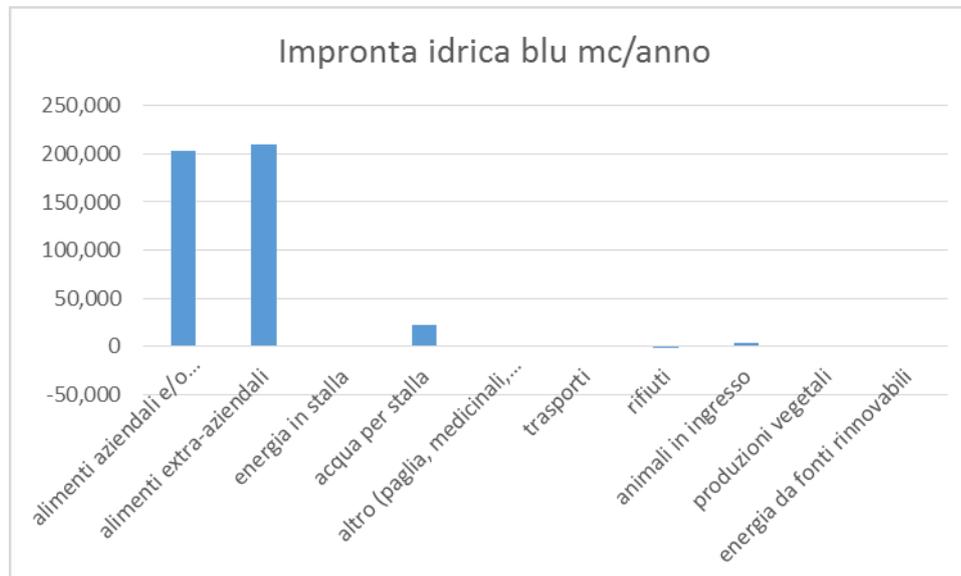
	Blu	verde	grigia	mc H ₂ O/kg
mc H ₂ O/kg di latte	0,097	0,792	0,175	1,064
mc H ₂ O/kg di carne	1,35	11,03	2,43	14,821

Figura 5 Impronta idrica per fasi



La quantità di acqua per kg di latte è di poco superiore al valore di riferimento (1.064 contro 1.020 l/kg di latte del dato bibliografico Hoekstra (2010)), mentre risulta inferiore l'impronta idrica (14.821 l contro 15.415 l/kg latte). Considerando il peso delle tre diverse frazioni di acqua (verde, blu e grigia) in modo distinto, si nota come l'acqua verde risulta di gran lunga la più elevata. Le quote di acqua blu e grigia, che sono gli indicatori ambientali più importanti, sono rispettivamente di 97 l/kg di latte (blu) e 175 l/kg di latte (grigia).

Figura 6 Impronta idrica per fasi acqua blu

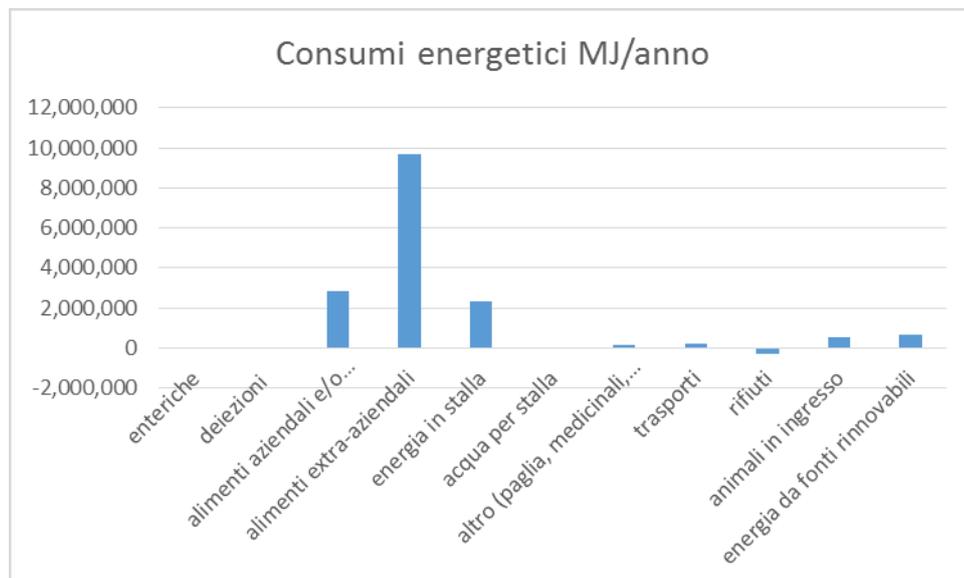


La maggior parte della frazione blu è dovuta alla produzione di alimenti per la mandria, in misura quasi identica tra gli alimenti prodotti in loco e quelli acquistati.

14.3 Bilancio energetico.

L'energia totale (fossile e nucleare) necessaria per garantire il funzionamento dell'azienda ammonta a 16.146.763 MJ/anno. Gli alimenti della razione delle bovine sono i maggiori responsabili del consumo energetico aziendale (77,8%, di cui 60,1% per alimenti di origine extra aziendale e 17,7% per alimenti prodotti in azienda). La quota rimanente è divisa tra 14,4% dell'energia necessaria nella gestione della stalla, 4,0% per la produzione delle rinnovabili, 3,2% per gli animali in ingresso, 1,5% per trasporti e 1,1% per paglia, medicinali, detergenti ecc. Da segnalare un -1,9% derivato dal riciclo dei rifiuti aziendali. Il consumo energetico per kg di latte è stato stimato in 3,56 MJ.

Figura 7 Consumi energetici per fasi



Il bilancio energetico si basa sulla stima delle “uscite” energetiche, cioè sul contenuto energetico potenziale dei prodotti aziendali legati alle produzioni zootecniche, utilizzando come indice di valutazione l’EROEI (Energy Returned On Energy Invested o Energy Return On Investment).

L’indicatore IMSE, che tiene conto della quota di energia rinnovabile prodotta in azienda, risulta di 3,16 con R (percentuale energia rinnovabile in relazione al consumo totale di energia primaria) di 11,28 %.

Tabella 19 Indice di valutazione EROEI

Energia	Produzione
	MJ/a
latte	11.543.479
carne	271.945
fotovoltaico	1.097.561
biogas	724.065
E prodotta	13.637.050
E assorbita	16.146.763
Bilancio MJ/a	-2.509.713
EROEI	0,84

Dalla produzione del latte deriva l’84,6% delle entrate energetiche. L’8,0% derivato dal fotovoltaico, il 5,3% deriva dalle produzioni di energia elettrica da un impianto di biogas consortile a cui sono conferiti i liquami prodotti in stalla ad una distanza di 8 km dal centro

aziendale; inoltre nel bilancio entra anche la carne in uscita nella percentuale del il 2,0% dalla carne in uscita. L'indice EROEI risulta inferiore all'unità (0,84).

14.4 Bilancio economico

Da conti dei costi aziendali secondo il metodo Milk Money riferito all'annata 2016 si registra sostanzialmente un pareggio con un piccolo profitto 301 €, derivato dalla differenza del totale dei ricavi (latte, carne, contributi, produzione energia da pannelli fotovoltaici), per un ammontare di 2.383.431 €, e del totale dei costi di produzione, stimato in 2.383.130 € (Tabella 20).

Tabella 20 Bilancio economico

INDICATORE	Euro/100kg	Euro/capo	Euro
RICAVI			
Valore latte prodotto	57,52	4956,00	2185434
Ricavi carne	1,49	128,00	56630
Contributi (riconducibili all'allevamento da latte)	3,45	297,00	131057
Altri ricavi latte	0,27	23,00	10310
TOTALE RICAVI	62,73	5405,00	2383431
ALTRI RICAVI			
Altri contributi e premi	0,00	0,00	0
Altri ricavi	0,00	0,00	0
TOTALE ALTRI RICAVI	0,00	0,00	0
COSTI DIRETTI			
Mangimi acquistati	24,00	2068,00	911783
Foraggi acquistati	8,96	772,00	340512
Materie prime produzione foraggi (sementi, fertilizzanti ecc)	0,00	0,00	0
Acquisto animali	1,27	110,00	48300
Veterinario + Medicinali + inseminazioni	2,93	252,00	111266
Energia (carburanti + elettricità)	1,94	167,00	73614
Acqua (stalla + irrigazione foraggi)	0,01	1,00	269
Assicurazioni	0,49	42,00	18565
Contoterzi	1,32	113,00	49966
Manutenzione fabbricati	0,03	3,00	1142
Manutenzione macchine	2,83	244,00	107509
Imposte e tasse	0,43	37,00	16401
Costo spandimento liquame	0,00	0,00	0
Costi specifici settore latte	0,15	13,00	5620
Costi generali	4,23	301,00	132677
TOTALE COSTI DIRETTI	47,84	4122,00	1817623
COSTO FATTORI DI PRODUZIONE			
Ammortamento macchine	0,97	84,00	36875
Ammortamento fabbricati	1,32	114,00	50330

Costo terra in proprietà	0,15	13,00	5641
Costo terra non in proprietà	0,56	48,00	21358
Costo lavoro familiare + contributi e SCAU	0,00	0,00	0
Costo lavoro dipendente	10,91	940,00	414633
Interessi capitale agrario	0,52	45,00	19766
Interessi capitale anticipazione	0,44	38,00	16904
TOTALE COSTO FATTORI DI PRODUZIONE	14,88	1282,00	565507
COSTO DI PRODUZIONE TOTALE	62,72	5404,00	2383130
COSTO NETTO DI PRODUZIONE	57.51	4955	2185134
PROFITTO	0,01	1,00	301
REDDITO FAMILIARE	0,68	58,00	25708

Economia	Euro/a
ricavi latte	2,185,434
ricavi carne	56,630
altri ricavi	10,310
contributi	131,057
Totale	2,383,431
costo produzione	2,383,130
Profitto €/a	301,00

14.5 Indice MetabolicoEconomico:

In base ai valori riscontrati (impronta di carbonio, impronta idrica, consumi energetici e bilancio economico) è stato stimato l'indice Metabolico-Economico (Tabella 21) che riassume l'impronta metabolica aziendale.

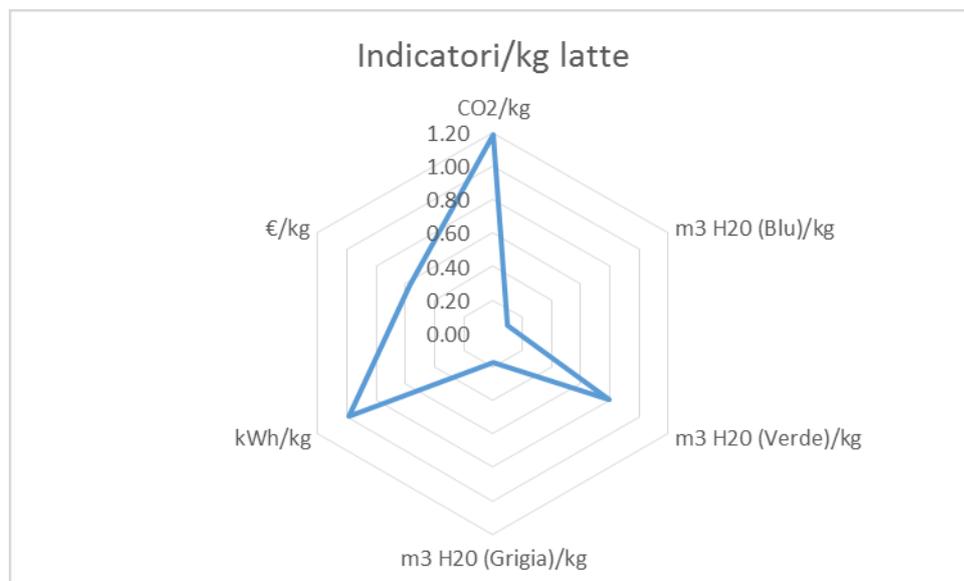
Tabella 21 Indice Metabolico-Economico

Descrizione	Coef. IME	Valore
IME1 (profitto)	1	301
IME2 (borsa elettrica)	0,01188	-29.824
IME3 (acqua irrigazione)	0,015	-11.893
IME4 (sequestro in bosco)	0,0089451	-15.411
IME totale		-56.827

Il pareggio di bilancio non consente all'azienda, almeno per questa annata, di potere usufruire di fondi per pareggiare virtualmente le emissioni provocate.

Nella *Figura 8* vengono mostrati i valori dei quattro indicatori: impronta di carbonio, impronta idrica (nelle tre componenti), consumi energetici e costi di produzioni riferiti al kg di latte prodotto.

Figura 8 Indicatori/kg di latte



14.6 Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.

In allevamento si può supporre un aumento della digeribilità degli alimenti del 2% (dal 65 al 67%), ottenibile con il miglioramento qualitativo della produzione dei foraggi, mediante diminuzione degli imbrattamenti da terra, riduzione delle perdite nelle fasi di rivoltamento, andatura e raccolta, corretta fase di conservazione e monitoraggio della qualità foraggera (costante analisi di campioni di foraggio).

Mantenendo gli stessi livelli produttivi e la medesima consistenza della mandria si otterrebbe un calo di emissioni di gas serra per kg di latte da 1,18 a 1,16 kg CO₂eq e si passerebbe da 16,50 a 16,21 kg CO₂eq per kg di carne.

Dal punto di vista energetico l'azienda già conferisce il proprio liquame a un impianto consortile per la produzione di biogas e produce energia elettrica grazie a pannelli fotovoltaici. Sarebbe comunque possibile aumentare ulteriormente la produzione di rinnovabili, per esempio con il conferimento anche della quota di letame prodotto in stalla all'impianto di biogas (Tabella 22). In questo caso sarebbe possibile ottenere un calo dell'impronta di carbonio a 1,13 kg CO₂eq/kg di latte, e 2,15 MJ contro i 3,56 MJ/kg di latte, con un indice EROEI >1 (1,81). Il calo dell'impronta è dovuto principalmente alla produzione aziendale di energia elettrica, con conseguente sostituzione dell'equivalente energia prodotta a livello nazionale.

Si assiste anche a una forte riduzione dell'indice IMSE, da 3,16 a 0,87 MJ/anno per 1 kg latte, con R da 11,28 a 59,73%.

Tabella 22 Calcolo produzione potenziale energia elettrica da biogas con effluenti aziendali

	liquame	letame	Totale	
N° capi produttivi	436	436		capi produttivi
Escrezione ST da vacche produttive, compresa quota rimonta	2,47	11,68	14,1	kgST/capo produttivo/d
Resa biogas da liquame	350	400		m3/t SV
Concentrazione ST liquame	100	250		g/kg
Produzione effluenti	11	20	31,13	t/d
Tenore SV	80%	82%		% SV/ST
Produzione biogas giornaliera	301	1670	1972	m3 biogas/d
Produzione biogas oraria	12,6	69,6	82	m3/h
percentuale CO2 nel Biogas	45%	45%		%
CO2 prodotta	136	752	887	m3 di CO2/giorno
densità CO2 in c.s wiki kg/m3	1,98	1,98		kg/m3
CO2 prodotta	268	1488	1757	kg di CO2/giorno
Fabbisogno effluenti per m3 di biogas	35,7	12,2	48	kg effluenti/m3 biogas
Produzione metano	55%	55%		% CH4 nel biogas
	166	919	1084	m3 CH4/d
	5,500	5,500		kWht/m3 biogas
Produzione elettrica	38%	38%		Rendimento elettrico
PCI CH4	50,0	50,0		Potere calorico inferiore MJ/kg
	0,0			Temperatura in C°
Densità metano	0,715			Densità kg/m3
	35,76	35,76		PC inferiore CH4 MJ/m3
	9,94	9,9		PC inferiore CH4 kWh/m3
	626	3471	4097	kWhe/d
Potenza impianto	171			kW
	0,39			kWe/capo_produttivo
	2,08			kWh/m3 biogas prodotto
Coefficiente autoconsumi elettrici	12,0%			
Autoconsumi elettrici	492			kWhe/d
Produzione immessa in rete	3605			kWh/giorno

Riguardo al possibile risparmio idrico risulta sempre più importante l'ottimizzazione delle risorse per l'irrigazione delle colture che concorrono all'alimentazione della mandria. Per limitare gli sprechi in campo, dove sono maggiori e più importanti i consumi, bisogna ricercare la massima efficienza d'irrigazione: scelta della tempistica e del volume di irrigazione, scelta della tipologia e del corretto uso degli impianti d'irrigazione. Con questi accorgimenti, supponendo di ridurre di un

Modello Metabolico - Relazione tecnico-scientifica *Pagina 61 di 91*

quarto la quantità irrigua delle colture a parità di produzione, otterremmo un risparmio di 11,2 l di acqua per kg di latte e di 156,0 l per kg di carne. Il risparmio annuale sarebbe di circa 50.800 m³ di acqua.

Un altro aspetto molto importante potrebbe essere quello legato all'efficienza produttiva, un obiettivo da sempre in testa alla scala di priorità dell'imprenditore agricolo. Supponendo di ottenere un aumento della produttività del 5%, attraverso il miglioramento della fertilità, l'allungamento della longevità produttiva, la riduzione della mortalità, tutte caratteristiche che possono migliorare l'efficienza complessiva del sistema zootecnico, si potrebbero teoricamente ottenere i seguenti risultati: da 1,18 a 1,14 kg CO₂eq per kg di latte; da 0,097 a 0,093 m³ di acqua blu/kg di latte e da 3,56 a 3,42 MJ/kg di latte.

Tabella 23 Confronto scenari di mitigazione (indicatori/kg di latte)

	BASE	BIOGAS	MIGLIORE DIGERIBILITA	RISPARMIO IDRICO	AUMENTO RESE
CO ₂ /kg	1,18	1,13	1,16	1,18	1,14
m ³ H ₂ O blu/kg	0,097	0,097	0,097	0,086	0,093
MJ/kg	3,56	2,15	3,56	3,56	3,42

Nell'azienda sono previsti alcuni cambiamenti produttivi. Tali cambiamenti coinvolgeranno il sistema di produzione degli alimenti, con la sostituzione del tradizionale carro trincia-miscelatore azionato dalla presa di potenza del trattore con un sistema di miscelazione autonomo dotato di motore elettrico; inoltre, l'azienda si doterà di un mulino per la macinazione del mais. Infine, si pensa di sostituire tutto l'impianto di illuminazione con lampade a LED. La sostituzione del carro miscelatore comporta il risparmio di 55 l/d di gasolio (circa 17 t/anno). Considerando un rendimento del 25% del motore del trattore, sarà necessaria un'energia giornaliera del motore elettrico pari a quella fornita dai 55 l di gasolio: $55 \times 0,84 \times (45\text{MJ}/3,6) \times 0,25 = 144 \text{ kWh}$. Con un rendimento del 90% del motore elettrico, otteniamo 160 kWh/d (144/0,9). Dalla modifica dell'impianto di illuminazione con lampade a basso consumo si stima un risparmio di circa 25.000 kWh/anno, mentre dalla macinazione in azienda di almeno metà del mais utilizzato nella razione si stima una riduzione dell'impronta di carbonio del 3% circa e una diminuzione dei consumi energetici del 4,5%.

Dall'insieme di questi possibili miglioramenti del ciclo produttivo l'impatto dell'impronta di carbonio per kg di latte si ridurrebbe da 1,18 a 1,17 kg di CO₂eq per kg di latte, con un impatto energetico in discesa da 3,56 a 3,39 MJ/kg di latte.

15 Azienda 2

Valori delle emissioni di carbonio, dell'impronta idrica e del consumo energetico per le diverse fasi produttive aziendali (Tabella 24).

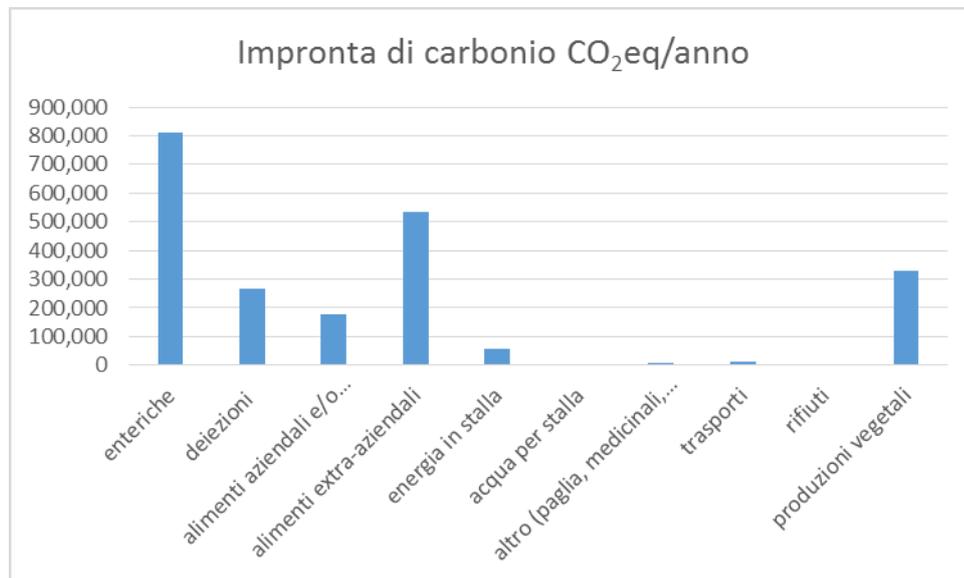
Tabella 24 Azienda 2

Fase aziendale	CO2eq	H2O	Energia
	Kg CO2eq/a	mc/a	MJ/a
enteriche	812.134	0	0
deiezioni	268.325	0	0
alimenti aziendali e/o limitrofe	176.336	404.848	1.230.906
alimenti extra-aziendali	534.939	1.132.833	2.989.566
energia in stalla	55.669	71	860.131
acqua per stalla	0	8.888	0
altro (paglia, medicinali, detergenti...)	6.915	183	49.644
trasporti	11.051	33	180.396
rifiuti	2.817	25	-7.822
produzioni vegetali	328.522	1.026.912	2.492.022
energia da fonti rinnovabili	24.878	291	220.427
Totale	2.221.586	2.574.083	8.015.271

15.1 Impronta di carbonio.

Anche in questo caso si nota la predominanza delle emissioni enteriche (36,6%) e delle emissioni dovute alla produzione di alimenti extra-aziendali (24,1%). Una quota significativa è dovuta alle emissioni dalla gestione delle deiezioni (12,1%). La produzione delle colture aziendali per l'alimentazione della mandria presenta valori più bassi (7,9%). La quota emissiva delle colture non destinate all'alimentazione della mandria è del 14,8%.

Figura 9 Impronta di carbonio per fasi emissive



L'allocazione tra i prodotti latte e carne è stata calcolata con la formula proposta dell'International Dairy Federation (FIL IDF, 2010).

Tabella 25 Allocazione latte / carne

	Latte	Carne
% allocazione su latte FPCM	81,57%	18,43%

Totale kg CO ₂ eq/kg di latte	1,19
Totale kg CO ₂ eq/kg di carne	16,88

Prendendo come unità funzionale di riferimento il principale prodotto della produzione aziendale, abbiamo 1,19 kg di CO₂eq per kg di latte prodotto, mentre per la carne il valore è di 16,88 kg di CO₂eq per kg (resa al macello 52%).

Tenendo conto del potenziale sequestro di carbonio tali valori si abbassano teoricamente a 1,12 kg di CO₂eq per kg di latte e 15,97 kg di CO₂eq/kg di carne.

L'indice di impronta di carbonio (differenza fra CO₂eq emessa e CO₂eq assorbita dalla colture) è pari a 915.263 kg di CO₂eq. La CO₂eq emessa è maggiore di quella potenzialmente assorbita.

Tabella 26 Indice impronta di carbonio

Impronta di carbonio	
kg CO ₂ eq emessa	1.893.063
kg CO ₂ eq/a assorbita dalle colture	-977.800
kg CO ₂ eq emessa-sequestrata dalle colture	915.263

15.2 Impronta idrica

L'impronta idrica dell'allevamento registrata nel 2016 è stata di 1.547.171 m³/anno, esclusi gli 1.026.912 m³/anno a carico delle produzioni vegetali che non concorrono alle produzioni zootecniche. Il 59,7% dell'impronta idrica aziendale è dovuta agli alimenti zootecnici: 44,0% da alimenti di provenienza extra aziendale e 15,7% da alimenti prodotti in azienda. Il 39,9% dell'impronta idrica è dovuta alle produzioni vegetali che non contribuiscono all'alimentazione della mandria. La quota attribuita ai consumi in stalla è lo 0,3%.

Considerando le unità funzionale kg latte e kg carne, con le stesse percentuali di allocazione di prodotto ed escludendo le colture vegetali extra alimentazione, avremo 969 l di acqua per kg di latte e 13.798 l di acqua per kg di carne.

Tabella 27 Impronta idrica.

	blu	Verde	grigia	mc H ₂ O/kg
mc H ₂ O/kg di latte	0,055	0,737	0,177	0,969
mc H ₂ O/kg di carne	0,78	10,49	2,53	13,798

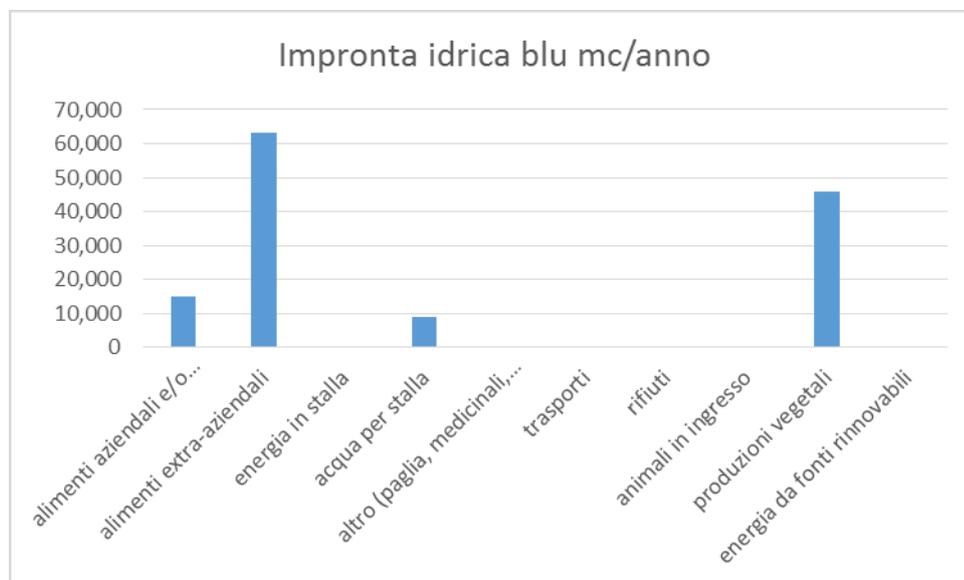
Figura 10 Impronta idrica per fasi



La quantità di acqua per kg di latte è inferiore di 0.969 litri per kg di latte contro 1.020 l/kg di latte del dato bibliografico Hoekstra (2010); risulta anche inferiore l'impronta idrica per kg di carne (13.798 l contro il valore di riferimento di 15.415 l). Considerando il peso delle tre diverse frazioni (acqua verde, blu e grigia), si nota come l'acqua verde risulti di gran lunga la più elevata. Le quote

di acqua blu e grigia, che sono gli indicatori ambientali più importanti, sono rispettivamente di 55 l/kg di latte e 177 l/kg di latte.

Figura 11 Impronta idrica per fasi acqua blu.

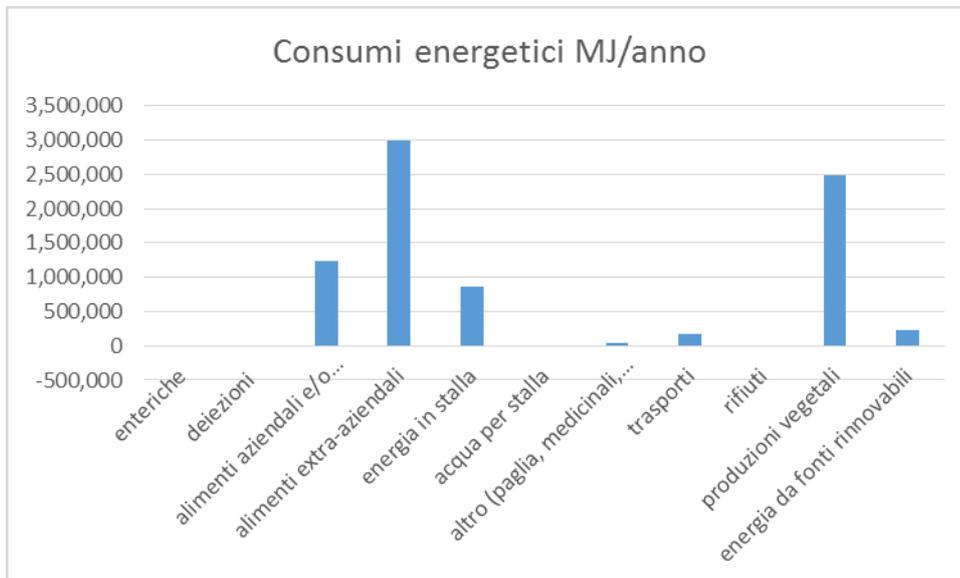


La maggior parte della frazione blu è dovuta alla produzione di alimenti di origine extra aziendale. Importante anche la quota dovuta alle produzioni vegetali che non entrano nel ciclo di produzione del latte.

15.3 Bilancio energetico.

Il totale dell'energia (fossile) necessaria al funzionamento aziendale ammonta a 8.015.271 MJ. La produzione degli alimenti per la razione delle bovine contribuisce maggiormente al consumo energetico aziendale (52,7%, di cui 37,3 % per alimenti di origine extra aziendale e 15,4% per alimenti prodotti in azienda). La quota dell'energia necessaria nella gestione della stalla è del 10,7%. Significativa l'energia per le colture vegetali indipendenti dalle produzioni zootecniche (31,1%). Abbiamo poi lo 0,6% per paglia, medicinali, prodotti per la pulizia e l'igiene, il 2,3% per i trasporti e l'2.8 % per le energie rinnovabili. Il fabbisogno energetico per kg di latte è stato stimato in 3,46 MJ.

Figura 12 Consumi energetici per fasi emissive



Il bilancio energetico si basa sulla stima delle “uscite” energetiche, cioè sul contenuto energetico potenziale dei prodotti aziendali legati alle produzioni zootecniche, utilizzando come indice di valutazione l'EROEI (Energy Returned On Energy Invested o Energy Return On Investment).

L'indicatore IMSE, che tiene conto della quota di energia rinnovabile prodotta in azienda, è pari a 3,09 con R di 10,73 %.

Tabella 28 Indice di valutazione EROEI

Energia	Produzione
	MJ/a
latte	3.974.965
carne	105.420
fotovoltaico	291.438
biogas	301.124
E prodotta	4.672.946
E assorbita	5.523.249
Bilancio MJ/a	-850.302
EROEI	0,85

Dalla produzione del latte deriva il 85,1% delle entrate energetiche. Da segnalare il contributo del 6,2% del fotovoltaico e il 6,4% che deriva dalla produzione di energia elettrica da un impianto di biogas consortile (distanza 15 km dal centro aziendale) a cui sono conferiti i liquami prodotti in stalla mentre il restante 2,3% è imputabile alla carne. L'indice EROEI risulta inferiore all'unità (0,85).

15.4 Bilancio economico

Il bilancio aziendale secondo il metodo Milk Money riferito all'annata 2016 fa registrare un profitto di 49.694 €, derivato dalla differenza fra totale dei ricavi (latte, carne, contributi, produzione energia da pannelli fotovoltaici), per un ammontare di 822.623 €, e totale dei costi di produzione, stimato in 722.939 € (Tabella 29).

Tabella 29 Bilancio economico

INDICATORE	Euro/100kg	Euro/capo	Euro
RICAVI			
Valore latte prodotto	52,00	5377,00	698984
Ricavi carne	4,97	514,00	66860
Contributi (riconducibili all'allevamento da latte)	3,12	323,00	41936
Altri ricavi latte	1,10	114,00	14843
TOTALE RICAVI	61,20	6328,00	822623
ALTRI RICAVI			
Altri contributi e premi	0,00	0,00	0
Altri ricavi	20,20	2088,00	271500
TOTALE ALTRI RICAVI	20,20	2088,00	271500
COSTI DIRETTI			
Mangimi acquistati	18,60	1923,00	250000
Foraggi acquistati	2,07	214,00	27882
Materie prime produzione foraggi (sementi, fertilizzanti)	0,53	54,00	7079

ecc)			
Acquisto animali	0,00	0,00	0
Veterinario + Medicinali + inseminazioni	2,45	254,00	33000
Energia (carburanti + elettricità)	3,18	329,00	42805
Acqua (stalla + irrigazione foraggi)	0,18	18,00	2391
Assicurazioni	0,63	65,00	8500
Contoterzi	0,00	0,00	0
Manutenzione fabbricati	0,19	19,00	2500
Manutenzione macchine	0,16	17,00	2152
Imposte e tasse	0,66	68,00	8900
Costo spandimento liquame	0,00	0,00	0
Costi specifici settore latte	0,06	6,00	800
Costi generali	5,09	526,00	68430
TOTALE COSTI DIRETTI	33,81	3496,00	454439
COSTO FATTORI DI PRODUZIONE			
Ammortamento macchine	4,11	425,00	55208
Ammortamento fabbricati	4,88	505,00	65619
Costo terra in proprietà	1,86	192,00	25000
Costo terra non in proprietà	0,37	38,00	5000
Costo lavoro familiare + contributi e SCAU	4,69	485,00	63000
Costo lavoro dipendente	6,03	623,00	81000
Interessi capitale agrario	1,45	150,00	19447
Interessi capitale anticipazione	0,31	33,00	4226
TOTALE COSTO FATTORI DI PRODUZIONE	23,69	2450,00	318500
COSTO DI PRODUZIONE TOTALE	57,50	5946,00	772939
COSTO NETTO DI PRODUZIONE	48,30	4995,00	649300
PROFITTO	3,70	382,00	49684
REDDITO FAMILIARE	11,69	1209,00	157130

Economia	Euro/a
ricavi latte	698,984
ricavi carne	66,860
altri ricavi	14,843
contributi	41,936
Totale	822,623
costo produzione	772,939
Profitto €/a	49,684

15.5 Indice Metabolico-Economico:

I valori riscontrati per impronta di carbonio, impronta idrica, consumi energetici e bilancio economico delle attività legate alla zootecnica permettono di stimare l'Indice Metabolico-Economico, che riassume l'impronta metabolica aziendale (Tabella 30).

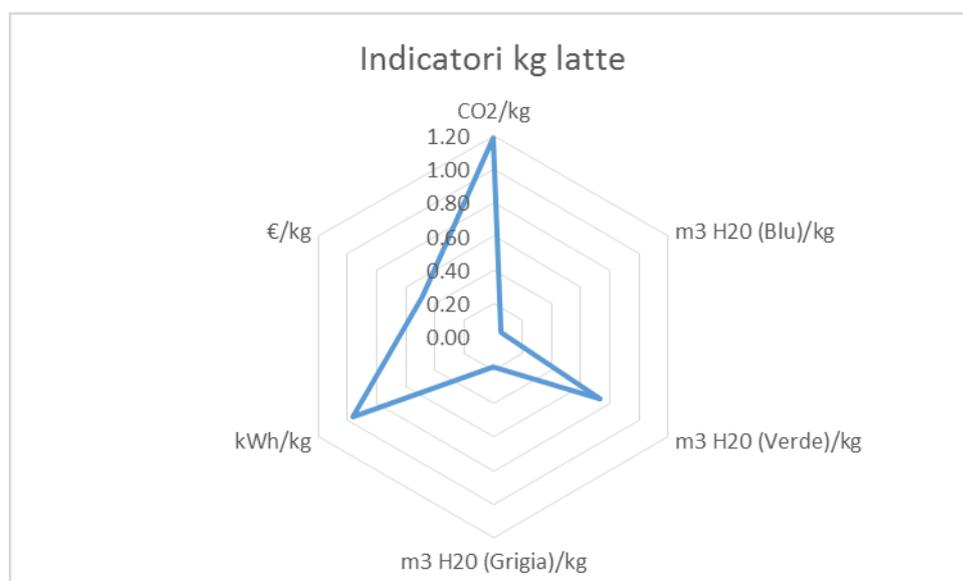
Tabella 30 Indice Metabolico-Economico

Descrizione	Coef. IME	Valore
IME1 (profitto)	1	49.684
IME2 (borsa elettrica)	0.01188333	-10.104
IME3 (acqua irrigazione)	0.015	-4.249
IME4 (sequestro in bosco)	0.00894545	-8.187
IME totale		27.143

Il valore positivo dell'indice segnala una teorica sostenibilità economica ambientale delle attività produttive dell'azienda.

Nella *Figura 13* vengono mostrati i valori dei quattro indicatori: impronta di carbonio, impronta idrica (nelle tre componenti), consumi energetici e costi di produzioni riferiti al kg di latte prodotto.

Figura 13 Indicatori/kg di latte



15.6 Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.

In allevamento, si può supporre un aumento della digeribilità degli alimenti del 2% (dal 65 al 67%), ottenibile con il miglioramento qualitativo della produzione dei foraggi, mediante diminuzione degli imbrattamenti da terra, riduzione delle perdite nelle fasi di rivoltamento, andatura e raccolta, corretta fase di conservazione e monitoraggio della qualità delle foraggere (regolari analisi di campioni di foraggio).

Mantenendo gli stessi livelli produttivi e la medesima consistenza della mandria si otterrebbe un calo di emissioni di gas serra da 1,19 a 1,17 kg CO₂eq per 1 kg di latte e si passerebbe da 16,88 a 16,60 kg CO₂eq per kg di carne.

Dal punto di vista energetico l'azienda già conferisce il proprio liquame a un impianto consortile per la produzione di biogas e produce energia elettrica grazie a pannelli fotovoltaici. Sarebbe comunque possibile aumentare ulteriormente la produzione di rinnovabili, per esempio con il conferimento anche della quota di letame prodotto in stalla all'impianto di biogas.

Si stima un possibile calo dell'impronta di carbonio a 1,15 kg CO₂eq per kg di latte con consumo energetico di 2,52 MJ/kg, con un indice EROEI >1 (1,42).

Si assiste anche a un calo dell'indice IMSE da 3,09 a 1,49 con R che passa da 10,73 a 40,94%.

Tabella 31 Tabella calcolo produzione potenziale energia elettrica da biogas con effluenti aziendali

	liquame	letame	totale	
N° capi produttivi	130	130		capi produttivi
Escrezione ST da vacche produttive, compresa quota rimonta	3.44	10.31	13.8	kgST/capo produttivo/d
Resa biogas da liquame	350	400		m3/t SV
Concentrazione ST liquame	100	250		g/kg
Produzione effluenti	4	5	9.84	t/d
Tenore SV	80%	82%		% SV/ST
Produzione biogas giornaliera	125	440	565	m3 biogas/d
Produzione biogas oraria	5.2	18.3	24	m3/h
percentuale CO2 nel Biogas	45%	45%		%
CO2 prodotta	56	198	254	m3 di CO2/giorno
densità CO2 in c.s wiki kg/m3	1.98	1.98		kg/m3
CO2 prodotta	112	392	503	kg di CO2/giorno
Fabbisogno effluenti per m3 di biogas	35.7	12.2	48	kg effluenti/m3 biogas
Produzione metano	55%	55%		% CH4 nel biogas
	69	242	311	m3 CH4/d
	5.500	5.500		kWh/m3 biogas
Produzione elettrica	38%	38%		Rendimento elettrico
PCI CH4	50.0	50.0		Potere calorico inferiore MJ/kg
	0.0			Temperatura in C°
Densità metano	0.715			Densità kg/m3
	35.76	35.76		PC inferiore CH4 MJ/m3
	9.94	9.9		PC inferiore CH4 kWh/m3
	260	913	1174	kWhe/d
Potenza impianto	49			kW
	0.38			kWe/capo_produttivo
	2.08			kWh/m3 biogas prodotto
Coefficiente autoconsumi elettrici	12.0%			
Autoconsumi elettrici	141			kWhe/d
Produzione immessa in rete	1033			kWh/giorno

Anche per quest'azienda risulta importante l'ottimizzazione delle risorse per l'irrigazione delle colture che concorrono all'alimentazione della mandria. Per limitare gli sprechi in campo, dove sono maggiori e più importanti i consumi, bisogna ottenere la massima efficienza d'irrigazione: scelta della tempistica e del volume d'irrigazione, scelta della tipologia e del corretto uso degli impianti d'irrigazione.

Con questi accorgimenti, supponendo di ridurre di un quarto la quantità irrigua delle colture a parità di produzione, otterremo un risparmio di 2,1 l per kg di latte e di 30,5 l per kg di carne. Il risparmio teorico sarebbe di circa 3.400 m³/anno.

Un altro aspetto molto importante è quello legato all'efficienza produttiva. Supponendo di ottenere un aumento della produttività del 5%, attraverso il miglioramento della fertilità, l'allungamento della longevità produttiva e la riduzione della mortalità, potremmo teoricamente ottenere i seguenti risultati: da 1,19 a 1,14 kg CO₂eq per kg di latte; da 0,055 a 0,053 m³ di acqua blu per kg di latte; da 3,46 a 3,33 MJ/kg di latte.

16 Azienda 3

I valori delle emissioni di carbonio, dell'impronta idrica e del consumo energetico per le diverse fasi produttive aziendali sono riportati nella Tabella 32.

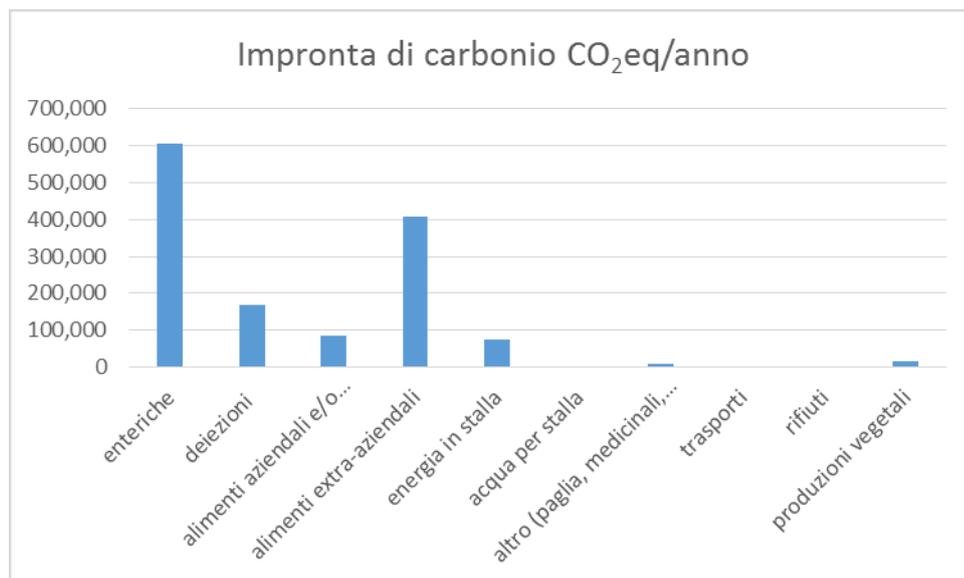
Tabella 32 Azienda 3

Fase aziendale	CO ₂ eq	H ₂ O	Energia
	kgCO ₂ eq/a	m ³ /a	MJ/a
Enteriche	607.173	0	0
deiezioni	167.766	0	0
alimenti aziendali e/o limitrofe	85.432	257.403	726.250
alimenti extra-aziendali	406.648	909.054	2.308.137
energia in stalla	73.787	150	1.147.728
acqua per stalla	0	5.781	0
altro (paglia, medicinali, detergenti...)	7.959	152	87.017
Trasporti	1.221	4	19.932
Rifiuti	2.245	4	-13.992
produzioni vegetali	16.752	63.422	87.496
energia da fonti rinnovabili	3.998	113	53.472
Totale	1.372.980	1.236.082	4.416.040

16.1.1 Impronta di carbonio.

Si registra la predominanza delle emissioni enteriche (44,2%) e delle emissioni dovute alla produzione di alimenti extra-aziendali (29,6%). Una quota significativa è dovuta alle emissioni dalla gestione delle deiezioni (12,2%). La produzione delle colture aziendali presenta valori relativamente contenuti (6,2%). Energia in stalla (5,4%)

Figura 14 Impronta di carbonio per fasi emissive



L'allocazione tra i prodotti latte e carne è stata calcolata con la formula proposta dell'International Dairy Federation (FIL IDF, 2010) (Tabella 33). Nel calcolo quindi non viene considerata la quota delle produzioni vegetali che non concorrono all'alimentazione della mandria.

Tabella 33 Allocazione latte / carne

	Latte	Carne
% allocazione su latte FPCM	87,67%	12,33%

Totale kg CO ₂ eq/kg di latte	1,19
Totale kg CO ₂ eq/kg di carne	15,72

Prendendo come unità funzionale di riferimento il principale prodotto della produzione aziendale, cioè il latte, abbiamo: 1,19 kg di CO₂eq per kg di latte prodotto, mentre per la carne il valore è di 15,72 kg di CO₂eq/kg di carne (resa al macello 52%). Questi valori sono in buona misura influenzati dalla produttività aziendale: maggiore è l'efficienza aziendale minori saranno le emissioni per kg di prodotto. Tenendo conto del potenziale sequestro di carbonio tali valori si abbassano teoricamente a 1,11 kg di CO₂eq per kg di latte e 14,64 1kg di CO₂eq/kg di carne.

Per il calcolo dell'indice dell'impronta di carbonio la differenza fra CO₂eq emessa e CO₂eq assorbita dalle colture è di -593.690 kg di CO₂eq. La CO₂eq emessa è inferiore a quella potenzialmente assorbita (Tabella 34).

Tabella 34 Indice impronta di carbonio

Descrizione	Valore
kg CO ₂ eq emessa	1.356.228
kg CO ₂ eq assorbita dalle colture	-1.949.919
kg CO ₂ eq emessa-sequestrata dalle colture	-593.690

16.1.2 Impronta idrica

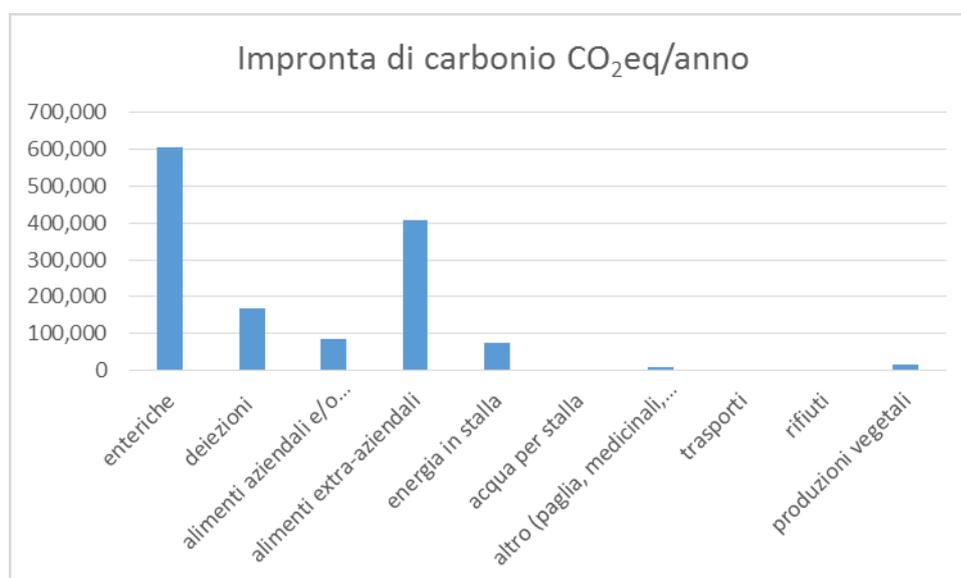
L'impronta idrica totale registrata nel 2016 è stata di 1.172.660 m³/a, esclusi i 63.422 m³/a per le produzioni vegetali non destinate all'alimentazione della mandria (Tab. 15). Il 94,4% dell'impronta idrica è prodotta dagli alimenti necessari alla mandria: 73,5 % da alimenti di provenienza extra aziendale quali i mangimi e 20,8% da alimenti prodotti in azienda. Il 5,1 % dell'impronta idrica è dovuta alle produzioni vegetali che non contribuiscono all'alimentazione della mandria. La percentuale dei consumi in stalla è 0,5%. (Figura 15)

Considerando come unità funzionali il kg latte e il kg carne, escludendo le colture vegetali extra alimentazione, con le stesse percentuali di allocazione di prodotto dell'impronta di carbonio avremo 1.026 l di acqua per kg di latte e 13.594 l di acqua per kg di carne. (Tabella 35)

Tabella 35 Impronta idrica

	blu	verde	Grigia	m ³ /kg H ₂ O
mc H ₂ O/kg di latte	0,101	0,769	0,156	1,026
mc H ₂ O/kg di carne	1,34	10,19	2,07	13,594

Figura 15 Impronta idrica per fasi



La quantità di acqua per kg di latte risulta di poco superiore al valore di Hoekstra: 1.026 contro i 1.020 l/kg latte di Hoekstra (2010), mentre risulta inferiore l'impronta idrica per kg carne, pari a 13.594 l, contro il valore di riferimento di 15.415 l, Hoekstra (2010). Considerando il peso delle tre diverse frazioni (acqua verde, blu e grigia) in modo distinto, si nota come l'acqua verde risulti di gran lunga la più elevata. Le quote di acqua blu e grigia, che sono gli indicatori ambientali più importanti, sono rispettivamente di 101 e di 156 l/kg di latte (Figura 16 Impronta idrica per fasi acqua blu).

Figura 16 Impronta idrica per fasi acqua blu

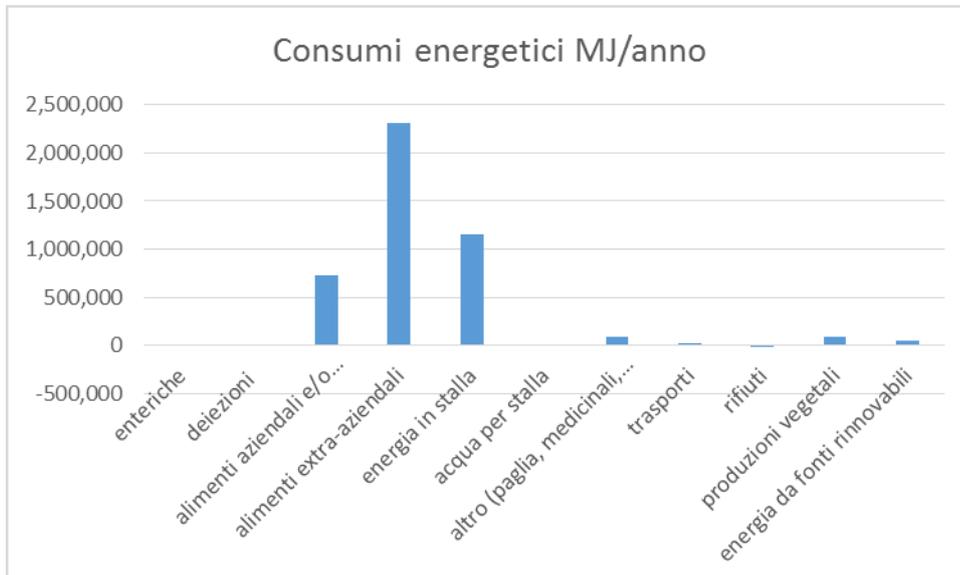


La maggior parte della frazione blu è dovuta alla produzione di alimenti per la mandria, soprattutto quelli acquistati.

16.1.3 Bilancio energetico.

L'energia fossile necessaria per garantire il funzionamento dell'azienda ammonta a 4.416.040 MJ. Sono gli alimenti della razione i fattori di input che contribuiscono maggiormente al consumo energetico aziendale, con il 68,7% (52,3% per alimenti di origine extra aziendale e 16,4% per alimenti prodotti in azienda). Altra quota significativa è quella (26,0%) dell'energia necessaria nella gestione della stalla. Abbiamo poi un 2% per paglia, medicinali, prodotti per la pulizia e l'igiene, 2,0% per i trasporti 0,5% per le energie rinnovabili, 2,0% per le produzioni vegetali non destinate all'alimentazione. Il consumo energetico per kg di latte è stato stimato in 3,79 MJ.

Figura 17 Consumi energetici per fasi



Per la misura del bilancio energetico è possibile utilizzare l'indice di valutazione EROEI (Energy Returned On Energy Invested o Energy Return On Investment), che stima le uscite energetiche, cioè il contenuto energetico potenziale delle produzioni legate alla stalla (Tabella 36).

Tabella 36 Indice di valutazione EROEI

Energia	Produzione
	MJ/a
latte	3.058.085
carne	53.470
fotovoltaico	195.034
E prodotta	3.306.588
E assorbita	4.328.544
Bilancio MJ/a	-1.021.956
EROEI	0,76

Dalla produzione del latte deriva il 92,5% delle entrate energetiche. Da segnalare anche il 5,9% derivato dal fotovoltaico, mentre piuttosto basso (1,6%) risulta il contributo produttivo della carne. L'indice EROEI risulta inferiore all'unità.

L'indicatore IMSE, che tiene conto della quota di energia rinnovabile prodotta in azienda, risulta di 3,62 con R del 4,51%.

16.1.4 Bilancio economico

I conti aziendali secondo il metodo Milk Money riferito all'annata 2016 mostrano un profitto di 28.390 €, derivato dalla differenza fra il totale dei ricavi (latte, carne, contributi, produzione energia da pannelli fotovoltaici), per un ammontare di 664.440 €, e il totale dei costi di produzione, stimato in 636.050 € (Tabella 37).

Tabella 37 Bilancio economico

INDICATORE	Euro/100kg	Euro/capo	Euro
RICAVI			
Valore latte prodotto	59,00	5281,00	596761
Ricavi carne	2,20	197,00	22300
Contributi (riconducibili all'allevamento da latte)	3,50	313,00	35425
Altri ricavi latte	0,98	88,00	9953
TOTALE RICAVI	65,69	5880,00	664440
ALTRI RICAVI			
Altri contributi e premi	0,00	0,00	0
Altri ricavi	1,33	119,00	13500
TOTALE ALTRI RICAVI	1,33	119,00	13500
COSTI DIRETTI			
Mangimi acquistati	16,06	1437,00	162406
Foraggi acquistati	0,06	5,00	600
Materie prime produzione foraggi (sementi, fertilizzanti ecc)	0,83	74,00	8345
Acquisto animali	0,00	0,00	0
Veterinario + Medicinali + inseminazioni	2,58	231,00	26047
Energia (carburanti + elettricità)	4,62	414,00	46733
Acqua (stalla + irrigazione foraggi)	0,11	10,00	1100
Assicurazioni	0,62	56,00	6300
Contoterzi	0,33	29,00	3330
Manutenzione fabbricati	0,15	13,00	1500
Manutenzione macchine	1,65	148,00	16669
Imposte e tasse	0,23	21,00	2320
Costo spandimento liquame	0,00	0,00	0
Costi specifici settore latte	1,73	155,00	17488
Costi generali	3,58	320,00	36176
TOTALE COSTI DIRETTI	32,53	2912,00	329014
COSTO FATTORI DI PRODUZIONE			
Ammortamento macchine	3,48	312,00	35208
Ammortamento fabbricati	4,56	408,00	46101
Costo terra in proprietà	0,61	55,00	6170
Costo terra non in proprietà	4,35	389,00	44000
Costo lavoro familiare + contributi e SCAU	13,94	1248,00	141020
Costo lavoro dipendente	1,81	162,00	18261
Interessi capitale agrario	1,31	117,00	13215
Interessi capitale anticipazione	0,30	27,00	3060

TOTALE COSTO FATTORI DI PRODUZIONE	30,36	2717,00	307036
COSTO DI PRODUZIONE TOTALE	62,88	5629,00	636050
COSTO NETTO DI PRODUZIONE	56,19	5030,00	568371
PROFITTO	2,81	251,00	28390
REDDITO FAMILIARE	18,67	1671,00	188796

Economia	Euro/a
ricavi latte	596,761
ricavi carne	22,300
altri ricavi	9,953
contributi	35,425
Totale	664,439
costo produzione	636,050
Profitto €/a	28,390

16.2 Indice Metabolico-Economico:

In base ai valori riscontrati per impronta di carbonio, impronta idrica, consumi energetici e bilancio economico è stato stimato l'indice metabolico-economico (Tabella 38), che riassume l'impronta metabolica aziendale.

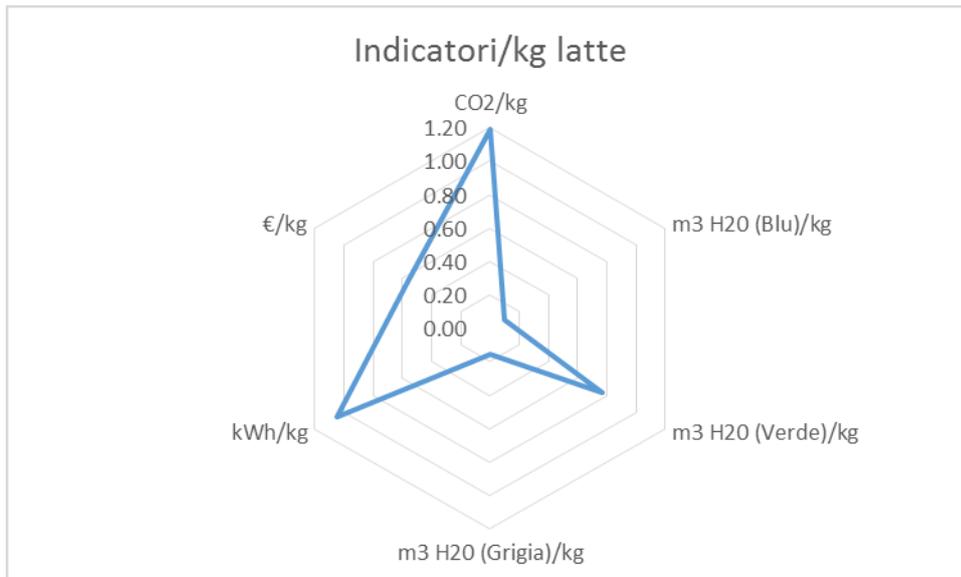
Tabella 38 Indice metabolico-economico

Descrizione	Coef. IME	Valore
IME1 (profitto)	1	28.390
IME2 (borsa elettrica)	0,01188	-12.144
IME3 (acqua irrigazione)	0,015	-2.673
IME4 (sequestro in bosco)	0,0089451	0
IME totale		13.573

Il valore positivo dell'indice segnala una teorica sostenibilità economico-ambientale delle attività produttive dell'azienda. Infatti, il profitto economico ci consente di acquistare, teoricamente, l'energia in difetto e purificare l'acqua inquinata. Riguardo all'indice dell'impronta di carbonio, essendo negativo il valore della CO₂ aziendale (-593.690 kg/a di CO₂eq), non è stato necessario considerare la quota per l'acquisto di aree boschive.

Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. In Figura 18 vengono mostrati i valori dei quattro indicatori: impronta di carbonio, impronta idrica (nelle tre componenti), consumi energetici e costi di produzioni riferiti al kg di latte prodotto.

Figura 18 Rappresentazione grafica dell'IME



16.3 Azioni di mitigazione e possibili strategie di miglioramento.

Vediamo ora di valutare quali potrebbero essere le azioni da mettere in atto da parte dell'azienda al fine di ottenere miglioramenti dal punto di vista ambientale.

In stalla, si può supporre un aumento della digeribilità degli alimenti del 2% (dal 65 al 67%), ottenibile attraverso il miglioramento qualitativo della produzione dei foraggi (diminuzione degli imbrattamenti da terra, riduzione delle perdite nelle fasi di rivoltamento, andatura e raccolta, corretta fase di conservazione, monitoraggio della qualità foraggera attraverso la costante analisi di campione di foraggio).

Mantenendo gli stessi livelli produttivi e la medesima consistenza della mandria si otterrebbe un calo di emissioni di gas serra per kg di latte da 1,19 a 1,17 kg CO₂eq e si passerebbe inoltre da 15,72 a 15,45 kg CO₂eq per kg di carne.

Un miglioramento significativo, sia dal punto di vista energetico che nell'azione di mitigazione nelle emissioni di gas serra, potrebbe essere lo sfruttamento degli effluenti zootecnici dal punto di vista energetico, ad esempio con il loro conferimento ad un impianto per la produzione di biogas. Si stima un possibile calo dell'impronta di carbonio a 1,12 kg CO₂eq/kg e 2,18 MJ contro 3,79 MJ/kg di latte, con un indice EROEI >1 (1,84).

Si assiste anche ad una forte riduzione dell'indice IMSE da 3,62 a 0,88 con R da 4,51 % a 59,69%.

Tabella 39 Calcolo produzione potenziale energia elettrica da biogas con effluenti aziendali

	liquame	letame	totale	
N° capi produttivi	113	113		capi produttivi
Escrezione ST da vacche produttive, compresa quota rimonta	1.60	13.17	14.8	kgST/capo produttivo/d
Resa biogas da liquame	350	400		m3/t SV
Concentrazione ST liquame	100	250		g/kg
Produzione effluenti	2	6	7.77	t/d
Tenore SV	80%	82%		% SV/ST
Produzione biogas giornaliera	51	488	539	m3 biogas/d
Produzione biogas oraria	2.1	20.3	22	m3/h
percentuale CO2 nel Biogas	45%	45%		%
CO2 prodotta	23	220	242	m3 di CO2/giorno
densità CO2 in c.s wiki kg/m3	1.98	1.98		kg/m3
CO2 prodotta	45	435	480	kg di CO2/giorno
Fabbisogno effluenti per m3 di biogas	35.7	12.2	48	kg effluenti/m3 biogas
Produzione metano	55%	55%		% CH4 nel biogas
	28	268	296	m3 CH4/d
	5.500	5.500		kWh/m3 biogas
Produzione elettrica	38%	38%		Rendimento elettrico
PCI CH4	50.0	50.0		Potere calorico inferiore MJ/kg
	0.0			Temperatura in C°
Densità metano	0.715			Densità kg/m3
	35.76	35.76		PC inferiore CH4 MJ/m3
	9.94	9.9		PC inferiore CH4 kWh/m3
	106	1014	1120	kWhe/d
Potenza impianto	47			kW
	0.41			kWe/capo_produttivo
	2.08			kWh/m3 biogas prodotto
Coefficiente autoconsumi elettrici	12.0%			
Autoconsumi elettrici	134			kWhe/d
Produzione immessa in rete	985			kWh/giorno

Riguardo al possibile risparmio idrico risulta sempre più importante l'ottimizzazione delle risorse per l'irrigazione delle colture che concorrono alla alimentazione della mandria. Per limitare gli sprechi in campo, dove maggiori e più importanti sono i consumi, bisogna ricercare la massima efficienza d'irrigazione: scelta della tempistica e del volume di irrigazione, scelta della tipologia e del corretto uso degli impianti d'irrigazione.

Con questi accorgimenti stimando una riduzione di un quarto quantità irrigua delle colture, a parità di produzione, si otterrebbe un risparmio di 6,3 l di acqua per kg di latte e di 83,7 litri per kg di carne. Il risparmio teorico sarebbe di circa 7.200 m³/anno.

Un altro aspetto molto importante potrebbe essere quello legato alla efficienza produttiva, un obiettivo da sempre in testa alla scala di priorità dell'imprenditore agricolo. Supponendo di ottenere un aumento della produttività del 5%, attraverso il miglioramento della fertilità, l'allungamento della longevità degli animali e la riduzione della mortalità, tutte caratteristiche che possono migliorare l'efficienza complessiva del sistema zootecnico, potremmo teoricamente ottenere i seguenti risultati: da 1,19 a 1,14 kg CO₂eq/kg di latte; da 0,101 a 0,097 m³ di acqua blu/kg di latte, da 3,79 a 3,63 MJ/kg di latte.

Tabella 40 Confronto scenari mitigazione (indicatori/kg di latte)

	BASE	BIOGAS	MIGLIORE DIGERIBILITA	RISPARMIO IDRICO	AUMENTO RESE
CO ₂ /kg	1,19	1,12	1,17	1,19	1,14
m ³ H ₂ O blu/kg	0,101	0,101	0,101	0,095	0,097
MJ/kg	3,79	2,18	3,79	3,79	3,63

Nell'azienda sono previsti alcuni cambiamenti. In particolare, nel sistema di propulsione del carro trincia-miscelatore è stato recentemente inserito un dispositivo per la immissione diretta di idrogeno nel motore, al fine di migliorare la combustione e diminuire i consumi. L'idrogeno viene prodotto per elettrolisi da un serbatoio di acqua distillata posto nel vano motore. Questo dispositivo dovrebbe garantire un risparmio di gasolio stimato nel 10% circa. Supponendo di dotare tutte le macchine semoventi in dotazione all'azienda con questo dispositivo, si stima una riduzione da 1,19 a 1,18 kg CO₂eq/kg di latte e una diminuzione del dispendio energetico da 3,79 a 3,67 MJ/kg.

17 Conclusioni

Nella Tabella 41 sono riassunti i principali indicatori calcolati nelle tre aziende partner del progetto, con evidenziati i risultati relativi a emissioni di gas serra, impronta idrica, consumi energetici da fonti fossili e nucleari, profitto economico e indici EROEI e IMSE. In particolare, nella 5ª colonna sono espressi i valori della media per kg di latte prodotto.

Tabella 41 Principali indicatori calcolati nelle tre aziende partner

Indicatore	Azienda 1	Azienda 2	Azienda 3	Media
Emissioni gas serra (kg CO ₂ /kg latte)	1,185	1,186	1,187	1,186
Emissioni gas serra compreso sequestro (kg CO ₂ /kg latte)	1,102	1,121	1,105	1,110
Impronta idrica blu (m ³ /kg latte)	0,097	0,055	0,101	0,084
Impronta idrica verde (m ³ /kg latte)	0,792	0,737	0,769	0,766
Impronta idrica grigia (m ³ /kg latte)	0,175	0,177	0,156	0,169
Consumi energetici (MJ/kg latte)	3,560	3,459	3,787	3,602
Costo di produzione (€/kg latte)	0,575	0,483	0,562	0,540
EROEI	0,845	0,846	0,764	0,818
IMSE	3,159	3,088	3,617	3,288
Indice R % fonti da energie rinnovabili	11,28%	10,73%	4,51%	8,84%
IME				

Il valore di 1,186 kg CO₂eq per kg di latte è in linea con i dati rilevati dai diversi studi nazionali e internazionali sull'impatto della produzione di latte; i valori bibliografici per paesi con elevate rese produttive sono compresi tra 0,4 e 1,8 kg CO₂eq per kg latte. Il valore di impronta di carbonio tenendo conto del potenziale sequestro si riduce a 1,11 kg CO₂eq per kg di latte.

Per l'impronta idrica abbiamo una media (1.020 l/kg latte) identica ai 1.020 litri presi come riferimento bibliografico accreditato. La media dell'impronta blu delle tre aziende è di 84 l/kg latte, mentre i valori di riferimento sono compresi tra 56 e 98 l/kg.

Riguardo al consumo di risorse energetiche da fonti fossili e nucleari non esistono molti studi; come confronto si propone il valore dedotto dalla banca dati Ecoinvent, relativo alla produzione di latte alimentare analizzata in Canada (Quebec), con una tipologia aziendale molto simile alle aziende del nostro progetto, con produzione di 8.137 kg FPCM/vacca per anno, gestione delle deiezioni al 44% di letame e al 56% di liquame e quota di rimonta del 32%. Nel caso canadese risulta un consumo energetico da fonti fossili e nucleare di 3,51 MJ/kg di latte, con un'impronta di carbonio simile al valore medio della nostra ricerca di 1,19 kg CO₂eq per kg di latte. Il valore della media del consumo energetico del nostro studio risulta di poco superiore 3,60 MJ/kg di latte.

Il costo netto di produzione si attesta intorno agli 0,54 €/kg di latte.

L'indice di aggregazione IME è risultato positivo per due aziende e negativo per un'azienda a causa dei più alti costi di produzione e di più bassi valori dei prezzi di vendita rispetto agli altri casi.

L'indice EROEI risulta inferiore all'unità (media dello 0,818). Nelle tre aziende l'energia prodotta sotto forma di alimenti (latte e carne) non è sufficiente, come prevedibile, a compensare l'energia da fonti fossile e nucleare necessaria alla produzione.

L'indicatore IMSE presenta un valore medio di 3,288. Più i valori dell'indice sono elevati, più l'azienda dipende da fonti non rinnovabili. In questo caso è difficile avere valori di confronto, ma si può nel complesso considerare buona la percentuale del 8,84% di energia derivata da fonti rinnovabili.

Dagli indicatori si evidenzia una sostanziale positività riguardo agli impatti ambientali analizzati nelle aziende zootecniche per la produzione di latte per il formaggio PR, anche se risulta ancora una forte dipendenza da fonti fossili non rinnovabili per i fabbisogni energetici. Questo nonostante le pratiche già messe in atto dalle aziende, come l'installazione di impianti fotovoltaici e la digestione anaerobica praticata per parte degli effluenti zootecnici aziendali.

Gli interventi relativi all'alimentazione possono offrire interessanti potenzialità di mitigazione dell'impronta carbonica; in particolare, attraverso interventi di miglioramento della digeribilità e della qualità della razione, è possibile dare un significativo contributo alla riduzione delle emissioni di gas serra, grazie alla conseguente riduzione delle emissioni enteriche che, per questa categoria zootecnica, sono le maggiori responsabili dell'impronta di carbonio.

Potenzialmente, molto interessanti risultano anche gli interventi volti a un incremento del sequestro del carbonio nel suolo: agricoltura conservativa, incorporazione dei residui colturali, cover crops sono in grado di dare un contributo non trascurabile alla riduzione dell'impronta carbonica, maggiore nel caso delle aziende con maggiore dotazione di terreni rispetto alla dimensione della mandria.

Gli interventi di risparmio energetico e di produzione di energia da fonti rinnovabili (biogas, fotovoltaico) sono misure immediatamente disponibili, di indubbia efficacia, che meritano la più ampia diffusione. La digestione anaerobica, in particolare, è la tecnica cui può essere attribuita la maggiore potenzialità di mitigazione degli impatti di gas serra, grazie alle sue prerogative di

tecnica win-win: riduzione delle emissioni di metano dallo stoccaggio del liquame, riduzione delle emissioni di CO₂ per la sostituzione dell'energia fossile con energia rinnovabile, aumento della quota di energie rinnovabili. Il biogas consente anche un miglioramento del bilancio economico aziendale; infatti, considerando la media delle tre aziende, si otterrebbe teoricamente una produzione di circa 0,34 kWh/kg di latte che, al prezzo di vendita di 0,28 €/kWh, può generare un reddito lordo di 0,10 € per kg di latte.

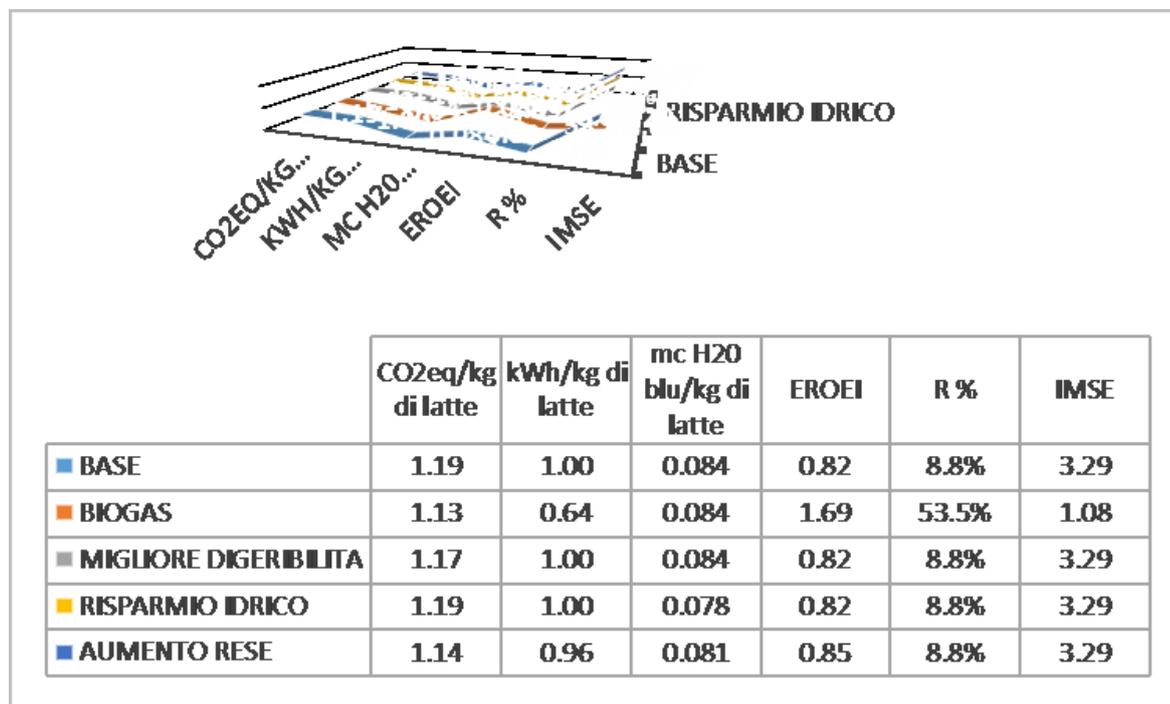
Inoltre, simulando il conferimento della totalità degli effluenti ad un impianto di biogas si ottiene il miglioramento dei valori dell'indice IMSE e della percentuale di energia rinnovabile (%R) (Tabella 42).

Tabella 42 Indicatore IMSE e %R prima e dopo l'introduzione del biogas

Azienda	IMSE	%R
Azienda 1	da 3,16 a 0,87	da 11,28% a 59,73%
Azienda 2	da 3,09 a 1,49	da 10,73% a 40,94%
Azienda 3	da 3,62 a 0,88	da 4,51% a 59,69%

Nella Tabella 43 sono indicati i valori medi delle simulazioni effettuate con gli scenari dove si è ipotizzato: l'utilizzo degli effluenti per la produzione biogas, una migliore digeribilità degli alimenti, una certa quota di risparmio idrico per la produzione degli alimenti e un aumento delle rese produttive.

Tabella 43 Confronto scenari di mitigazione (per kg di latte).



Le simulazioni effettuate considerano pratiche agricole direttamente dipendenti dalle scelte dell'agricoltore, senza mettere in discussione i sistemi e livelli di produzione, in quanto si è considerato che gli interventi applicabili debbano essere compatibili con il mantenimento di un'agricoltura efficiente sul piano della produzione.

Va inoltre considerato che nello studio ogni misura di mitigazione è stata valutata come azione a sé stante, senza sommare gli effetti di più mitigazioni. Benché non sia possibile determinare con ragionevole certezza gli effetti sinergici (compensativi o contrastanti) di più misure, è però credibile che sommando gli effetti di alcuni interventi proposti si possa ottenere un effetto di mitigazione ancora più accentuato.

Il buon funzionamento e coordinamento dei diversi fattori produttivi è fondamentale per ridurre gli impatti e aumentare le rese.

Come è stato evidenziato dai dati analizzati, si può affermare che le aziende a cui è stato applicato il modello metabolico hanno, nei confronti dell'ambiente, un rapporto nella media sufficientemente virtuoso o quantomeno in linea con i valori bibliografici dei principali indicatori di riferimento. Di fatto, la produzione di latte per la trasformazione in Parmigiano Reggiano presenta già in sé aspetti di sostenibilità ambientale ed economica, soprattutto a causa dell'importanza della dieta a base di foraggio affienato e della peculiarità del prodotto finale. In particolare gli scenari di mitigazione analizzati potrebbero portare a ulteriori ricadute sull'intero comparto, nel senso di una auspicabile valorizzazione di un prodotto sostenibile sia dal punto di vista ambientale che dal punto di vista economico. Inoltre, l'analisi dei dati effettuata sugli impatti delle diverse fasi

produttive fornisce indicazioni sugli aspetti più interessanti in grado di ridurre gli impatti. Ad esempio, per l'impronta di carbonio, sono le emissioni enteriche, unitamente alla produzione di alimenti, che hanno le maggiori responsabilità nella emissione di gas serra e, quindi, è su questi aspetti che bisognerà maggiormente lavorare in futuro, anche attraverso la produzione di alimenti di qualità e di migliore digeribilità.

Sempre in tema di alimentazione, la filiera del fieno, base della razione delle vacche da latte per il Parmigiano, favorisce il sequestro di carbonio nel terreno, specie nei prati stabili permanenti. Nel tempo tale capacità di sequestro tende a diminuire se non a cessare del tutto, raggiunto un certo grado di saturazione. La cura e la conservazione dei prati stabili consente comunque di mantenere nel terreno il carbonio catturato negli anni precedenti, evitando così di incrementare la quota di CO₂ in atmosfera.

L'agricoltura del futuro dovrà saper coniugare efficienza economica e sostenibilità ambientale, una prerogativa essenziale per garantire la stabilità di un sistema produttivo.

Si è cercato di costruire un prototipo di modello diagnostico per rappresentare la complessità dell'azienda agricola, al fine di poter avere indicazioni utili anche alla pianificare dei possibili interventi di mitigazione ambientale.

Il progetto modello metabolico è un'iniziativa pilota, applicabile a tutte le tipologie di aziende da latte, e potrà diventare uno strumento utile per orientare le strategie degli allevatori e le politiche future, con lo scopo di promuovere uno sviluppo sostenibile del settore dell'allevamento, attraverso l'innovazione tecnologica e l'utilizzo efficiente delle risorse naturali.

18 Riferimenti bibliografici

Antonelli M., Greco F. (eds.) (2013) L'acqua che mangiamo: Cos'è l'acqua virtuale e come la consumiamo, Edizioni Ambiente, Milan, Italy

Capper J.L., Cady R.A., Bauman D.E. (2009) The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007, Journal of Animal Science, Vol.87, p. 2160-2167

Della Valle E., Anfodillo T. (2009) Le foreste “mangiano” davvero la CO₂? (<http://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/Le-foreste-%22mangiano%22-davvero-la-CO2>)

Diepenbrock W., Pelzer B. & Radtke J. (1995) Energiebilanz im Ackerbaubetrieb. Arbeitspapier211. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der andwirtschaft (KTBL). Darmstadt, Deutschland.

Drastig K., Prochnow A., Kraatz S., Klaus H., Plöchl M. (2010) Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg, Advance Geoscience, Vol. 27. p. 65-70

European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010

Audsley E., Stacey K., Parsons D.J., Williams A.G. Estimation of the greenhouse gas emissions from agricultural pesticide manufacture and use. Cranfield University Bedford MK43 0AL. Prepared for: Crop Protection Association Registered Office: 2 Swan Court, Cygnet Park, Hampton, Peterborough PE7 8GX (2009)

Ecoinvent (2007) – Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems, Ecoinvent report No 15, Zurich and Dübendorf, December 2007

EMEP/EEA Emission inventory guidebook 2013, 3.B Manure management

EMEP/EEA Emission inventory guidebook 2013, 3.D Crop production and agricultural soils

FIL – IDF (2015) A common carbon footprint approach for dairy sector. The IDF guide to standard life cycle assessment methodology. Bulletin of the international Dairy Federation 479/2015

Flysjö A., Henriksson M., Cederberg C., Ledgard S., Englund J.E. (2011) The impact of various parameters on the carbon footprint in New Zealand and Sweden, Agricultural System, Vol. 104, p.459-469

GESTIM, 2011; Guide des valeurs Dia'terre®, 2012

Scanzi G. 2000 (Il manuale delle carni bovine Editrice San Marco)

Giampietro M. (2004) Multi-scale integrated analysis of agroecosystems, CRC Press LCC
Modello Metabolico - Relazione tecnico-scientifica

Giampietro M., Mayumi K., Sorman A.H. (2013) Energy Analysis for a Sustainable Future, Multi-scale integrated analysis of societal and ecosystem metabolism. Routledge 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 RN.

Hoekstra A. Y., Chapagain A. K., M.Aldaya, Mekonnen M.(2011), The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK

Hoekstra A.Y. (2012) The hidden water resource behind meat and dairy, Animal Frontiers, Vol. 2, no.2

Hoekstra, Arjen Y, Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual

IDF. (2010). A common carbon footprint approach for dairy - the IDF guide to standard life cycle assessment methodology for the dairy sector. In Bulletin 445 of the International Dairy Federation. Brussels, Belgium: International Dairy Federation

IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.

IPCC, CLIMATE CHANGE 2013,The Physical Science Basis, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/>).

ISO 14040/14044:2006, ISO series on Life Cycle Assessment (Valutazione del ciclo di vita), UNI EN ISO 14040:2006 e 14044:2006 www.iso.org

ISO 14046:2014 specifies principles, requirements and guidelines related to water footprint assessment of products, processes and organizations based on life cycle assessment (LCA)

LCA Food DK database on food products (SimaPro 8.04 LCA software).

Maier J., Vetter R., Siegle V. & Spliethoff H. (1998) Anbau von Energiepflanzen – Ganzpflanzengewinnung mit verschiedenen Beerntungsmethoden (ein- und mehrjährige Pflanzenarten); Schwachholzverwertung, Abschlussbericht. Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg. Stuttgart, Deutschland.

Mekonnen, M. and Hoekstra, A.Y. (2010) The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Mekonnen M., Hoekstra A.Y. (2012) A global assessment of the water footprint of farms animal products, Ecosystems 15, p. 401-415

Morrison J., Schulte P., Schenck R., 2009, An Analysis of Methods and Tools for Measuring Water Use and Its Impacts, Pacific Institute Oakland, California, USA; Institute for Environmental Research and Education Seattle, Washington, USA (disponibile in http://www.pacinst.org/topics/globalization_and_env

Nebbia G. (2001) AA.VV., "Ecosistemi urbani. Convegno nell'ambito della Conferenza annuale della Ricerca. Atti dei Convegni Lincei 182", Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, 2002, p.17-31. Convegno su "Ecosistemi urbani", Roma, 22-24 ottobre 2001.

Garrido A., Calatrava J. Agricultural Water Pricing: EU and Mexico, OECD study (2010) Sustainable Management of Water Resources in Agriculture, which is available at www.oecd.org/water.

Regione Emilia Romagna 2016 (Regolamento regionale gennaio 2016, n.1, Regolamento regionale disposizioni in materia di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue derivanti da aziende agricole e piccole aziende agro-alimentari

Grisso R.D., Vaughan D.H., Roberson G.T., 2004 (Predicting Tractor Fuel Consumption Vol. 20(5): 553-561 _ 2004 American Society of Agricultural Engineers ISSN 0883-8542).

O.R Overman (1933) Milk-energy formulas for various breeds of cattle (Journal of Agricultural Research, vil 46 n° 12)

Rotz C.A. Montes F., Chianese D.S. (2010) The carbon footprint of dairy production systems through partial life cycle assessment, Journal of Dairy Science Vol. 93, p. 1266-1282

Erzinger S. (2002) FAT personal communication - Eco Ecoinvent report No. 15, 2007 Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems)

Thomassen M.A., Dolman M.A., van Calster K.J., de Boer I.J.M. (2009) Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms, Ecological Economics, Vol. 68, p. 2278-2284

Trossero E. (2013).La valutazione della sostenibilità ambientale in ambiti urbani: bilanci energetiche risorse locali rinnovabili nella pianificazione di nuovi distretti.PhD thesis

SARD Nel 1988, sulla base della definizione di sviluppo sostenibile della Commissione Bruntland, il Consiglio della FAO ha definito SARD (Support to Agriculture and Rural Development)

U. S. Dept. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2006 – Keys to Soil Taxonomy. 10th ed., Washington D.C

Valori medi agricoli 2016, Agenzia delle entrate, Ufficio del territorio provincia di Reggio Emilia 2016)

[http://wwwt.agenziaentrate.gov.it/mt/Osservatorio immobiliare/valori_agricoli_medi/emilia/RE_2016.pdf](http://wwwt.agenziaentrate.gov.it/mt/Osservatorio%20immobiliare/valori_agricoli_medi/emilia/RE_2016.pdf)

Wolman A. (1965) "The metabolism of cities". Scientific America, 231, pp 179-190.