



# Modello metabolico

Prototipo di un modello diagnostico predittivo

## GOi SIMBIOSI

Sviluppo di un modello zootecnico della biodiversità

Stefano Pignedoli

**SANA, 09 - 12 settembre 2021**  
BOLOGNA QUARTIERE FIERISTICO

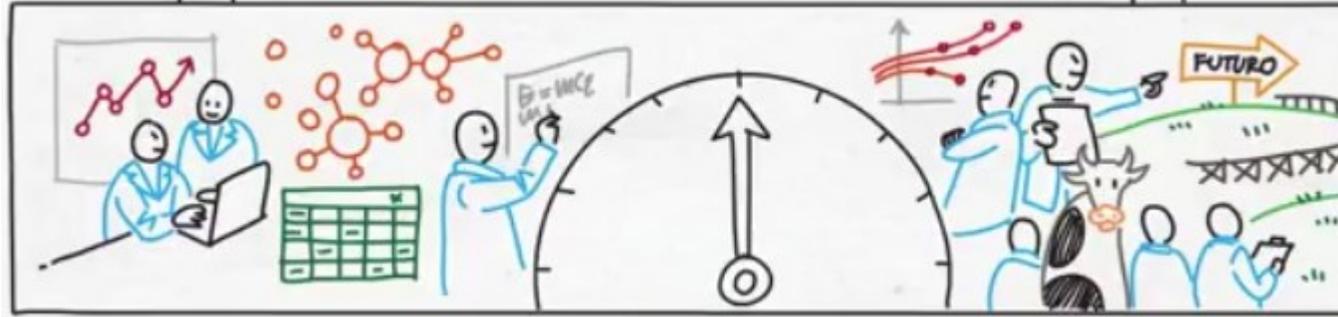


Divulgazione a cura di Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.a. - Autorità di Gestione: Direzione Agricoltura, caccia e pesca della Regione Emilia-Romagna.

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 — Tipo di operazione 16.1.01 — Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura — Focus Area 3A - Migliorare la competitività dei produttori primari integrandoli meglio nella filiera agroalimentare attraverso i regimi di qualità, la creazione di un valore aggiunto per i prodotti agricoli, la promozione dei prodotti nei mercati locali, le filiere corte, le associazioni e organizzazioni di produttori e le organizzazioni interprofessionali — Progetto "Parmigiano Reggiano Green Deal - L'impiego del pascolo e dell'erba a supporto di un modello di sviluppo sostenibile per le aree di montagna del Parmigiano Reggiano".



# Modello Metabolico

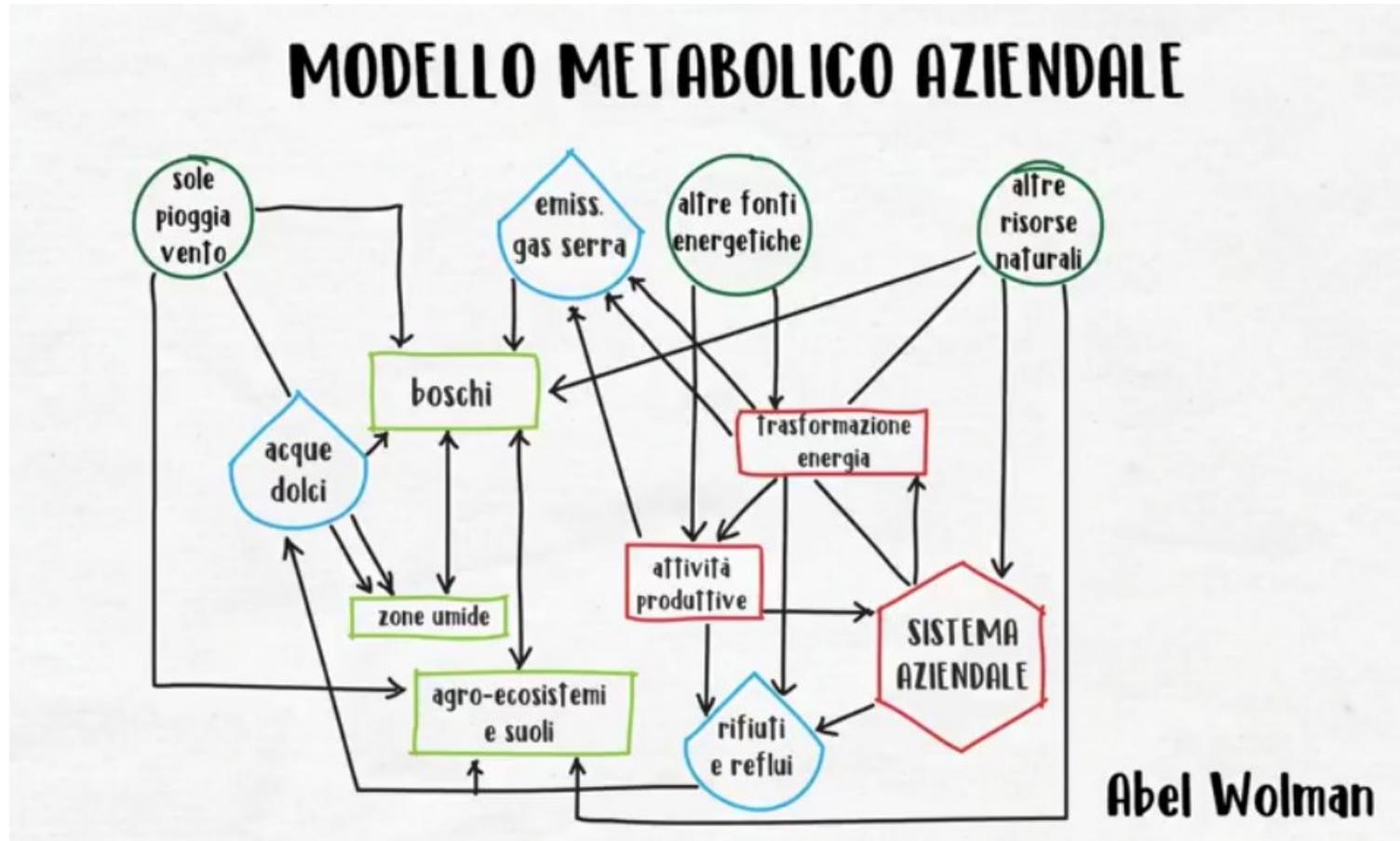


## • “Modello Metabolico”

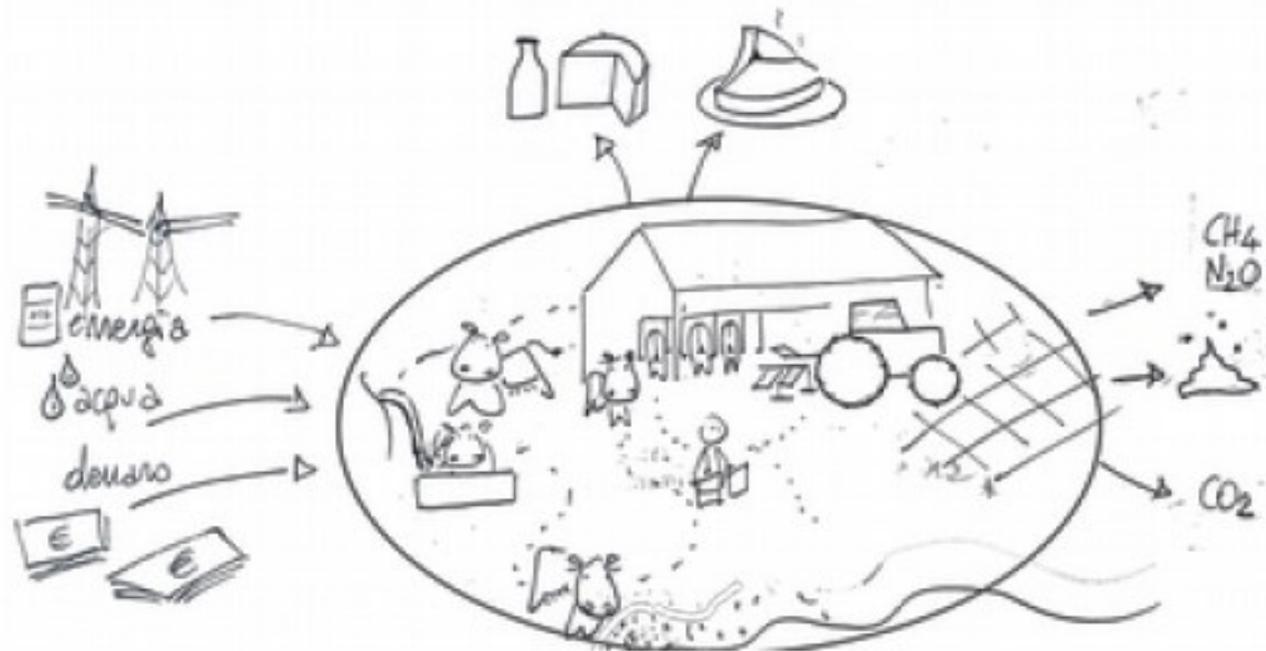
### • Prototipo di un modello diagnostico predittivo

- Modello Metabolico economico/ambientale come strumento per un futuro sostenibile nelle aziende zootecniche da latte per il Parmigiano Reggiano
- Il progetto è finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell’ambito del Psr 2014-2020 – Tipo di operazione 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l’innovazione: “produttività e sostenibilità dell’agricoltura” – Focus Area 5E –

# Metabolismo urbano Abel Wolman (1965)



# Azienda come una cellula



# Finalità del progetto

- **L'obiettivo di questo piano** è l'applicazione del modello e dell'analisi metabolica all'azienda agricola
- In particolare l'applicazione del modello alle **aziende da latte** per la produzione di Parmigiano Reggiano.
- L'approccio del **modello metabolico** si basa 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 la sostenibilità ambientale.

# Partner coinvolti nel progetto

- Azienda Bastardi F.lli Enzo e Villiam Società Agricola S.S.  
Fogliano (RE)



- Azienda Società Cooperativa Agricola Stalla Sociale Piazzola di  
Bibbiano (RE)



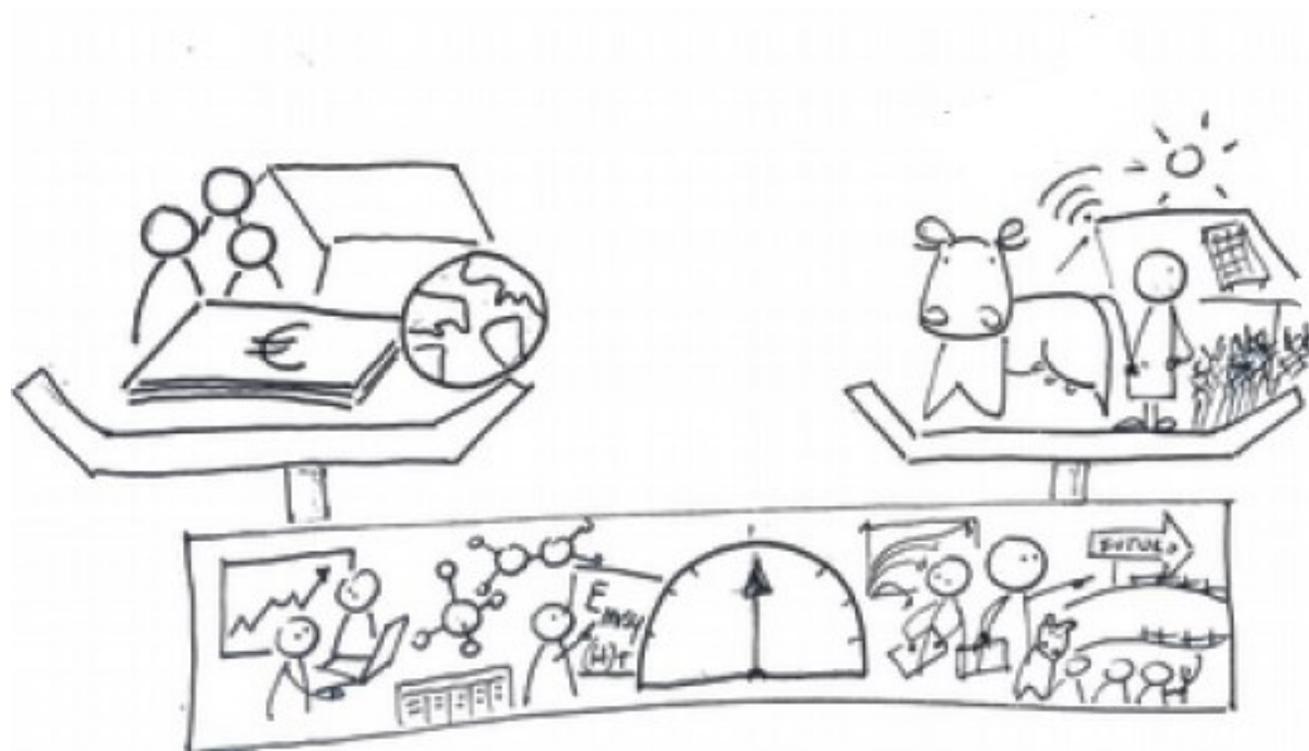
- Azienda Agricola Simonazzi Aurelio, Ernesto e Landini Mirte S.S:  
Società Agricola Bagnolo n Piano (RE)



- CREA-ING di Treviglio



# Come quantificare questa complessità



SANA, 09 - 12 settembre 2021  
BOLOGNA QUARTIERE FIERISTICO

Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura



# Elementi considerati:

## Colture

- colture e superfici;
- resa delle colture;
- macchine utilizzate;
- consumi di energia e acqua;
- sementi;
- fertilizzanti;
- agrofarmaci;
- effluenti...

## Allevamento

- n° di animali;
- produzioni (latte, carne);
- alimenti e mangimi acquistati;
- consumi energetici e idrici;
- gestione degli effluenti;
- trasporti;
- edifici e mezzi tecnici;
- altri input (detergenti, farmaci, etc...)

I dati per il bilancio economico (Milk Money)

# Indici di valutazione

- Cambiamenti climatici (**Impronta di carbonio**)
- Uso dei beni (**Impronta idrica**)
- Consumo risorse (**Impronta energetica**)
- Indice Bilancio Economico (**IBE**)
- Energy Returned On Energy Invested (**EROEI**)
- Indice Metabolico di Sostenibilità Energetica) (**IMSE**)
- Indice MetabolicoEconomico (**IME**)

# Impronta di carbonio

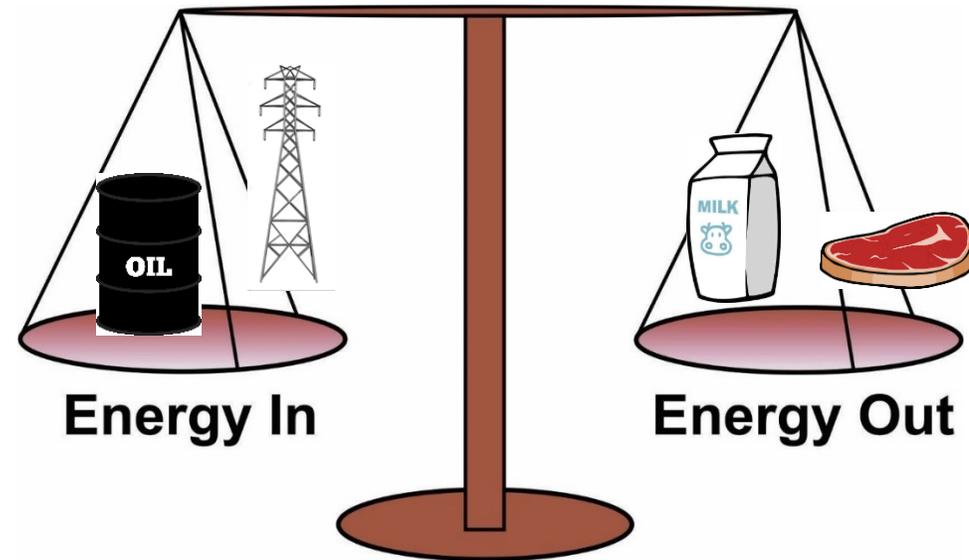
- La valutazione delle emissioni riguarda:
  - *Global Warming Potential (IPCC 2013)*
  - il protossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ , GWP = **265**) dalla fertilizzazione delle colture e dalle deiezioni;
  - il metano ( $\text{CH}_4$ , GWP = **28**) da fermentazioni enteriche e dalle deiezioni;
  - l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ , GWP = **1**) da combustioni

# Water Footprint (Impronta idrica)

- **L'impronta idrica** (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 norma ISO 14046.
- Nel nostro caso si sono studiati principalmente i consumi derivati dalle produzioni agricole per i fabbisogni alimentari e le risorse idriche necessarie alla gestione della stalla.
- 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.

# Bilancio energetico

- Per effettuare il **bilancio energetico** dell'azienda agricola si è calcolata la resa energetica, come differenza fra il contenuto energetico del prodotto (MJ) e l'energia spesa per produrlo (MJ).





# Milk Money

Visualizza... Sblocca **Elabora** Importa...

- [Lista aziende](#)
- [Logout](#)

Lista delle aziende disponibili

Anno di gestione:

Imposta

**Aziende disponibili:**

Costo di produzione - bovini latte

[Milk Money Azienda 1](#)

[Milk Money Azienda 2](#)

[Milk Money Azienda 3](#)

Indietro Modifica Esporta XLS Imposta confronto

Dati anagrafici

Ragione sociale Milk Money Azienda 3

Accesso ai servizi di elaborazione dei dati



# EROEI (Energy Returned On Energy Invested)

(Ritorno energetico sull'investimento energetico)

- Il ritorno energetico sull'investimento energetico, ovvero energia ricavata su energia consumata, è un **coefficiente** che, riferito a una data fonte energetica, ne indica la sua convenienza in termini di resa energetica.
- Ne risulta che un processo con un **EROEI** inferiore ad **1** è in perdita da un punto di vista energetico, mentre nel caso il rapporto sia maggiore di **1** il processo produce energia.

# IMSE (Indice Metabolico di Sostenibilità Energetica)

- **IMSE** =  $C \text{ MJ/kg latte/anno} - ((C \text{ MJ/kg latte/anno}) * \%R)$
- dove:
- **C** = consumo per la produzione di un di un kg di latte espresso in MJ/kg latte anno
- **%R** = percentuale energia rinnovabile in rapporto al consumo totale di energia fossile e nucleare
- L'IMSE consente di dare un **indicazione della sostenibilità energetica** che non si basa solo sull'efficienza, ma introducendo la percentuale di **energie rinnovabili**.
- 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 l'azienda produca più energia da fonti rinnovabili di quella necessaria al suo funzionamento.

# IME (Indice MetabolicoEconomico)

- **IME:** indice globale di **aggregazione** della sostenibilità ambientale ed economica.
- Ad ogni impatto (Impronta carbonica, impronta idrica, consumi energetici) si è attribuito un costo economico da sostenere per bilanciare gli impatti prodotti («**Riparazione monetaria**»).
- La differenza fra il profitto e i costi di compensazione degli impatti produce il valore dell'indice.
- L'obiettivo di questo indicatore non è di dare un giudizio certo, ma piuttosto quello di dare una indicazione relativa al sistema di produzione latte in riferimento ad **un probabile grado di sostenibilità**.
- Un valore positivo è indice di teorica sostenibilità ambientale/economica.

# Alcuni risultati:

INDICATORE	VALORI MEDI	UNITA' DI MISURA
Emissioni gas serra	1,186	kg CO <sub>2eq</sub> /kg latte
Emissioni gas serra (sequestro incluso)	1,110	kg CO <sub>2eq</sub> /kg latte
Impronta idrica (acqua blu)	0,084	m <sup>3</sup> /kg latte
Impronta idrica (acqua verde)	0,766	m <sup>3</sup> /kg latte
Impronta idrica (acqua grigia)	0,169	m <sup>3</sup> /kg latte
Fabbisogni energetici	3,602	MJ/kg latte
Costo di produzione	0,540	€/kg latte
EROEI	0,818	Numero
IMSE	3,288	Numero
Indice R (% energia da fonti rinnovabili)	8,84%	%
IME		

# Considerazioni conclusive

- **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 i 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.

SANA 2021

# PROGETTO SIMBIOSI

Sviluppo di un Modello zootecnico della  
Biodiversità agroSilvo-pastorale



L'utilità della biodiversità per le produzioni agricole è un fatto certo. Si pensi alla ricchezza di microrganismi del suolo, l'impollinazione, la varietà delle e composizioni floristiche ecc.

L'attività agricola inoltre interagisce, in modo importante, con l'ambiente influenzando l'intero ecosistema, specialmente nei territori come i nostri dominati da un'agricoltura spesso intensiva.



Quanta biodiversità può contenere un sistema zootecnico e quali sono gli effetti della biodiversità sull'attività produttiva sono le domande a cui ha voluto rispondere il Gruppo Operativo per l'Innovazione SIMBIOSI.

Il Gruppo Operativo:

**Centro Ricerche Produzioni Animali CRPA. S.p.A.**

**Horta S.r.l.**

**Azienda Agricola del Gigante.**

**Azienda Agricola IRIS.**

*Il progetto è finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Psr 2014-2020 – Tipo di operazione 16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: Produttività e sostenibilità dell'agricoltura – Focus Area 4A - Salvaguardia, ripristino e miglioramento della biodiversità.*

# Metodologia

La metodologia ha preso spunto dal metodo Biotex dell'Institut de l'Elevage, di cui sono stati utilizzati alcuni algoritmi di calcolo avvalendosi anche della consulenza tecnica di un autore della pubblicazione.

BIOTEX : une démarche d'évaluation multicritère de la biodiversité ordinaire dans les systèmes d'exploitation d'élevage et de polyculture-élevage



# La metodologia si basa sulla misura della biodiversità tramite 10 indicatori

- 1) la misura dell'indice di Shannon per gli animali produttivi;
- 2) il calcolo dell'indice di Pielou per le gli animali produttivi;
- 3) la misura dell'indice di Shannon per le coltivazioni;
- 4) il calcolo dell'indice di Pielou per le coltivazioni;
- 5) confronto indice Shannon aziendale e del territorio circostante;
- 6) monitoraggio sull'uso dei pesticidi;
- 7) gestione dei prati/pascoli;
- 8) sviluppo delle strutture agroecologiche (alberi isolati, siepi, muretti, zone umide ecc.);
- 9) gestione delle strutture agroecologiche;
- 10) sostanza organica nel suolo.

# Indice Shannon

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$

*dove  $p_i$  è la proporzione per ogni categoria*

L'indice di Shannon è un indice di diversità, misura cioè la diversità all'interno dell'insieme.

Se l'indice  $H'$  è inferiore a 1 avremo una situazione sfavorevole alla biodiversità, con  $H'$  compreso tra 1 e 1,8 avremo una situazione neutra, mentre con  $H' > 1,8$  avremo le condizioni favorevoli alla preservazione della biodiversità.

# Indice Pielou

$$e = \frac{H'}{H' \max}$$

$H' \max = \log_2 S$  e  $S =$  numero di specie

Questo indicatore, complementare all' indice di Shannon, mette in evidenza un eventuale dominanza di una categoria sulle

L'equitabilità tende a 1 quanto più gli organismi sono distribuiti uniformemente tra le specie. Tende a 0 quanto più alcune specie dominano numericamente sulle altre.

# Azienda vs Territorio

$$\frac{\text{Azienda: } H'}{\text{Comune: } H'}$$



Questo confronto serve a capire quanto l'azienda, contribuisca o meno allo salvaguardia della biodiversità rispetto al territorio limitrofo.

Se il rapporto risulterà superiore o uguale a 1 ciò sarà considerato favorevole alla biodiversità.

*Nel calcolo degli indici di Shannon e Pielou per le coltivazioni nel confronto tra azienda e territorio si è tenuto conto del fatto che, in caso di predominanza di foraggere come i prati stabili e la medica, la variabilità della composizione floristica, caratteristica di queste colture, apporta sempre un contributo positivo per la biodiversità.*

# Agrofarmaci

L'uso degli agrofarmaci è considerato generalmente negativo per la biodiversità in quanto può incidere in modo importante sulla flora e sulla fauna locale.

L'impatto sarà considerato basso se la percentuale d'uso è inferiore al 3% della SAU, medio tra il 3% e il 10%, alto tra il 10% e il 70%, molto alto se superiore al 70%.



# Prati-Pascoli

	1F	2F	3F	4F	5F
Prati/Pascoli(P)/Falciati (F) Intensivo ha	Yellow	Green	Red	Red	Red
Prati/Pascoli (P)/Falciati (F) Estensivo ha	Yellow	Yellow	Green	Red	Red
Pascolo (P) Estensivo ha	Yellow	Yellow	Green	Red	Incoerente
kg N minerale	0	0	<40 P; <80 F	<40 P; <80 F	>40 P; >80 F
Concimazione organica	Occasionale	Regolare	Occasionale	Regolare	Indifferente

$$\frac{Bg + Bv}{Bv + Bg + Br}$$

*Bg = somma ettari caselle gialle, Bv = somma ettari caselle verdi, Br = somma ettari caselle rosse*

*Un risultato è superiore al 80% viene considerato favorevole alla biodiversità, tra il 80 e il 40% neutro, inferiore al 40% sfavorevole.*

# Infrastrutture agroecologiche

- Alberi isolati
- Siepi
- Muretti
- Aree di bordi delle coltivazioni
- Rive acquatiche
- Zone boschive a pascolo
- Frutteti
- Prati permanenti



# Infrastrutture agroecologiche

Per misurare la potenzialità dell'apporto delle IA si fa un rapporto tra la superficie occupata dalle IA presenti all'interno dell'azienda e la superficie agricola utile aziendale (SAU). In alcuni casi la superficie dell'IA si sviluppa non solo in piano, ma come superficie volumetrica.

Misura alberi isolati	Diametro (D) (m)	Altezza (A) (m)	Sup.coperta (S) m <sup>2</sup>	Sup.Sviluppata (SS) m <sup>2</sup>
Piccolo	0.15	8	5	145
Medio	0.35	12	10	456
Grosso	0.6	16	15	931



*albero piccolo  $SS = (A * S * \pi) + (\pi * 2,5^2)$  ( $\emptyset$  copertura 5 m),*

*albero medio  $SS = (A * S * \pi) + (\pi * 5^2)$  ( $\emptyset$  copertura 10 m),*

*albero grosso  $SS = (A * S * \pi) + (\pi * 7,5^2)$  ( $\emptyset$  copertura 15 m).*

# Gestione Infrastrutture Agroecologiche

Vengono valutate cinque tipologie di comportamento:

- Sfalcio rispettoso bordi e/o recinti;
- Assenza di pesticidi vicino IA;
- Rispetto zone marginali boschi e corridoi di passaggio fauna;
- Presenza specie locali nelle IA;
- Lavorazioni prati estensive.

*Ad ogni tipologia viene assegnato un punteggio: da 1 a 3 sfavorevole, da 4 a 7 neutro, da 8 favorevole alla biodiversità.*

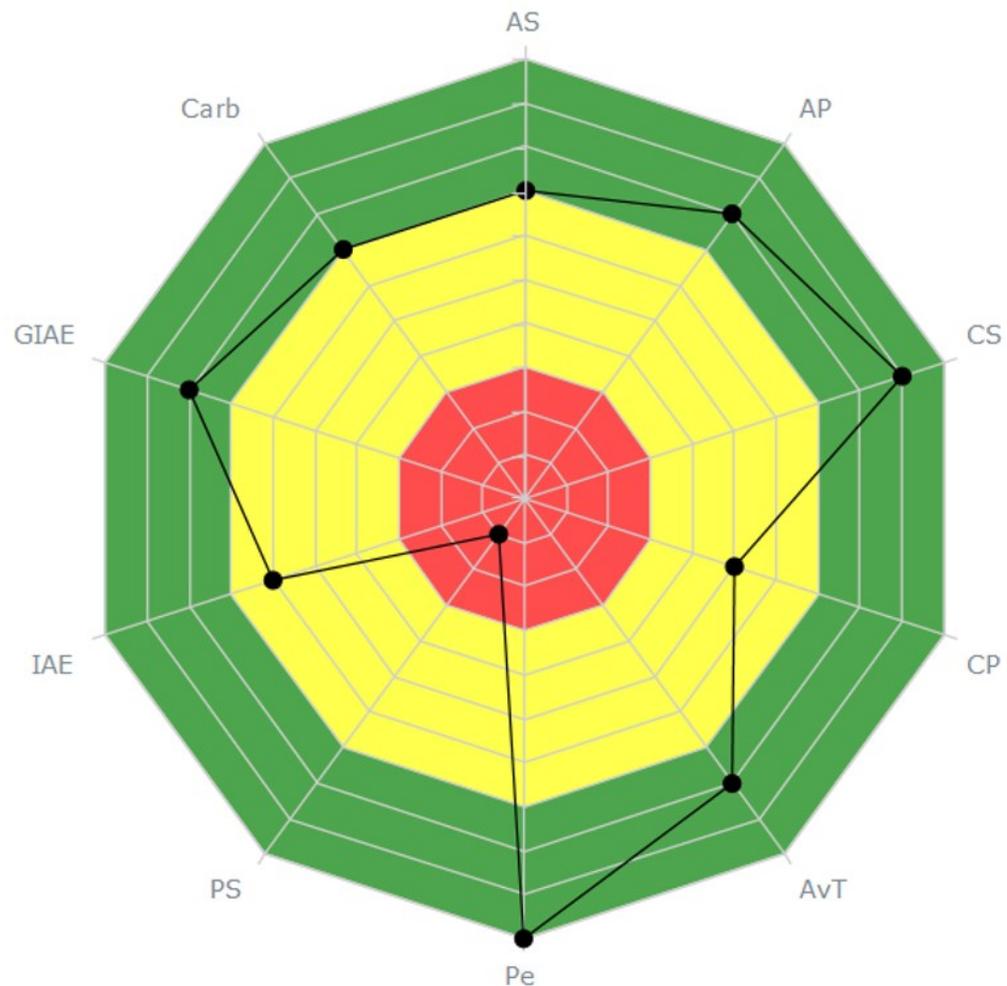
# Sostanza organica nel terreno

La percentuale di sostanza organica SO nel suolo può essere essa stessa un indicatore del grado di biodiversità del terreno agricolo. La materia organica infatti favorisce la presenza di un substrato umico in cui sono presenti diverse specie di piante e animali che vivono e si nutrono.



*Vista la difficoltà di reperire analisi specifiche dei terreni aziendali, e per poter velocizzare e rendere immediatamente utilizzabile l'indicatore si è deciso di fare ricorso ad una stima basata sulle diverse tipologie di coltivazione e di lavorazioni effettuate.*

# Grafico risultati



## Legenda

■ Favorevole ■ Neutrale ■ Sfavorevole

## Legenda indici

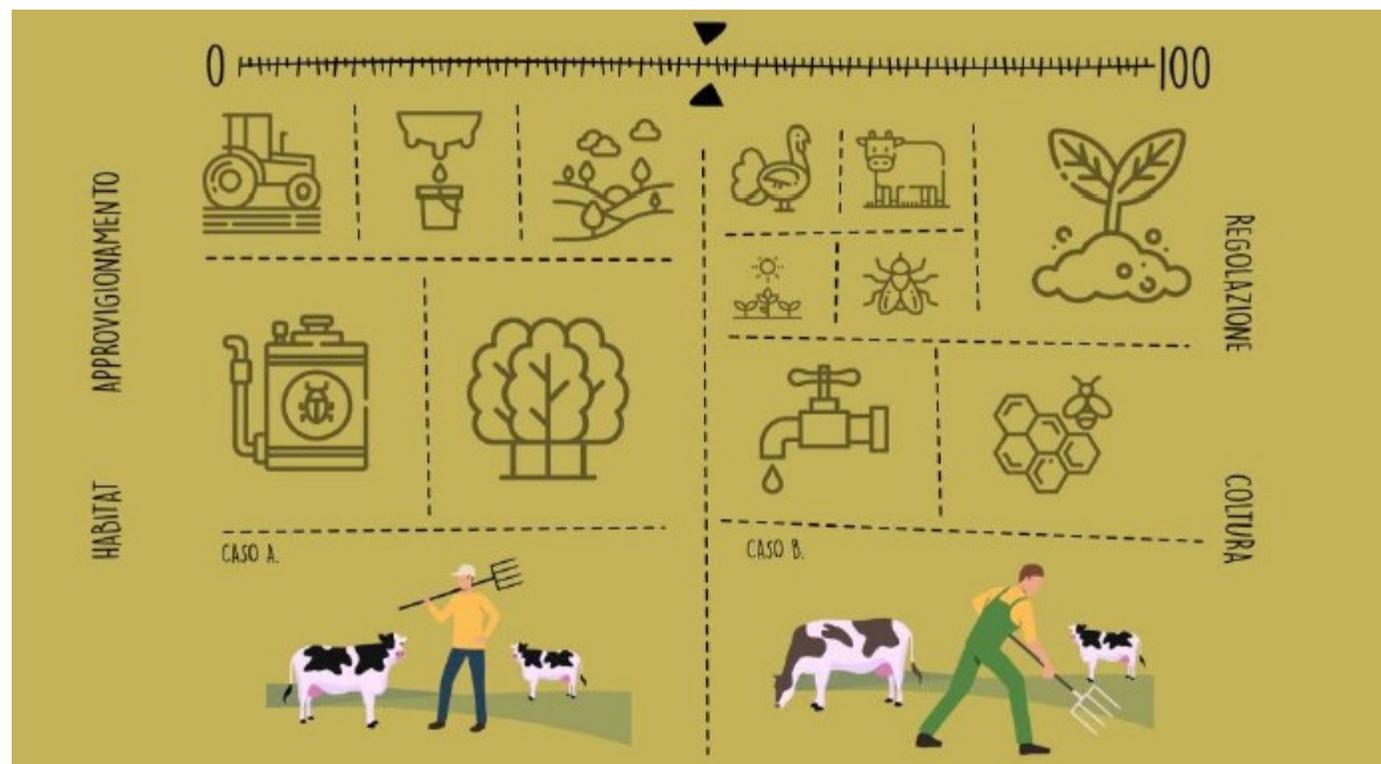
AS: Allevamento Shannon    Pe: Pesticidi  
AP: Allevamento Pielou    PS: Prati stabili  
CS: Colture Shannon    IAE: Infrastrutture agro-ecologiche  
CP: Colture Pielou    GIAE: Gestione infrastrutture agro-ecologiche  
AvT: Azienda vs Territorio    Carb: Carbonio nel suolo

SANA, 09 - 12 settembre 2021  
BOLOGNA QUARTIERE FIERISTICO

Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura



Oltre al suo valore intrinseco la biodiversità è importante per la salvaguardia di quei servizi ecosistemici da cui la comunità umana trae un grande beneficio sia diretto che indiretto e che accompagnano da sempre lo sviluppo della civiltà (**approvvigionamento**, **regolazione**, **habitat** e **cultura**).



# Servizi ecosistemici TEEB (The Economics of Ecosystem & Biodiversity)

## Approvvigionamenti

- Cibo • Acqua • Fibre, combustibili, altre materie prime
- Materiali genetici, geni della resistenza ai patogeni • Risorse medicinali
- Specie ornamentali

## Regolazione

- Regolazione qualità dell'aria • Regolazione del clima • Mitigazione dei rischi naturali
- Regolazione delle acque • Assimilazione dei rifiuti • Protezione dell'erosione
- Formazione e rigenerazione del suolo • Impollinazione • Controllo biologico

## Habitat

- Mantenimento dei cicli vitali delle specie migratrici • Conservazione della biodiversità

genetica

## Cultura

- Estetico: valore scenico • Ricreativo: opportunità per turismo e attività ricreative
- Ispirazione per cultura arte e design • Esperienze spirituali
- Informazioni per lo sviluppo della conoscenza

# Esempio risultati di servizi ecosistemici

▼ Approvvigionamento

	Colture Shannon	I.A.E.	Carbonio nel suolo	Pesticidi	Prati stabili	Allevamento Shannon
Cibo						
Acqua						
Fibre, combustibili, altre materie prime						
Materiali genetici, geni della resistenza ai patogeni						
Risorse medicinali						
Specie ornamentali						

Intensità di effetto

Forte Media Debole Nessuno effetto

Favorevole Neutrale Sfavorevole

SANA, 09 - 12 settembre 2021  
BOLOGNA QUARTIERE FIERISTICO

Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura



# Conclusioni

L'attività agricola va vista non solo come utile alla produzione di alimenti, ma anche come valore imprescindibile per la difesa della **biodiversità**, del **paesaggio**, del **clima**, della **cultura**, del **benessere**.



# Modello metabolico

## GOi SIMBIOSI

*Grazie per l'attenzione!*

[s.pignedoli@crpa.it](mailto:s.pignedoli@crpa.it)

**SANA, 09 - 12 settembre 2021**  
BOLOGNA QUARTIERE FIERISTICO



Divulgazione a cura di Centro Ricerche Produzioni Animali – C.R.P.A. S.p.a. - Autorità di Gestione: Direzione Agricoltura, caccia e pesca della Regione Emilia-Romagna.

Iniziativa realizzata nell'ambito del Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020 — Tipo di operazione 16.1.01 — Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura — Focus Area 3A - Migliorare la competitività dei produttori primari integrandoli meglio nella filiera agroalimentare attraverso i regimi di qualità, la creazione di un valore aggiunto per i prodotti agricoli, la promozione dei prodotti nei mercati locali, le filiere corte, le associazioni e organizzazioni di produttori e le organizzazioni interprofessionali — Progetto "Parmigiano Reggiano Green Deal - L'impiego del pascolo e dell'erba a supporto di un modello di sviluppo sostenibile per le aree di montagna del Parmigiano Reggiano".



L'Europa investe nelle zone rurali