



Regione
Lombardia

ERSAF

ENTE REGIONALE PER I SERVIZI
ALL'AGRICOLTURA E ALLE FORESTE

Il Progetto BEST PRACTICES e la gestione degli effluenti zootecnici

Alberto Finzi

Antonio Mautone

Giorgio Provolo

Calcinato 10 Dicembre 2025



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



DiSAA
DIPARTIMENTO
di SCIENZE
AGRICOLE e
AMBIENTALI

Perché il progetto Best Practices?

Consolidamento delle Tecniche

Le tecniche per la gestione degli effluenti sono ben consolidate e largamente conosciute nel settore

Adozione Parziale

Alcune pratiche vengono già adottate singolarmente da molte aziende zootecniche, ma mancano applicazioni sistematiche su scala aziendale e lungo l'intera filiera

Necessità di Integrazione

C'è una limitata applicazione integrata delle migliori pratiche per una gestione ottimale degli effluenti

Gli obiettivi del Progetto

Implementazione Integrata delle Best Practices

Applicare tecniche integrate per dimostrare la sostenibilità ambientale ed economica di questo approccio

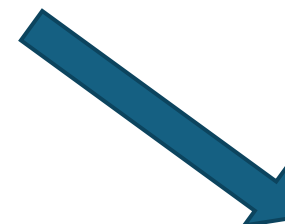
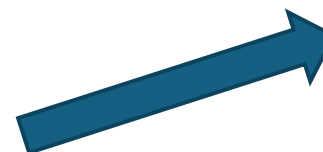
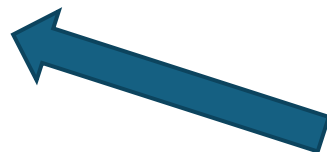
Valutazione delle Emissioni Ambientali

Elaborare un bilancio ambientale che includa le emissioni di gas nella gestione degli effluenti

Supporto alle Politiche Regionali

Fornire linee guida per indirizzare la politica regionale verso soluzioni di gestione sostenibile degli effluenti

IL TEAM



**Silvia Motta
Pietro Iavazzo
Paolo Alberti
Alessio Pacati
Carlo Riparbelli
Marco Sciaccaluga**

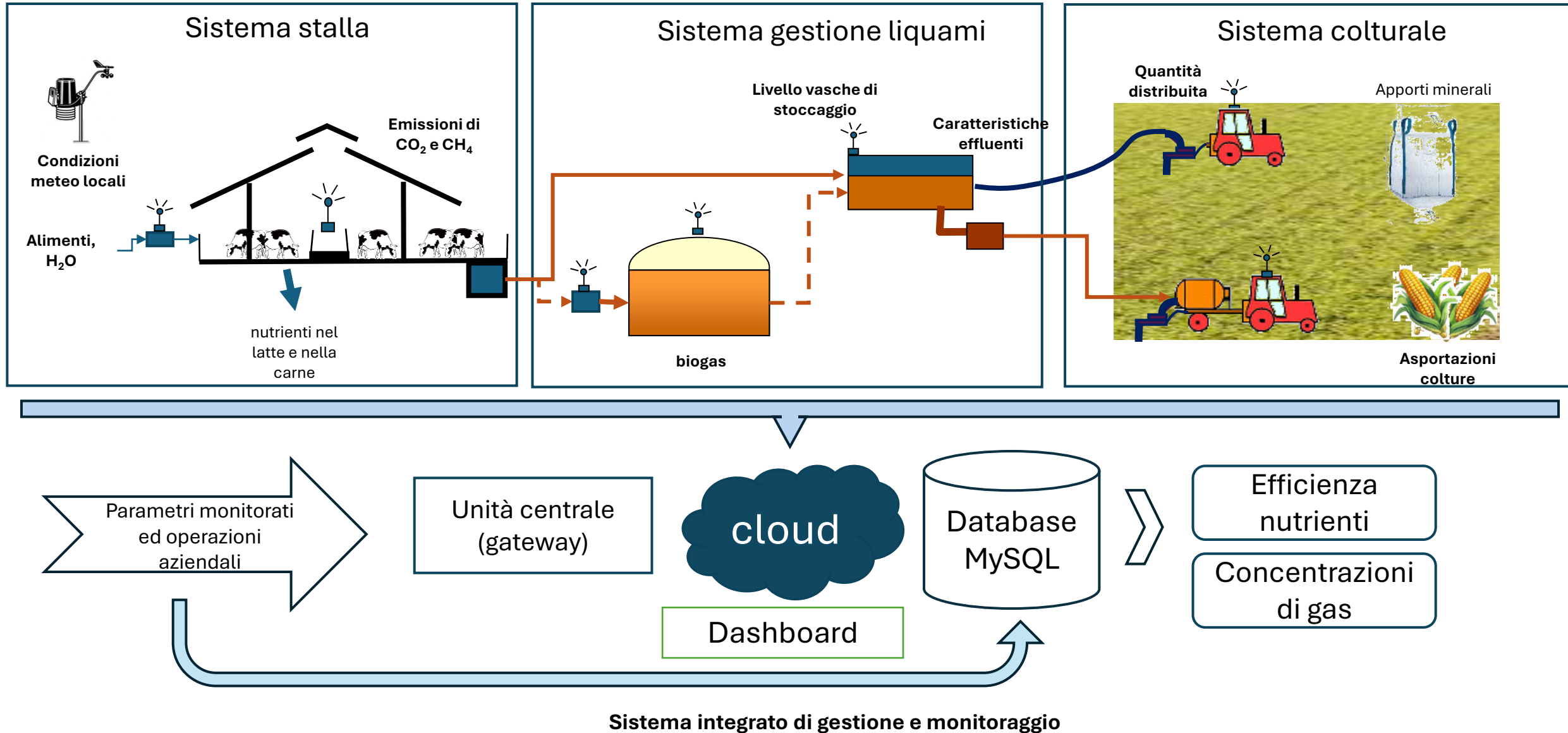
**Giorgio Provolo
Alberto Finzi
Antonio Mautone**

**Azienda Agricola Fusi Giovanni,
Calcinato (BS)**
160 vacche in lattazione
60 ha (38 in ZV)
Biogas 48 kW

**Società Agricola Bozzoni Angelo, Giuseppe
Giampietro e Roberto, Dosimo (CR)**
180 vacche in lattazione
105 ha in ZNV

**Azienda Agricola Barbano Dario,
Treviglio (BG)**
100 vacche in lattazione
68 ha in ZV

Implementazione del sistema di monitoraggio





Il monitoraggio

Sistemi di monitoraggio e acquisizione dati



Centraline ambientali

Parametri ambientali all'interno e all'esterno della stalla



Sensori di livello

Vasche di stoccaggio: Stima della produzione giornaliera della mandria in termini di m³ di liquame



Flussimetro

Portata volumetrica (m³/h)



Centralina conduttività

- Temperatura (°C)
- Azoto (TKN e N-NH₄)
- Fosforo (P₂O₅)
- Potassio (K₂O)



Contalitri

Utilizzo di acqua per abbeverata, lavaggio, raffreddamento, diluizione di liquami stoccati

GATEWAY

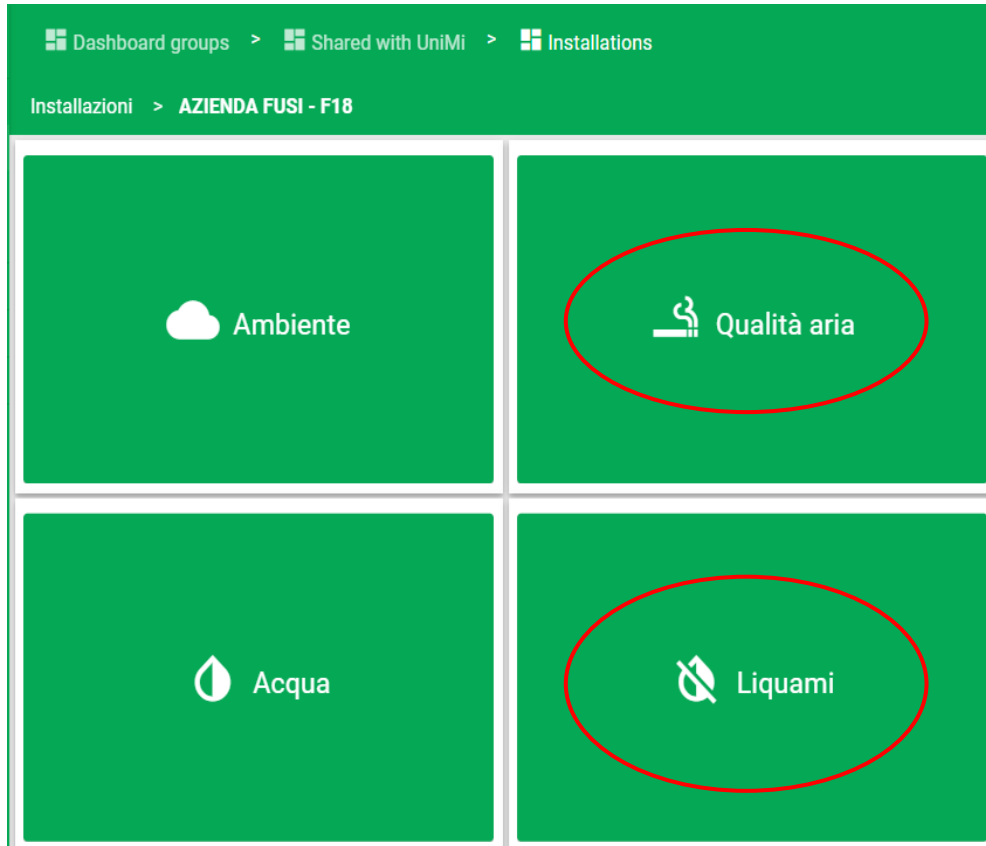
I dati raccolti da tutta la strumentazione
Sono inviati ogni 10 minuti a un gateway,
che a sua volta invia i dati a un Cloud.

Questo permette di:

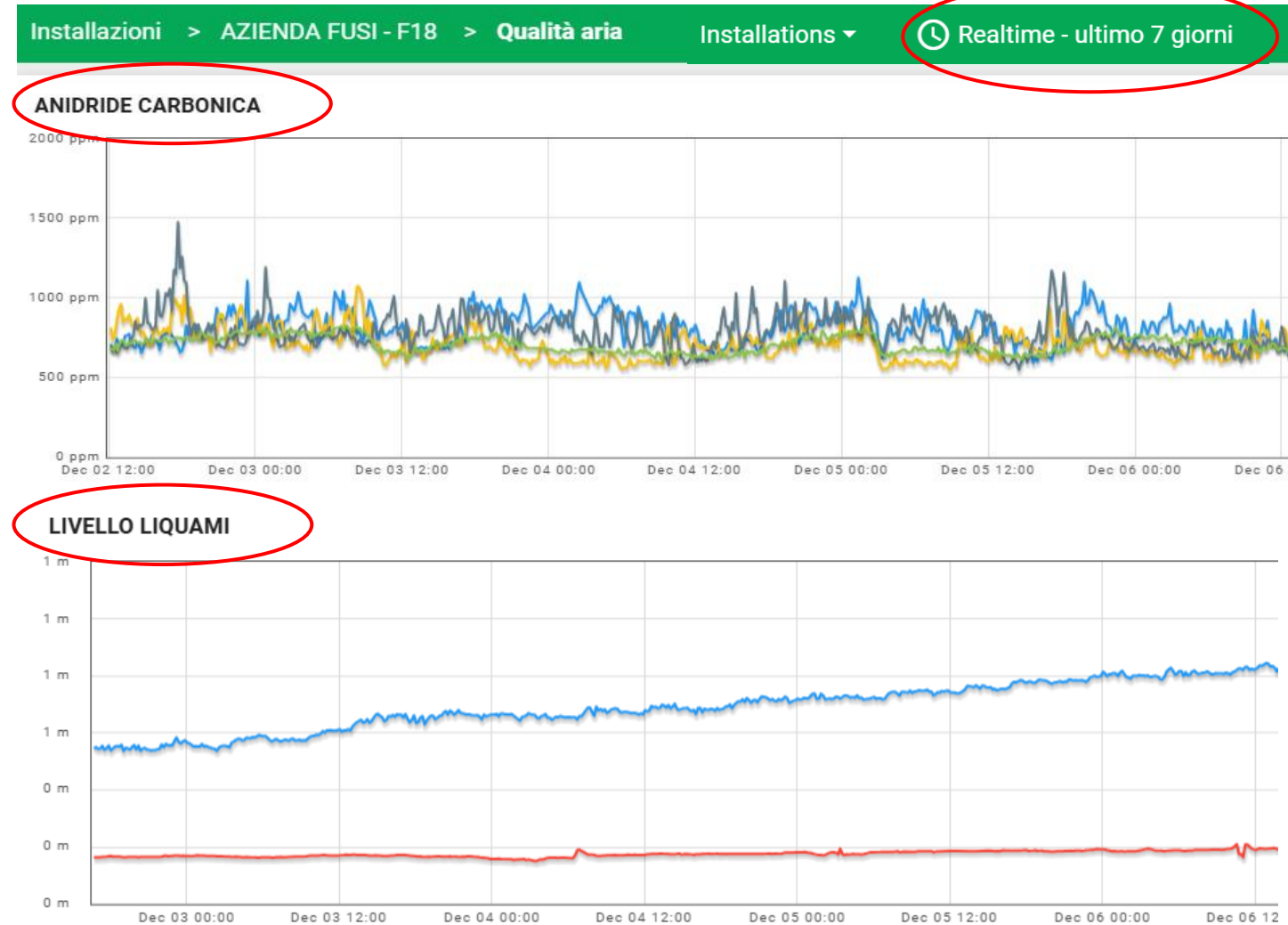
- Monitorare la situazione della stalla in tempo reale attraverso la dashboard
- Memorizzazione dei dati raccolti per le successive elaborazioni.



Visualizzazione dei diversi gruppi di parametri monitorati.



Possibile visualizzazione di range temporali diversi.



Disponibili anche i dati storici misurati. Possibile esportare i dati in un formato Excel

Bilancio alimentare dei nutrienti: Azoto (N) e fosforo (P)

Output

Input

Nutrienti escreti = consumato - ritenuto



Nutrienti escreti
nei liquami

Caratteristiche
dei liquami
stoccati e portati
al campo



Nutrienti assunti
con
l'alimentazione:

Quantità e
caratteristiche
della razione



-Mantenimento
-Accrescimento
-Produzione

Capi: peso e
numero
Latte: quantità e
caratteristiche

Stima del Tasso di Ventilazione e delle Emissioni Gassose: Metodo Indiretto del Bilancio della CO₂

Emissioni

$$E = V (\text{NH}_3 \text{ interna} - \text{NH}_3 \text{ esterna}) \longrightarrow \text{Misurata con sensoristica}$$

Ventilazione (V) m³/h

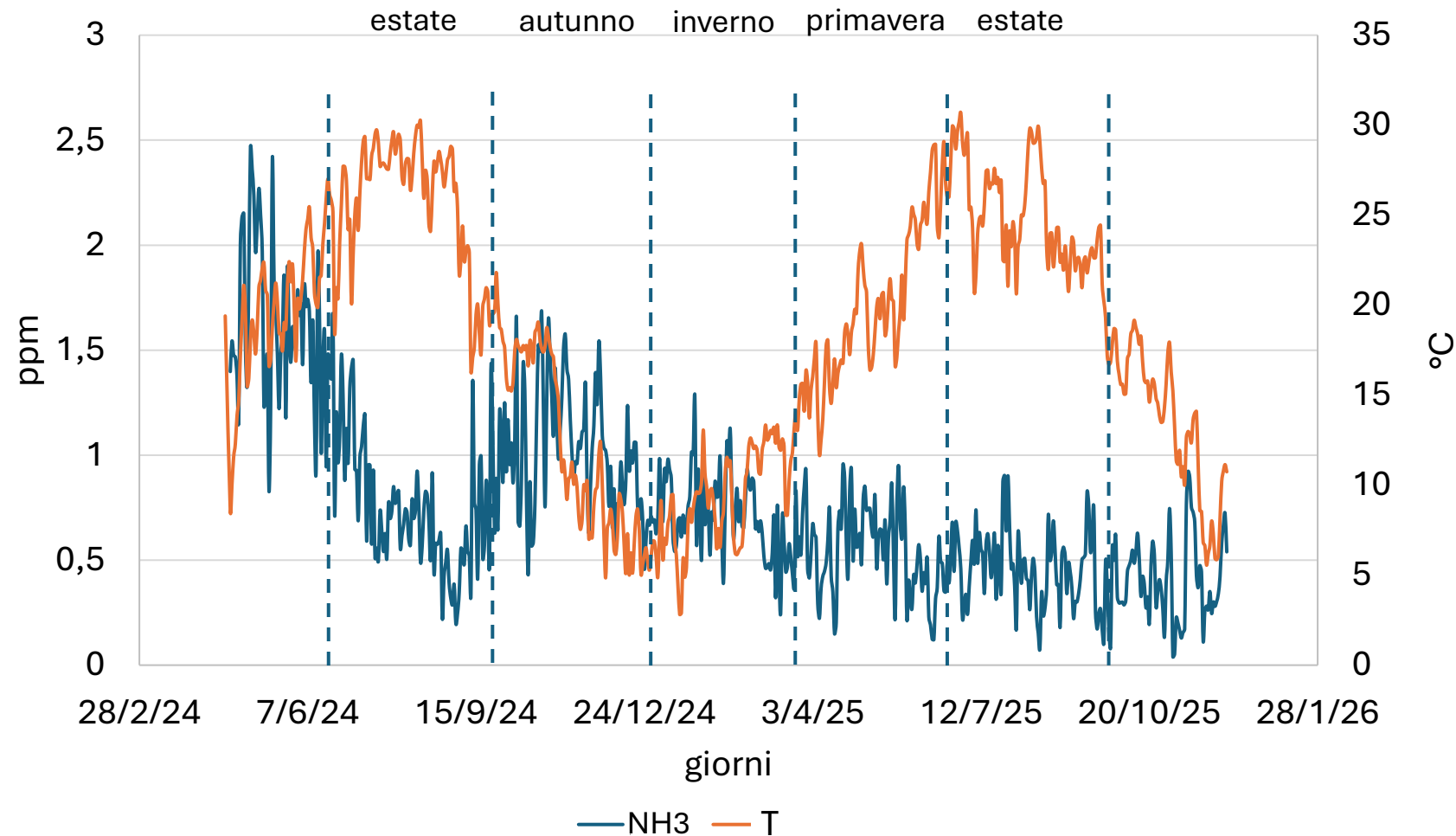
$$V = \frac{\text{CO}_2 \text{ prodotta}}{(\text{CO}_2 \text{ Ingresso} - \text{CO}_2 \text{ in stalla})} \longrightarrow \text{CO}_2\text{-animali} + \text{CO}_2\text{-liquami (stimata)}$$

misurata

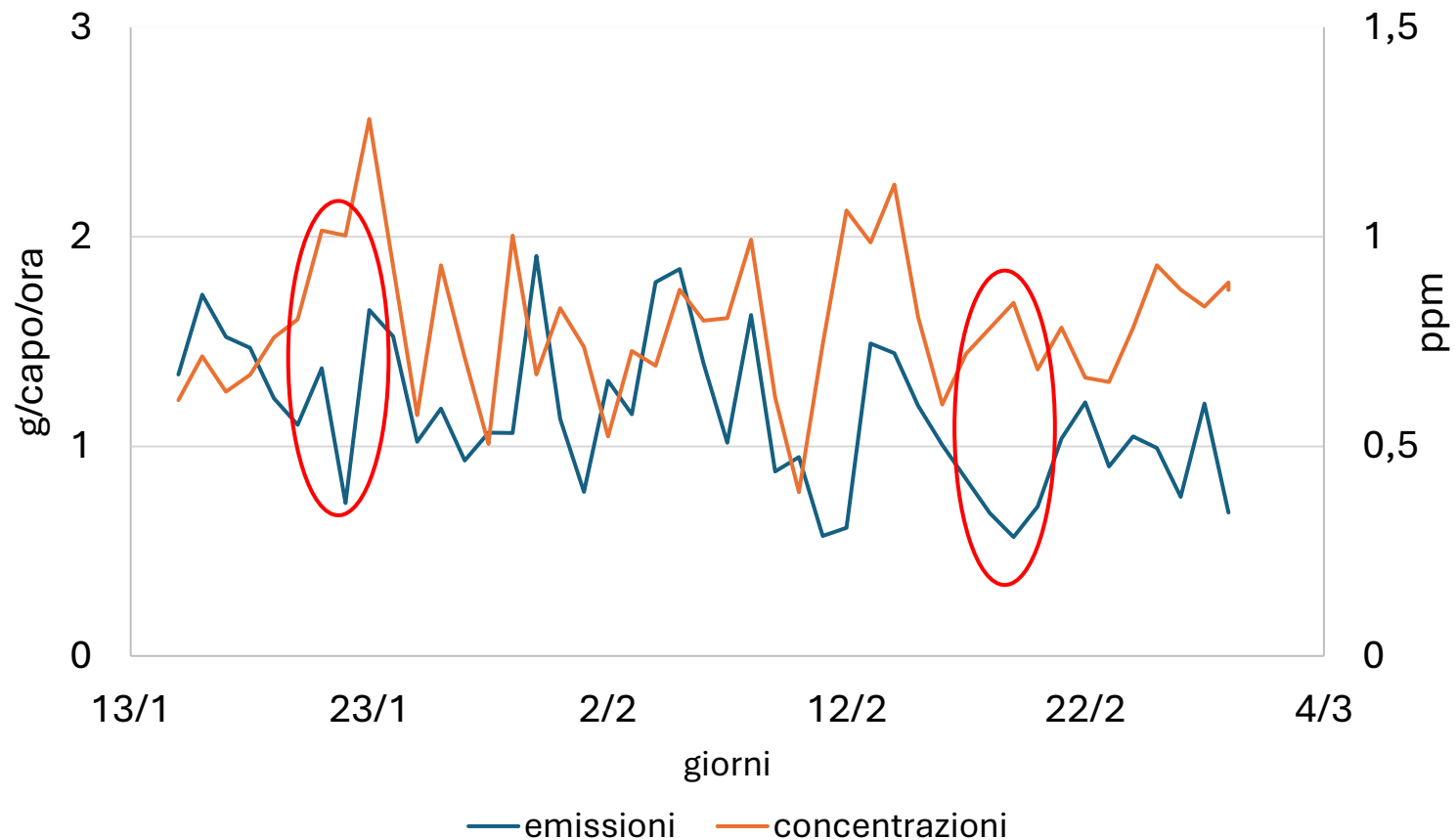


Risultati

Concentrazioni NH_3 vs Temperatura - Fusi



Emissioni vs concentrazioni



Emissioni NH_3

Media: 1,14 g/capo/ora

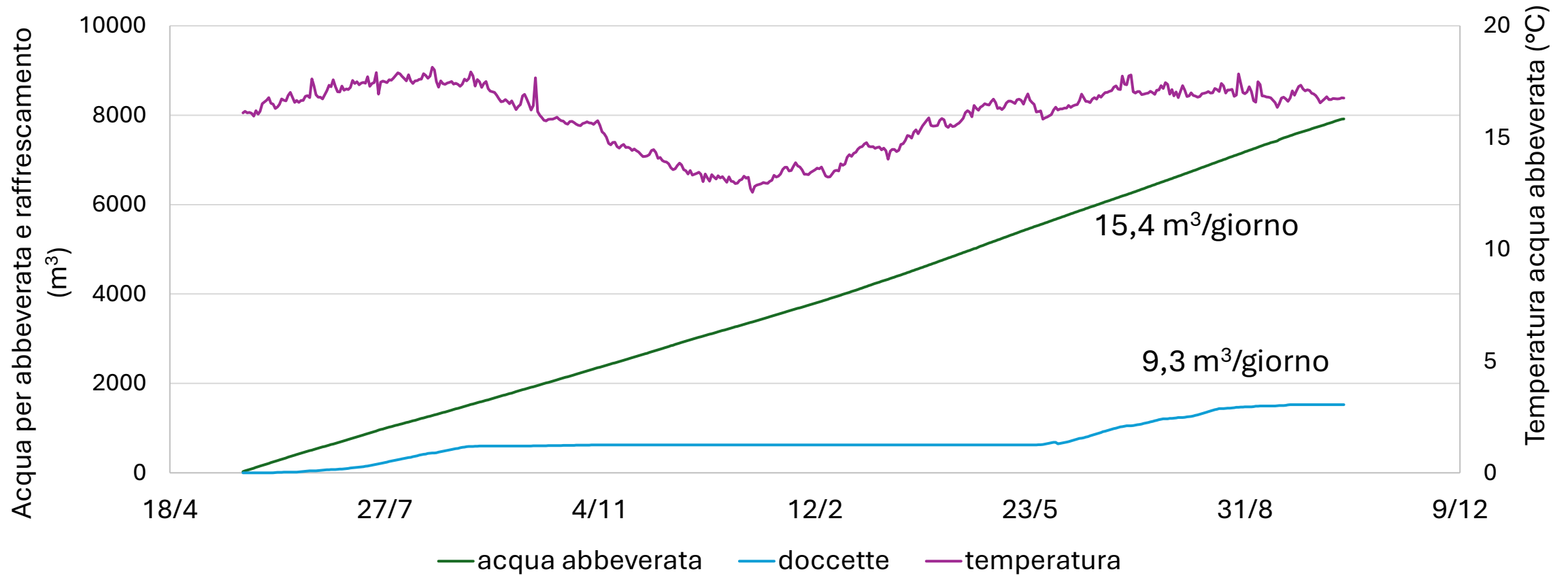
Max: 1,9

Min: 0,45

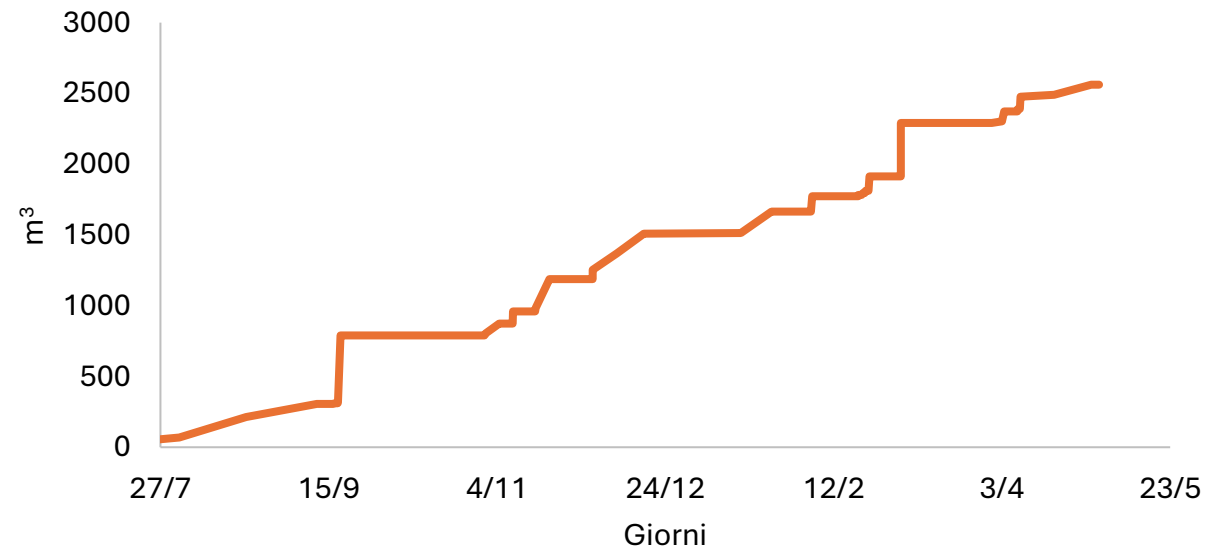
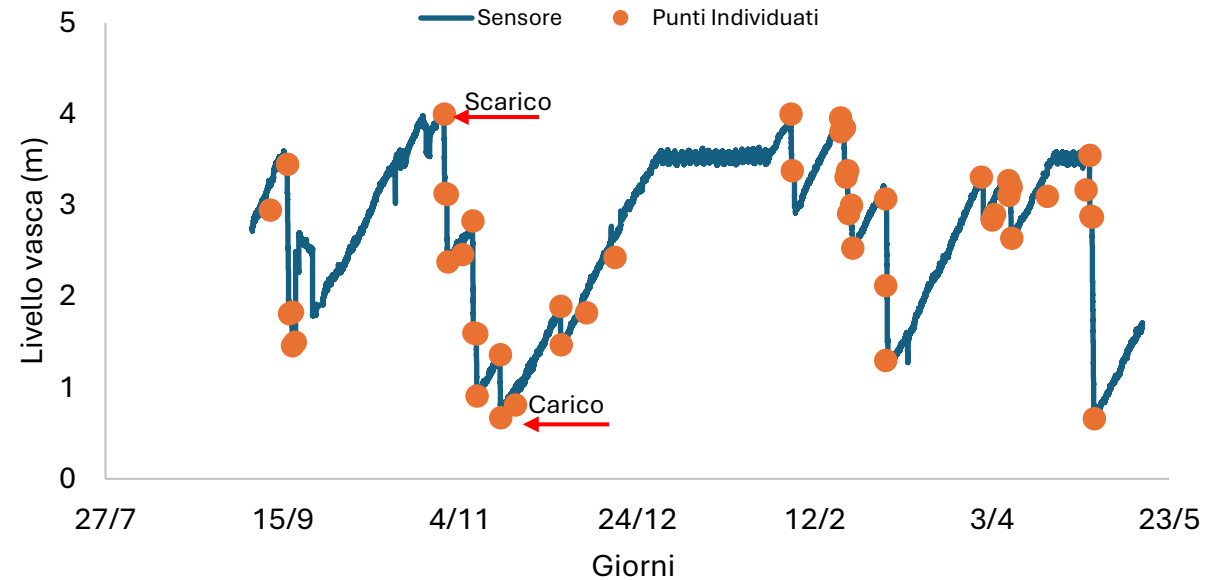
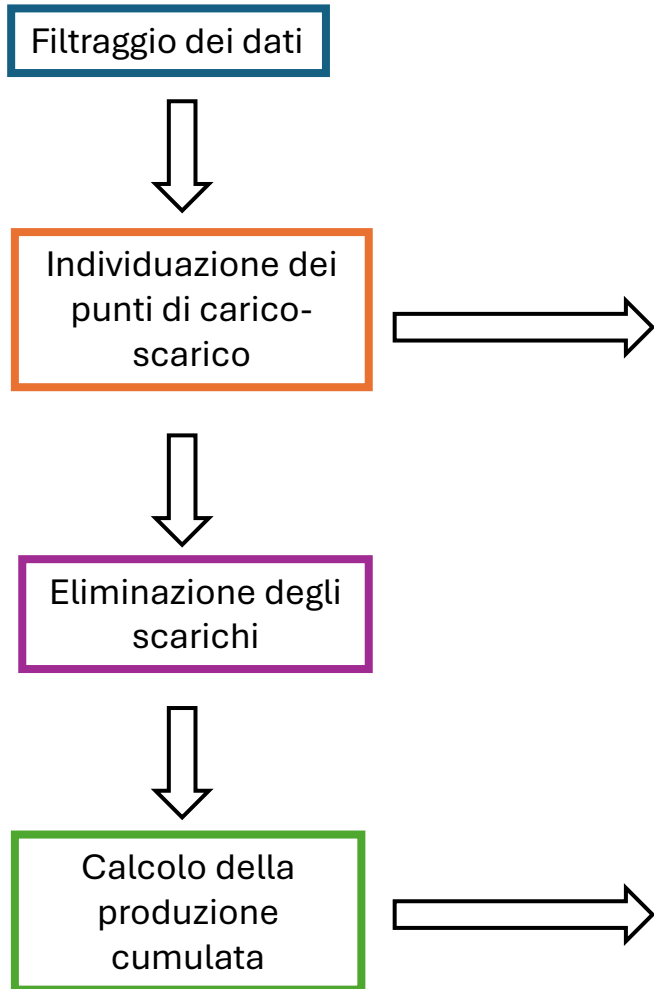
Emissioni e concentrazioni sono moderatamente correlati.

Sono diversi i fattori che influenzano le emissioni oltre alle concentrazioni

Consumi idrici

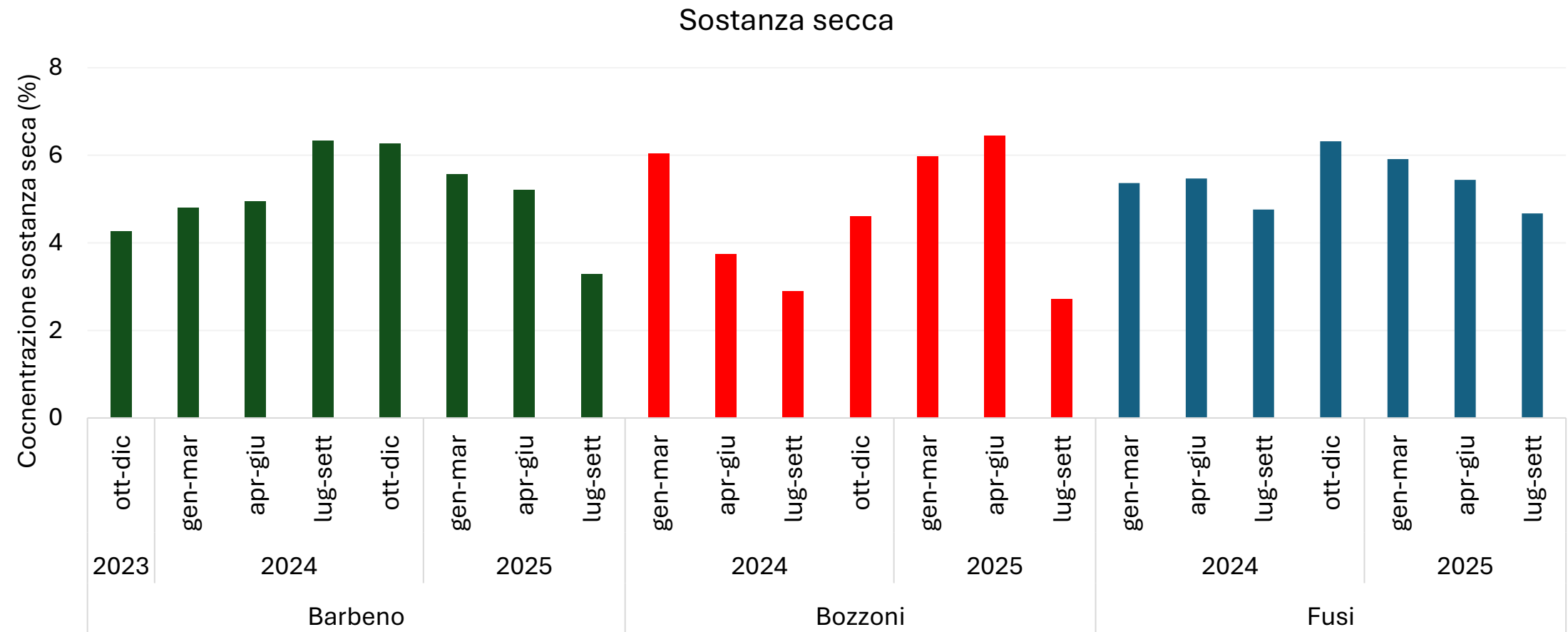


Livelli delle vasche di stoccaggio e quantità di liquame prodotta



Caratterizzazione dei liquami al momento della distribuzione.

Sostanza secca

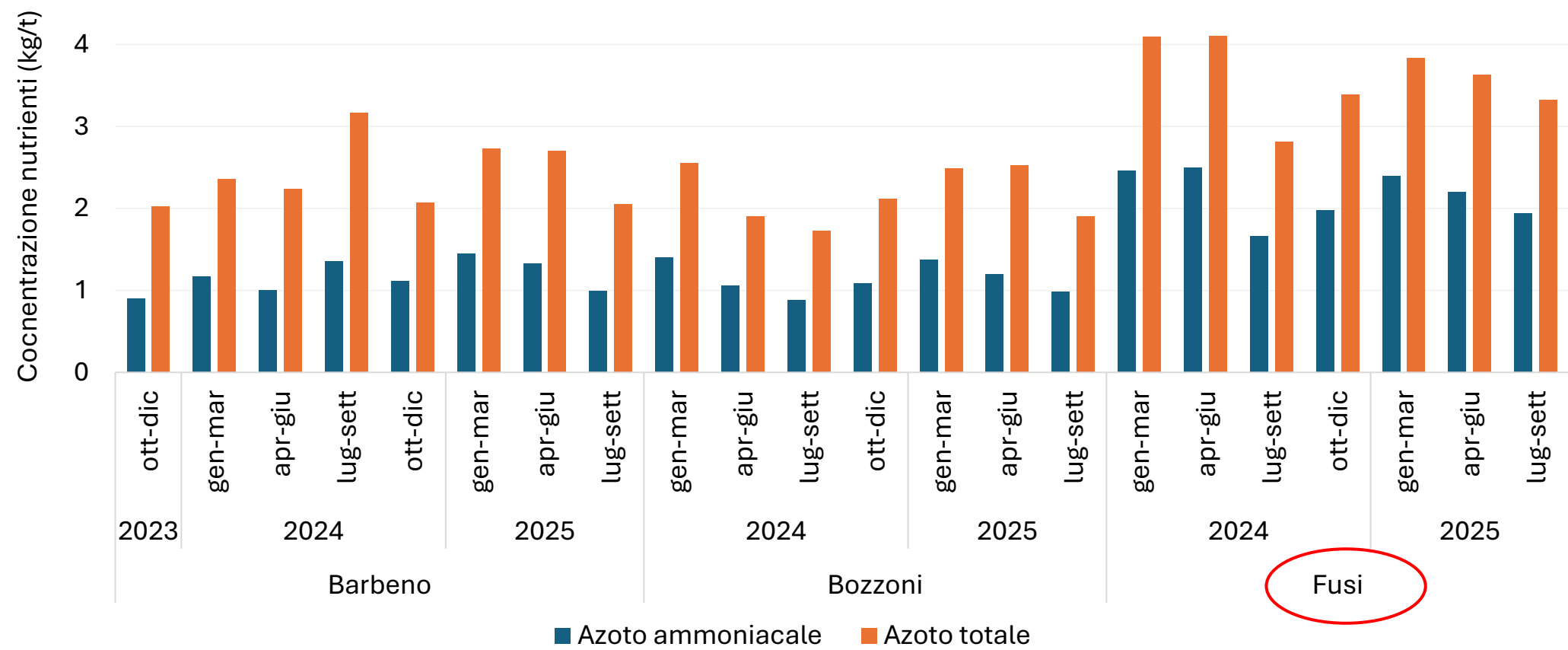


Trend ripetuti nelle stagioni
Diluizione nei mesi estivi dovuta al raffrescamento
(sostanza secca inferiore)

Media di concentrazione di sostanza secca		
Barbano	Bozzoni	Fusi
5,1	4,6	5,4

Caratterizzazione dei liquami al momento della distribuzione.

Azoto ammoniacale ed Azoto totale



Rapporto TAN/TKN		
Barbeno	Bozzoni	Fusi
49,95	53,27	60,28

Il progetto “Applicazione integrata di **BEST PRACTICES** nella gestione degli effluenti zootecnici”

Piano di concimazione e risvolti agronomici

Calcinato (BS)

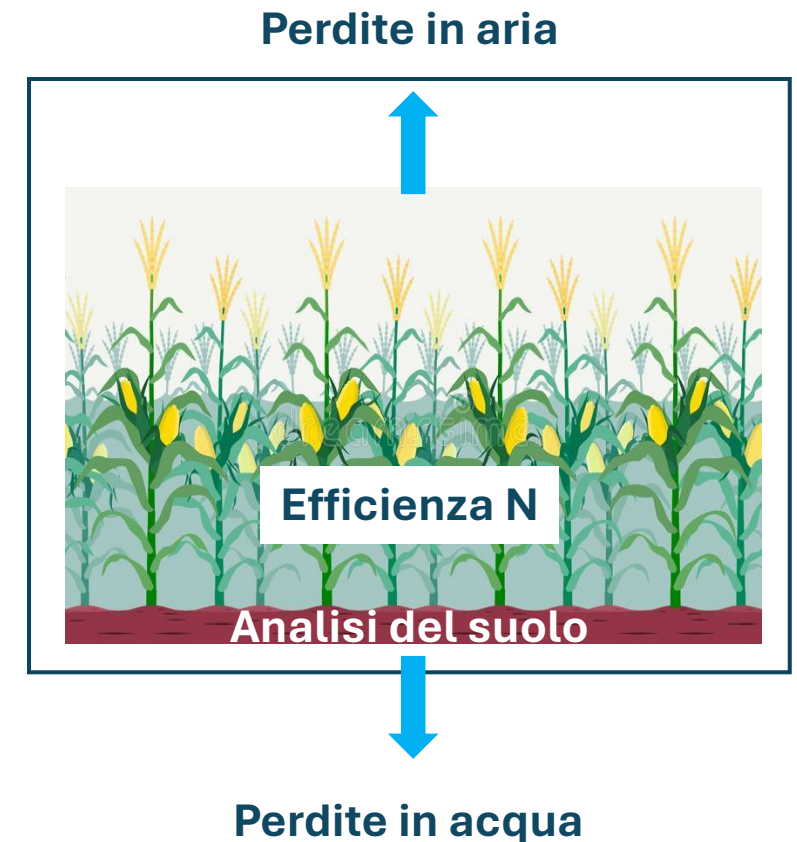
Piano di concimazione

INPUT

- Coltura e asportazioni di N e P
- Apporto nutrienti da Residui colturali
- Tipo di fertilizzante
 - Effluente zootecnico
 - Concime minerale
- Epoca di distribuzione;
- Modalità di distribuzione;
- Tecnica di distribuzione;
- Dose (m^3/ha)
 - livelli vasca
 - monitoraggio distribuzione in campo
- Apporto di azoto e fosforo (kg/ha)
 - Analisi campioni di liquame
 - Titolo concime minerale



APPROCCIO DINAMICO
Piano preventivo → Piano Consuntivo



Piano di concimazione – Azoto efficiente e perdite

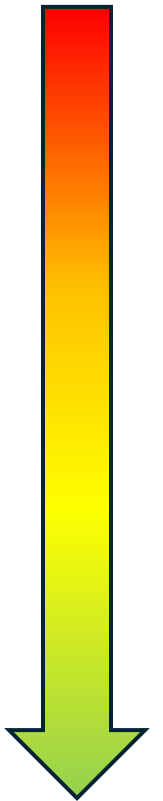
	Tecnica Riferimento (distribuzione superficiale)		Tecniche Mitigative	
	Effluenti zootecnici	Fertilizzanti minerali	Effluenti zootecnici	Fertilizzanti minerali
Efficienza N	Variabile DM 25.02.2016	100% - Perdite Aria – Perdite Acqua	100% - Perdite Aria – Perdite Acqua	100% - Perdite Aria – Perdite Acqua
Perdite Acqua	Variabile BAT-TOOL	10% Fonti bibliografiche	Coefficiente applicato su N residuo nel terreno	Coefficiente applicato su N residuo nel terreno
Perdite Aria	100% - Efficienza N – Perdite Acqua	14% Fonti bibliografiche	Riduzione emissioni BAT-TOOL	- 80% Fonti bibliografiche

Efficienza Fosforo: 80% del fosforo apportato al campo (*fonti bibliografiche*)

Tecniche per ridurre le emissioni ammoniacali



Tecnica di distribuzione del liquame	Riduzione emissioni NH ₃ (%)
REF: a tutto campo senza interramento	0
incorporazione entro 24 ore (spandimento estivo, t>20.C)	20
incorporazione entro 24 ore (spandimento prim. o autunn., t<20.C)	30
incorporazione entro 12 ore	45
incorporazione entro 4 ore	65
a bande (a raso in strisce)	35
a bande a raso+incorporaz. 24h	48
a bande (con scarificazione)	50
a bande a raso+incorporaz. 12h	68
a bande a raso+incorporaz. 4h	71
iniezione superficiale (solchi aperti)	70
iniezione superficiale (solchi chiusi)	80
iniezione profonda (solchi chiusi)	90
fertirrigazione a bassa pressione (manichette)	90

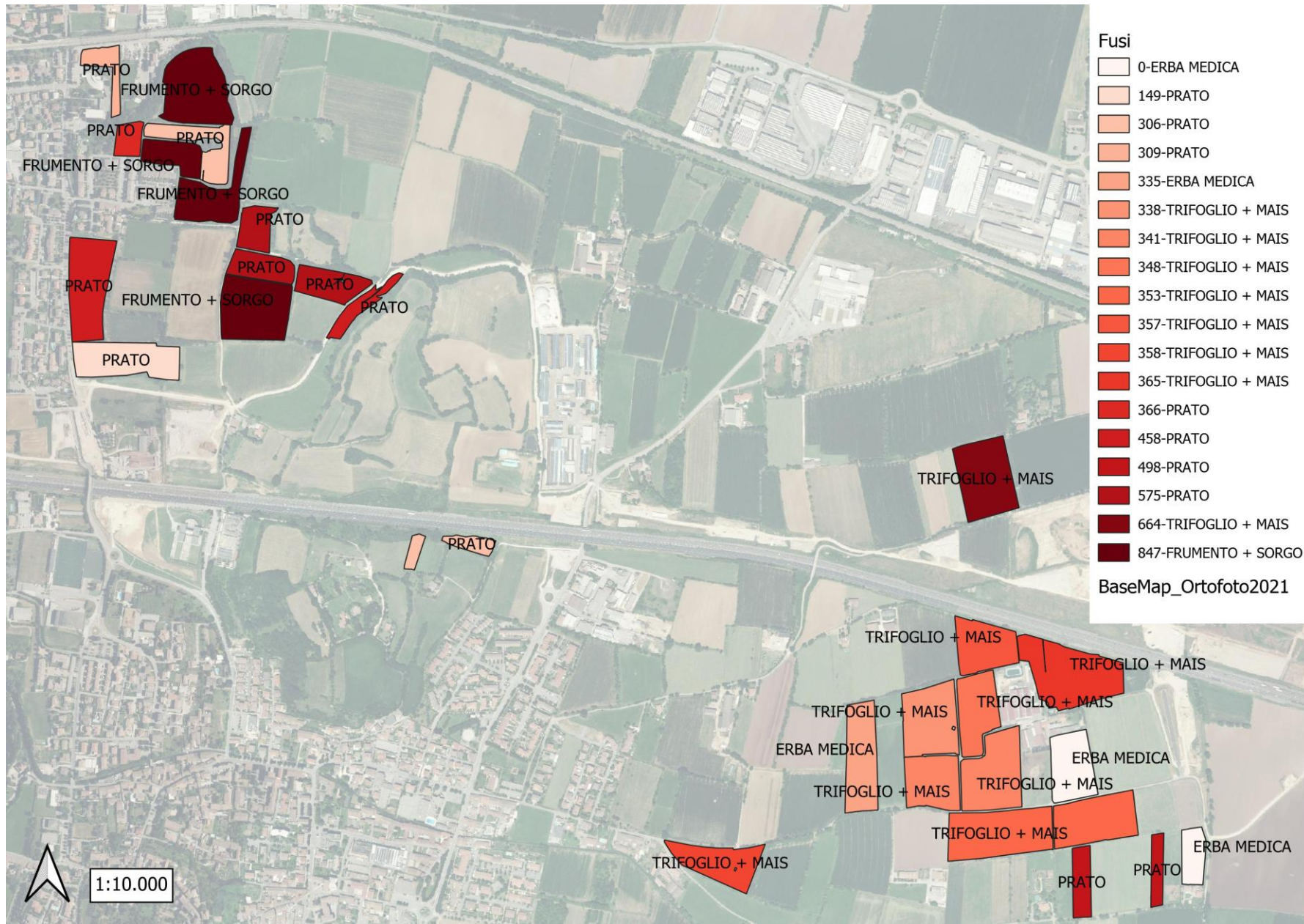


Piano di concimazione – Riepilogo Distribuzioni

			Asportazioni (kg/ha)			Quantità efficiente distribuita (kg/ha) *			Quantità efficiente distribuibile (kg/ha)			Quantità distribuita (m³/ha)
Campo	Sup. (ha)	Coltura	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Liquame/letame
Campo L	1,36	Frumento + Sorgo	400	108	256	292	188	344	108	0	0	276
G. Strada	1,93	Prato	300	104	338	111	124	271	189	0	0	232
Fondo Strada	4,24	Trifoglio + Mais	450	173	364	254	57	146	196	116	218	50

UG	nome UG	ha	UGdescrizione colture	anno	asp_N_ha	asp_P2O5_ha	asp_K2O_ha	prograr	N_eff	P2O5_eff	K2O_eff	N_eff_res	P2O5_eff_res	K2O_eff_res	ante_distribuito
▶	1	uno	8.87025	GRANO TENERO + SORGO INSILATC	0	400	96	190	33	0	0	367	96	190	133.05375
▶	2	due	3.56	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	287	65.52	123.48	163	38	-58	654.08148
▶	2	due	10.37716	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	287	65.52	123.48	163	38	-58	654.08148
▶	3	tre	2.08506	ERBA MEDICA	0	170	0	0							
▶	4	quattro	6.99192	GRANO TENERO + SORGO GRANELL	0	400	112	70	151	62.4	117.6	249	50	-48	419.5152
▶	5	cinque	0.7195		0	0	0	0							
▶	6	sei	1.18856	PRATO POLIFITA DA VICENDA	0	300	104	338	42	0	0	258	104	338	0.2317692
▶	6	sei	5.95201	PRATO POLIFITA DA VICENDA	0	300	104	338	42	0	0	258	104	338	0.2317692
▶	7	sette	2.7005	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	320	65.52	123.48	130	38	-58	170.61759
▶	8	otto	9.4188	GRANO TENERO + SORGO GRANELL	0	400	112	70	144	62.4	117.6	256	50	-48	565.128
▶	9	nove	4.49435	PRATO POLIFITA DA VICENDA	0	300	104	338							
▶	10	dieci	7.32055	ERBA MEDICA	0	170	0	0							
▶	11	undici	1.92994	PRATO POLIFITA DA VICENDA	0	300	104	338	33	15.6	29.4	267	88	309	28.9491
▶	12	dodici	1.44585	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	254	65.52	123.48	196	38	-58	91.08855
▶	13	tredici	1.42701	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	254	65.52	123.48	196	38	-58	89.90163
▶	14	quattordici	4.3178	TRIFOGLIO + MAIS GRANELLA	0	450	104	65	287	65.52	123.48	163	38	-58	272.410002

Monitoraggio distribuzioni in campo 2024-2025



Campi prova 2025: Operazioni colturali

- **Raccolta trifoglio:** 28 aprile
- **Distribuzione digestato e Lavorazione del terreno:** 1-2 maggio
 - Strip-till
- **Semina:** 3 maggio
 - Ibrido: Classe FAO 500, P0937 (granella)
- **Trattamenti:**
 - Diserbo pre-emergenza: 4 maggio (Dimetenamide-p+Mesotrione)
 - Fungicida: 7 giugno (AF-X1) e 30 giugno (Chlorantraniliprole + Lambda-cialotrina)
- **Concimazione di copertura**
 - Copertura: 26 maggio (nitrato ammonico)
 - Fogliare: 7 giugno (BlueN +Cellerate MoZn)
 - Copertura:
 - Fondo strada: 4 giugno (urea lenta cessione - interrata)
 - Rimonta Prova: 5 giugno (nitrato ammonico - interrato)
 - Ex vigneto: 17-20-25 giugno (urea – fertirrigazione con pivot)
- **Raccolta: 17 agosto (pastone integrale)**

Campi prova 2025: Concimazione

Tecnica di riferimento: NITRATO AMMONICO - 300 kgN/ha (con BlueN e residuo trifoglio) ; 57 kgP/ha



Distribuzione digestato con Strip-till
50 m³/ha – 3.4 kgN/m³ - Eff. 73%
1.42 kgP/m³ – Eff. 80%



Nitrato ammonico – interrato
80 kg/ha – 27% - Eff. 86%



Nitrato ammonico – interrato
510 kg/ha – 27% - Eff. 86%



Campi prova 2025: Concimazione

Mitigazione 1: UREA LENTA CESSIONE - 304 kgN/ha (con BlueN e residuo trifoglio) ; 57 kgP/ha



Nitrato ammonico – interrato
80 kg/ha – 27% - Eff. 86%



Urea lenta cessione - interrato
310 kg/ha – 46% - Eff. 86%



Campi prova 2025: Concimazione

Mitigazione 2: UREA FERTIRRIGAZIONE - 309 kgN/ha (con BlueN e residuo trifoglio) ; 57 kgP/ha



Distribuzione digestato con Strip-till
 $50 \text{ m}^3/\text{ha}$ – 3.4 kgN/m^3 - Eff. 73%
 1.42 kgP/m^3 – Eff. 80%



Nitrato ammonico – interrato
 80 kg/ha – 27% - Eff. 86%



Urea – fertirrigazione con pivot
 318 kg/ha – 46% - Eff. 87%



Campi prova 2025, perdite di azoto

Campo Prova	Fertilizzante	Tecnica distribuzione	Efficienza N (%)	Perdite in aria (%)	Perdite in acqua (%)
tutti	Digestato bovino	Interramento con Strip-till	73	3	24
Riferimento	Nitrato Ammonico	Interramento	86	3	11
Mitigazione 1	Urea lenta cessione	Interramento			
Mitigazione 2	Urea	Fertirrigazione	87	3	10

Rese campi prova 2025

Coltura	Campo	Resa (t/ha)	Sostanza Secca (%)
Trifoglio insilato	Riferimento: NITRATO AMMONICO	12,8	22,8
	Mitigazione 1: UREA LENTA CESSIONE		
	Mitigazione 2: UREA FERTIRRIGAZIONE		
Mais da pastone	Riferimento: NITRATO AMMONICO	25,5	53,1
	Mitigazione 1: UREA LENTA CESSIONE	27	
	Mitigazione 2: UREA FERTIRRIGAZIONE	30	

Rese colturali tutta l'azienda 2025

Coltura	Superficie (ha)	Resa (t/ha)
Trifoglio 1°R (trinciato)	19.3	12.8
Mais 2°R (trinciato)	4.8	63.5
Mais 2°R (pastone)	14.5	26.2
Frumento 1°R (trinciato)	6.5	38.6
Sorgo 2° R (trinciato)	15.7	44.7
Prato (fieno)	16.1	7.2
Erba medica (fieno)	10	12.1
Erbaio (fieno)	9.2	8.3

60.5 irr. scorrimento
72 irr. pivot

Dai campi prova all'intera azienda

Applicazione del Piano di concimazione su tutta l'Azienda:



Applicazione delle Migliori Tecniche su tutta l'Azienda:



Quali benefici aspettarsi?

Valutazioni aziendali – Scenari a confronto

Scenario base

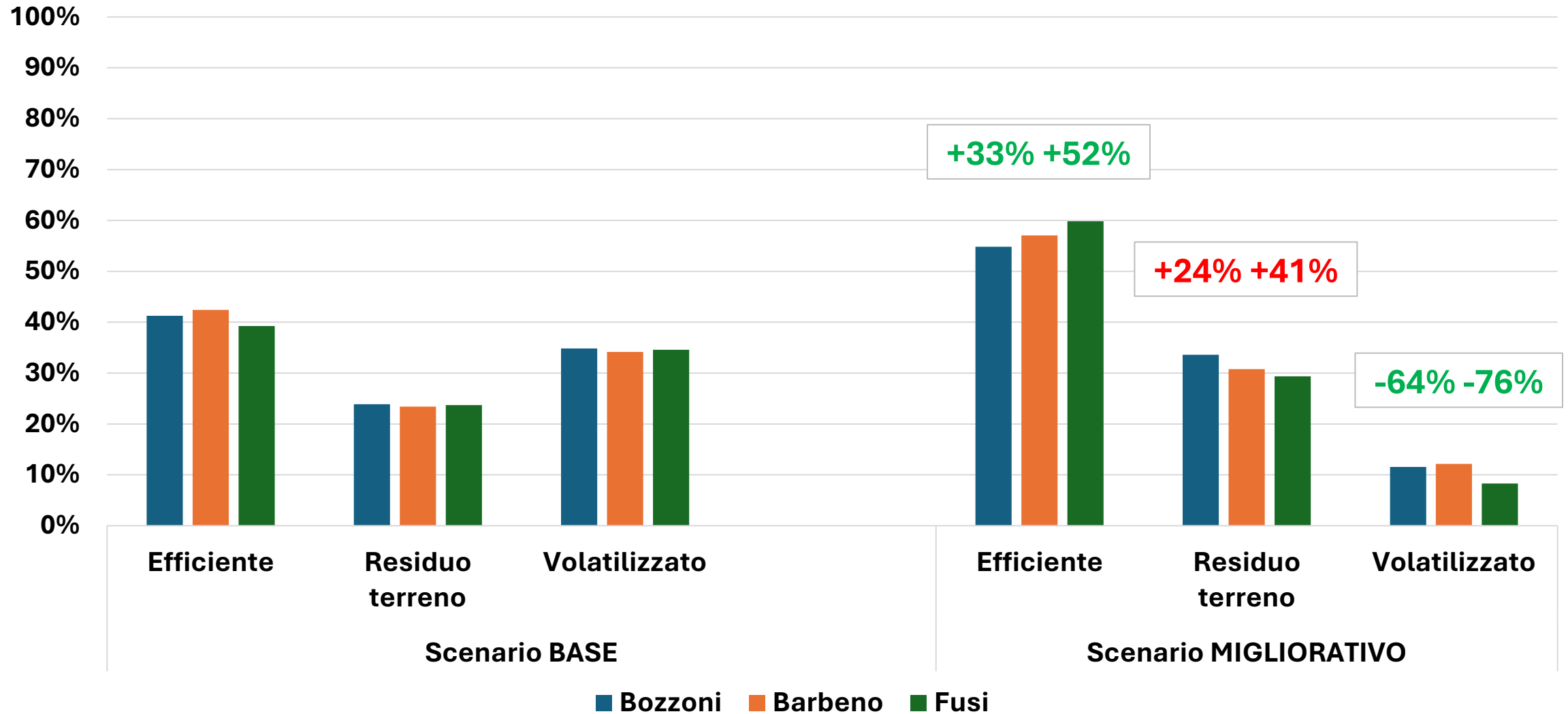


Scenario migliorativo



Valutazioni aziendali – Scenari a confronto

Gestione dell'azoto zootecnico



Conclusioni e applicazioni

- Il monitoraggio è la migliore delle best practices e consente il bilancio dell'azoto a livello aziendale
- Fondamentale la conoscenza del contenuto nutrienti e della quantità di liquami prodotti
- L'applicazione del piano di concimazione e le migliori tecniche di distribuzione aumentano l'efficienza dei nutrienti in campo
- I risultati ottenuti possono essere trasferiti in sistemi per la valutazione della sostenibilità aziendale