

REGESA

GAL - Terre del Po

Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e di ammoniacale nella gestione degli effluenti di allevamento



PSR LOMBARDIA
L'INNOVAZIONE
METTERADICI
2014 2020



Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale:
l'Europa investe nelle zone rurali



GAL Terre del Po

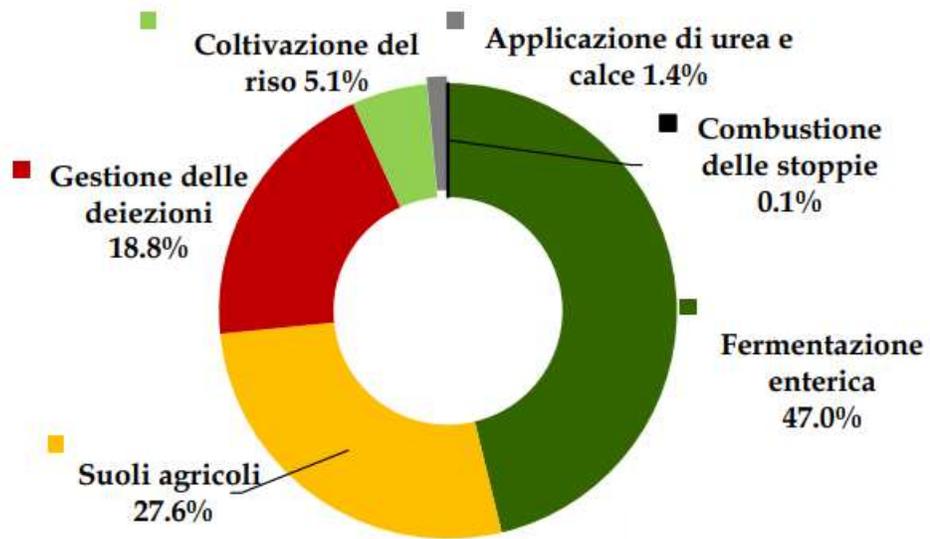


Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento del FEASR

Responsabile dell'informazione: Azienda Agricola Galli di Fabrizio e Galli Matteo S.s.

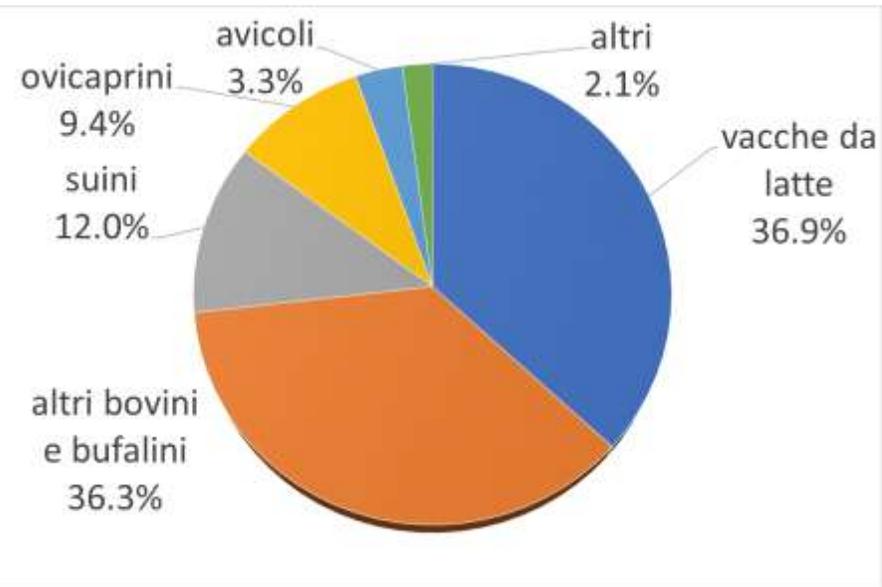
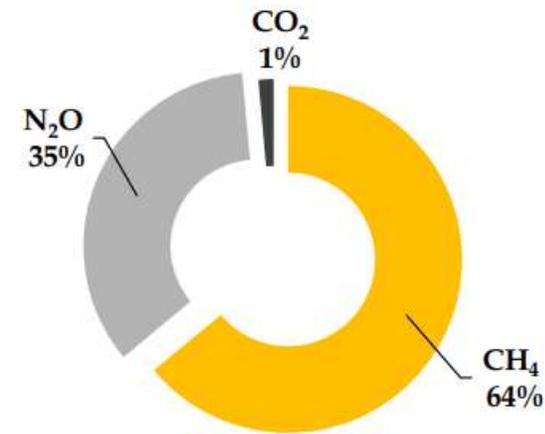
Autorità di Gestione del Programma: Regione Lombardia

Emissioni di gas serra dal settore agricolo (7% del totale a livello nazionale 9,7% in Lombardia)



La gestione degli effluenti rappresenta il 19% del totale

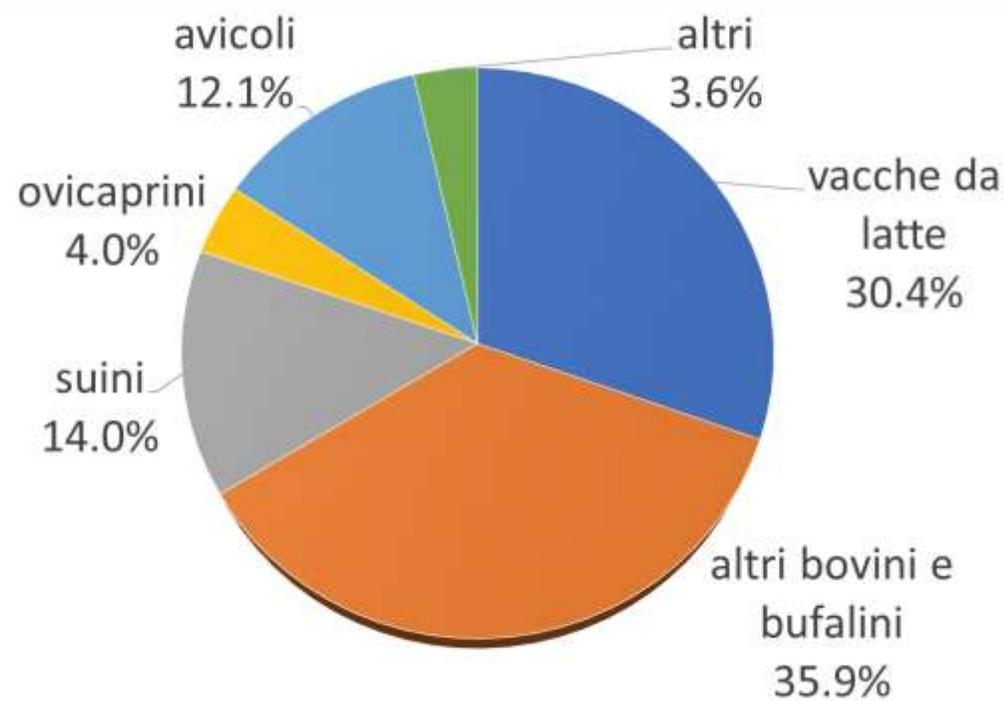
Gli allevamenti producono il 79% delle emissioni di cui il 70% circa dai bovini



Emissioni di ammoniaca dal settore agricolo (94% del totale a livello nazionale)



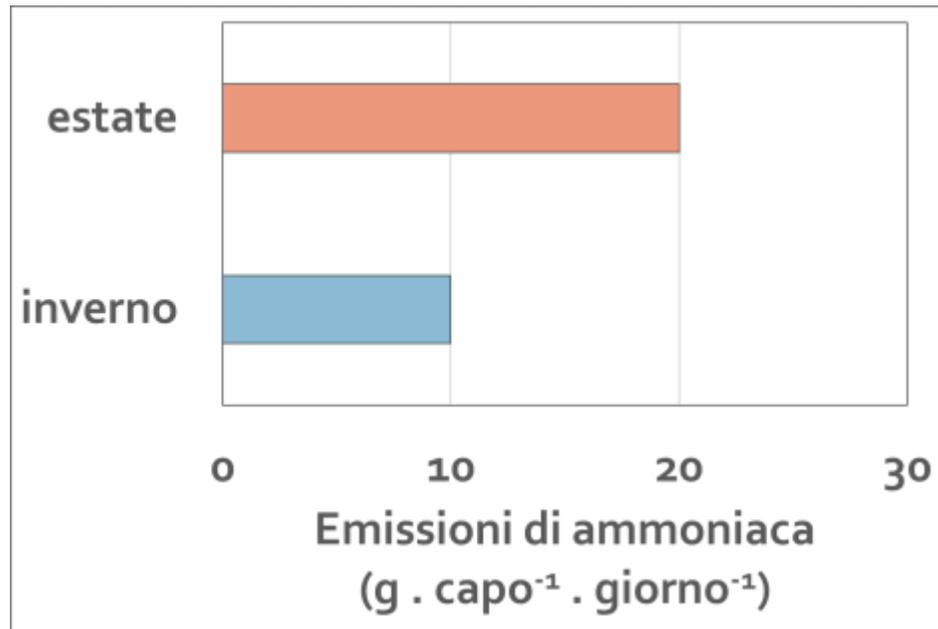
Le emissioni di ammoniaca vengono generate dalla volatilizzazione dell'azoto contenuto negli effluenti dell'allevamento. Causano eutrofizzazione, acidificazione e formano particolato sottile (PM 2.5)



Le stime delle emissioni sono fondamentali a livello territoriale ma come possono essere utilizzate per ridurre le emissioni in un allevamento?

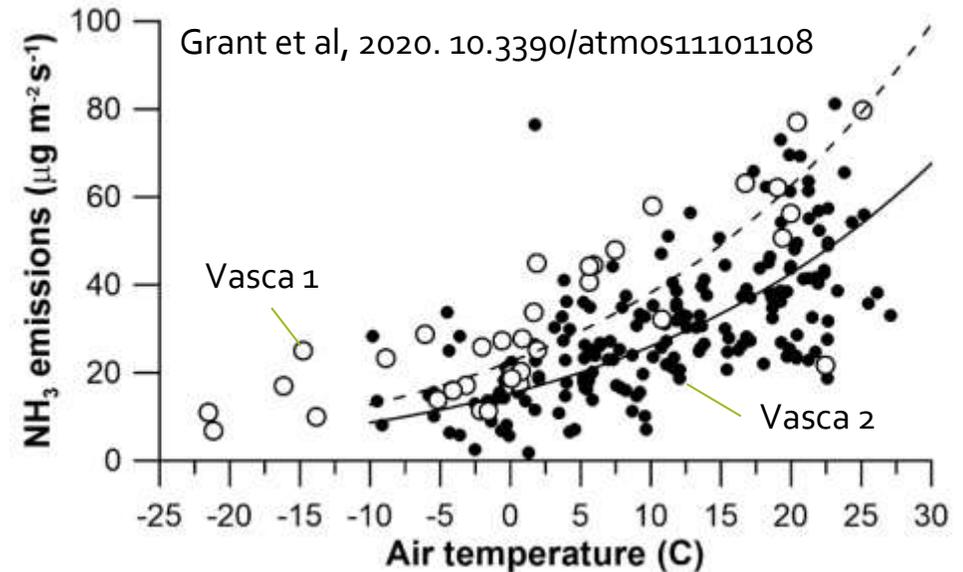
Si basano su fattori di emissione medi che possono tener conto delle tecniche utilizzate, ma non utilizzano le condizioni locali.

Emissioni dalla stabulazione di bovini da latte



Powel et al., 2008. 10.2134/jeq2007.0282

Emissioni da vasche di stoccaggio



Sono valori annuali e non tengono conto della variabilità nel corso dell'anno.

Il monitoraggio e il controllo sono la chiave per la riduzione delle emissioni

Sono disponibili indicazioni sulle diverse tecniche per la riduzione delle emissioni ma non si conoscono gli effetti reali della loro applicazione nelle aziende

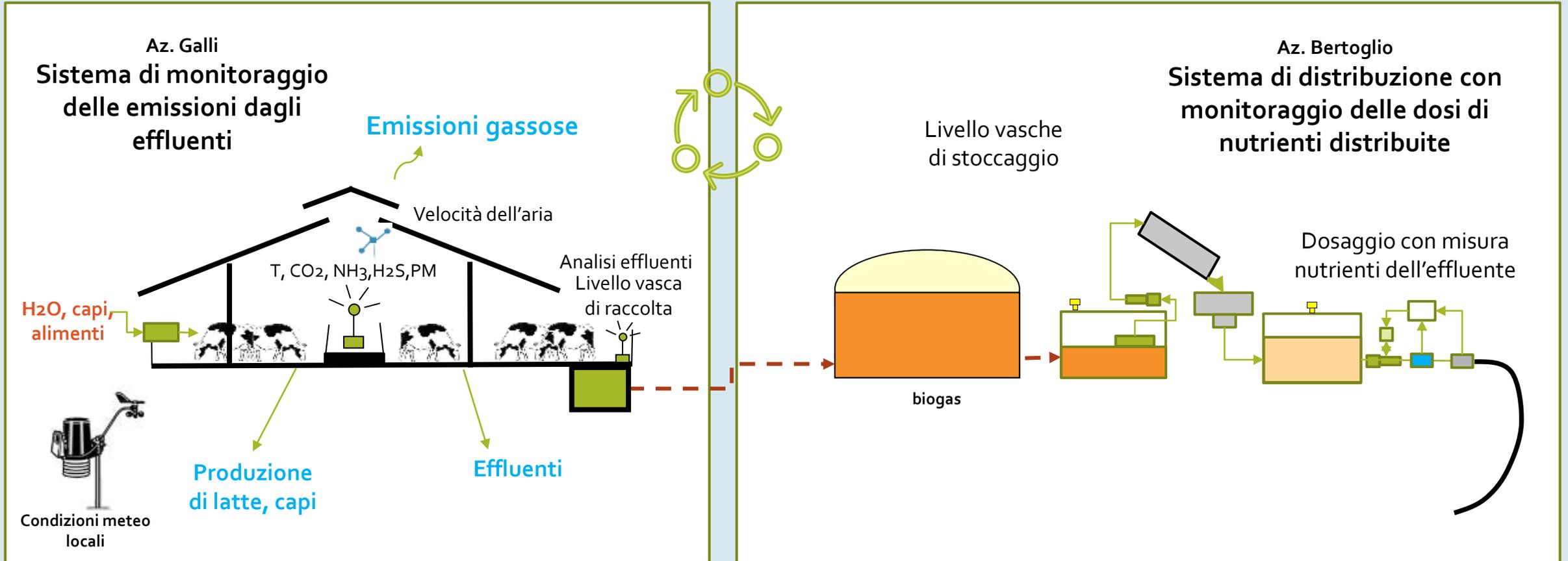
Alcune tecniche richiedono una messa a punto e validazione operativa

monitoraggio delle emissioni dalle diverse fasi della gestione degli effluenti

Utilizzo di digestato per la fertirrigazione a goccia

PROGETTO REGESA

Sistema integrato



Valutazione delle emissioni nell'allevamento di bovini da latte dalla fase di produzione di effluenti e loro stoccaggio in azienda

Valutazione delle prestazioni e dei consumi energetici dell'impianto pilota per il dosaggio del digestato

PARTNER

Il Capofila

Società Agricola Galli di Fabrizio e Galli Matteo S.S. (San Giovanni in Croce, CR)

- Allevamento di bovine da latte
- SAU circa 90 ettari, produzione di

fieno (medica e prato stabile)

mais (granella, trinciato e pastone)



PARTNER

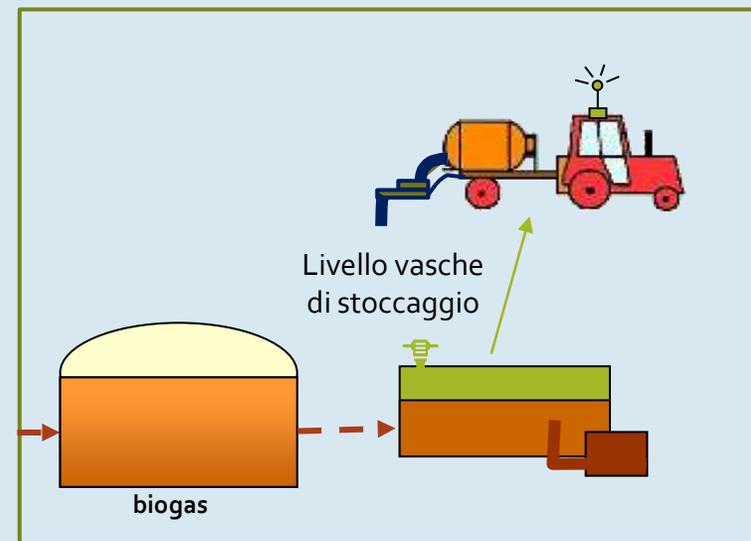
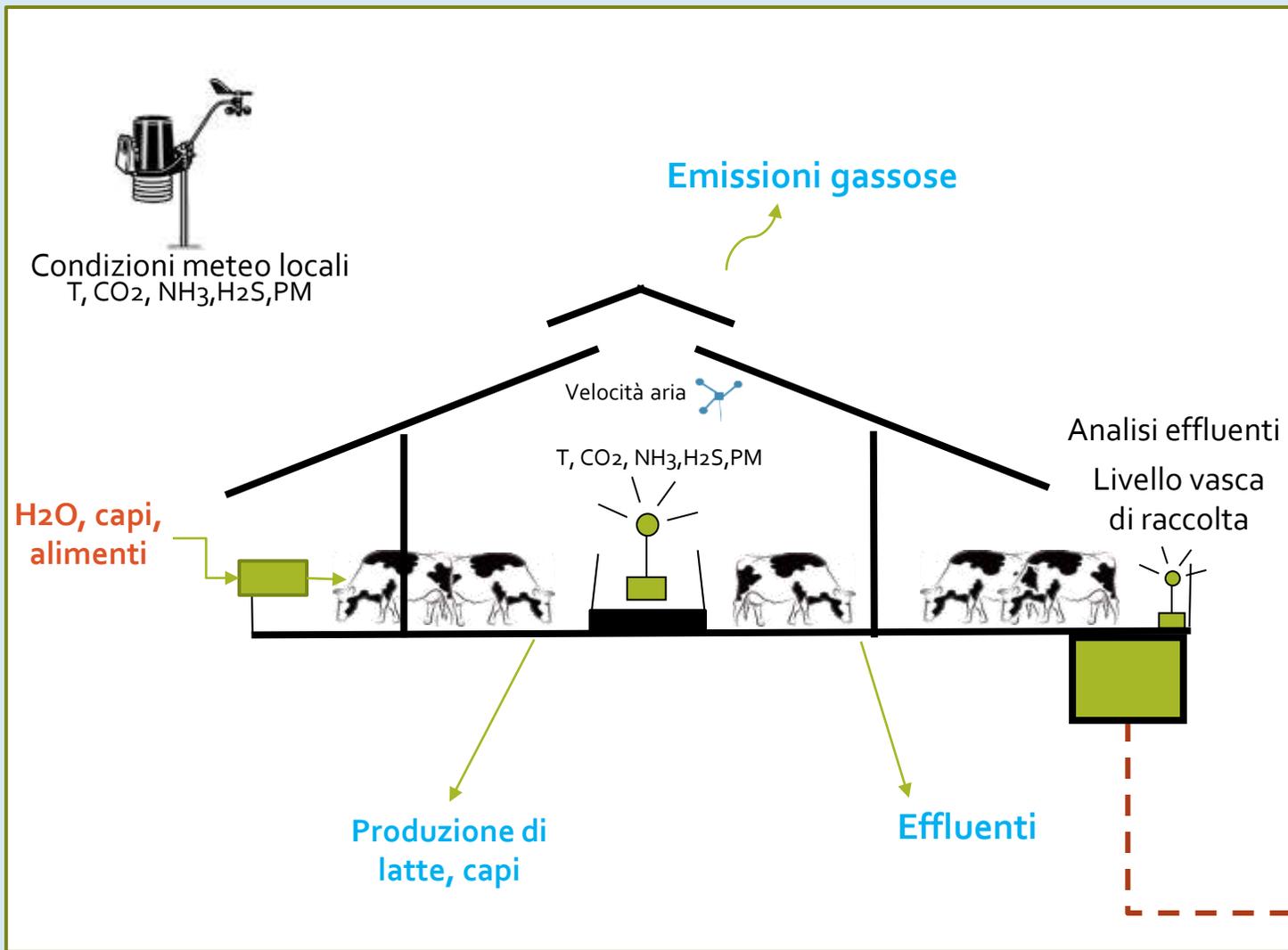
L'azienda Agricola Bertoglio Enrico, sede a **Rivarolo Mantovano (MN)**

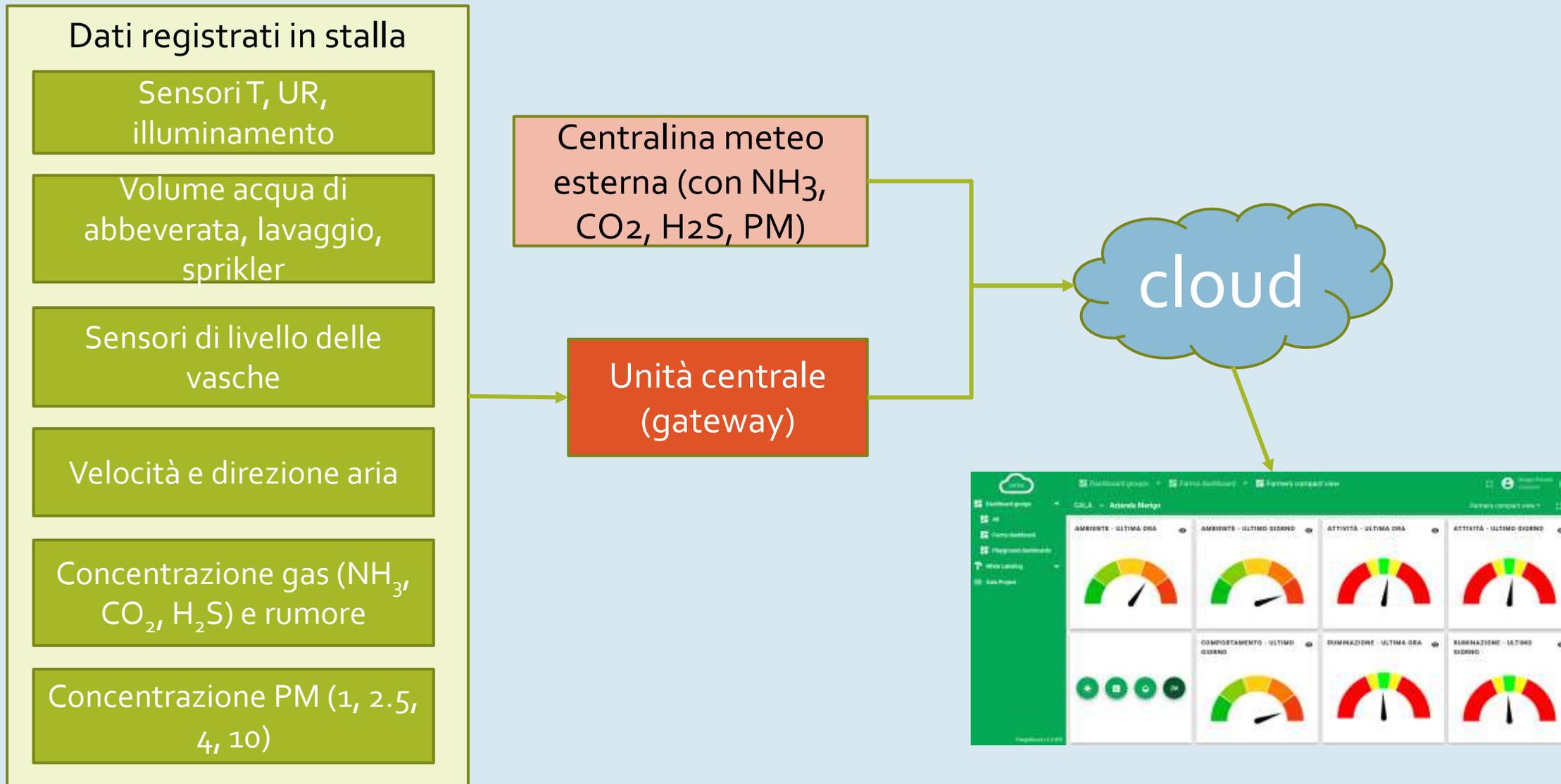
- si occupa della produzione di cereali (mais, grano duro, grano tenero, soia)
- SAU pari a 103 ha



Az. Galli

Sistema di monitoraggio





Interfaccia per la visualizzazione dei dati



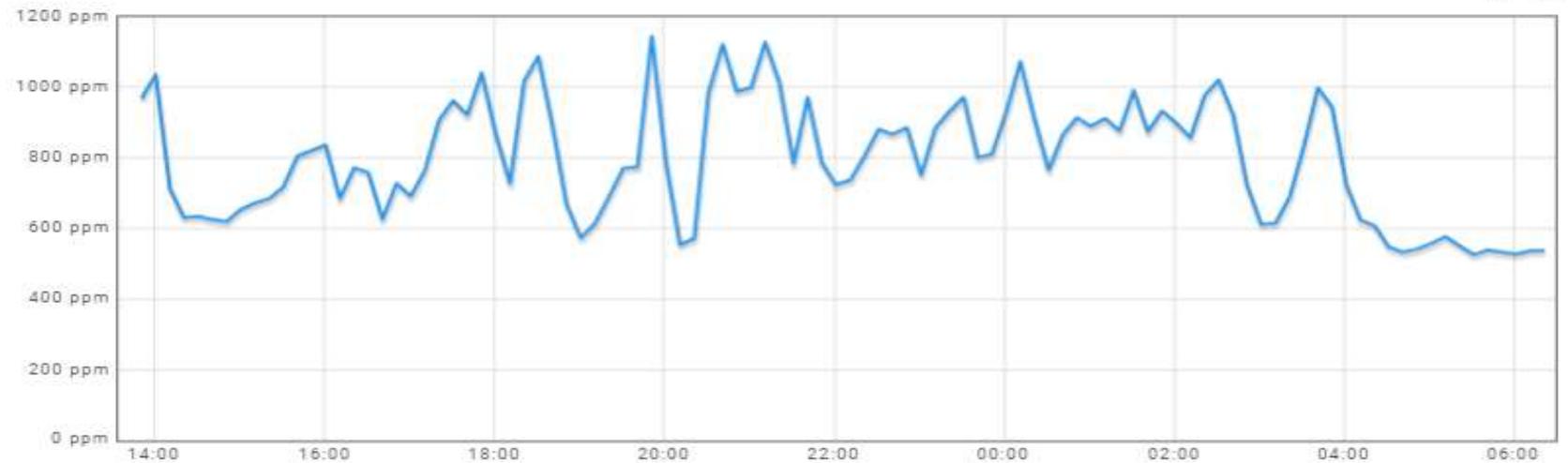
Centralina

MISURE:

- ✓ Ammoniaca
- ✓ Anidride carbonica
- ✓ Acido solfidrico
- ✓ Temperatura
- ✓ Umidità
- ✓ Particolato
- ✓ Illuminazione
- ✓ Rumore



ANIDRIDE CARBONICA



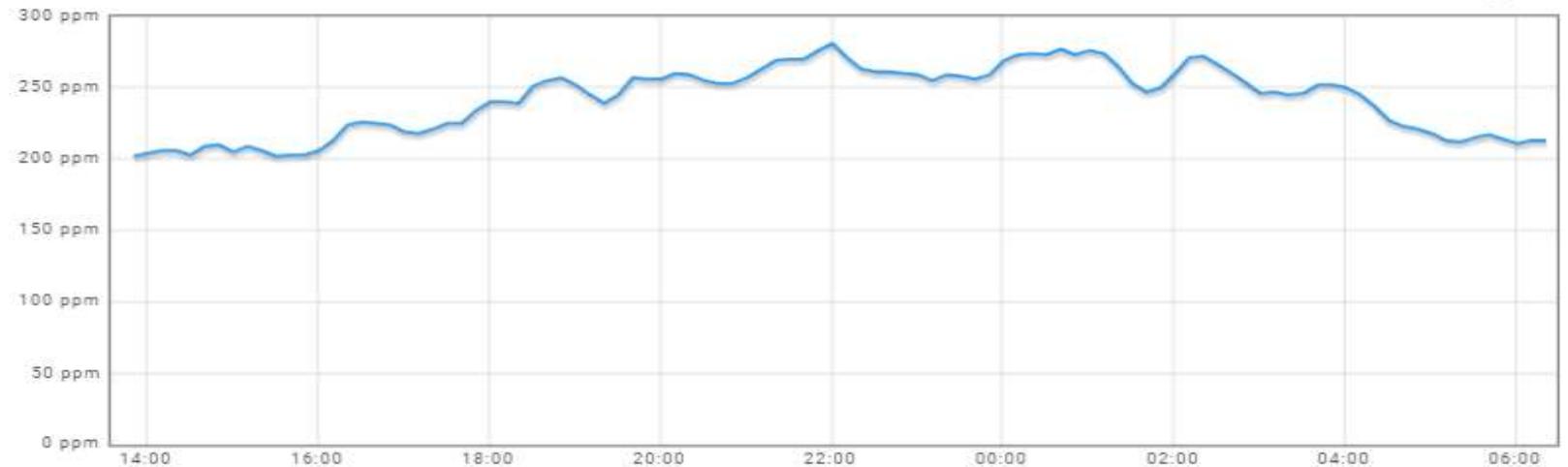
Centralina meteo

MISURE CENTRALINA METEO:

- ✓ Temperatura dell'aria
- ✓ Umidità dell'aria
- ✓ Pressione
- ✓ Precipitazioni
- ✓ Radiazione solare
- ✓ Vento



ANIDRIDE CARBONICA



SENSORI DI LIVELLO

È stato montato un sensore di livello sia sulla vasca in testa alla stalla che sui due vasconi di raccolta del digestato.

MISURE

- ✓ Livello liquami (m);
- ✓ Temperatura liquami (°C);
- ✓ Volume liquami (m³).



VERIFICHE DELLE CONCENTRAZIONI DI GAS E DELLE EMISSIONI

FTIR gas analyser



È uno strumento utilizzato per misurare le concentrazioni di gas quali CH_4 , CO_2 , CO , N_2O , NH_3 .

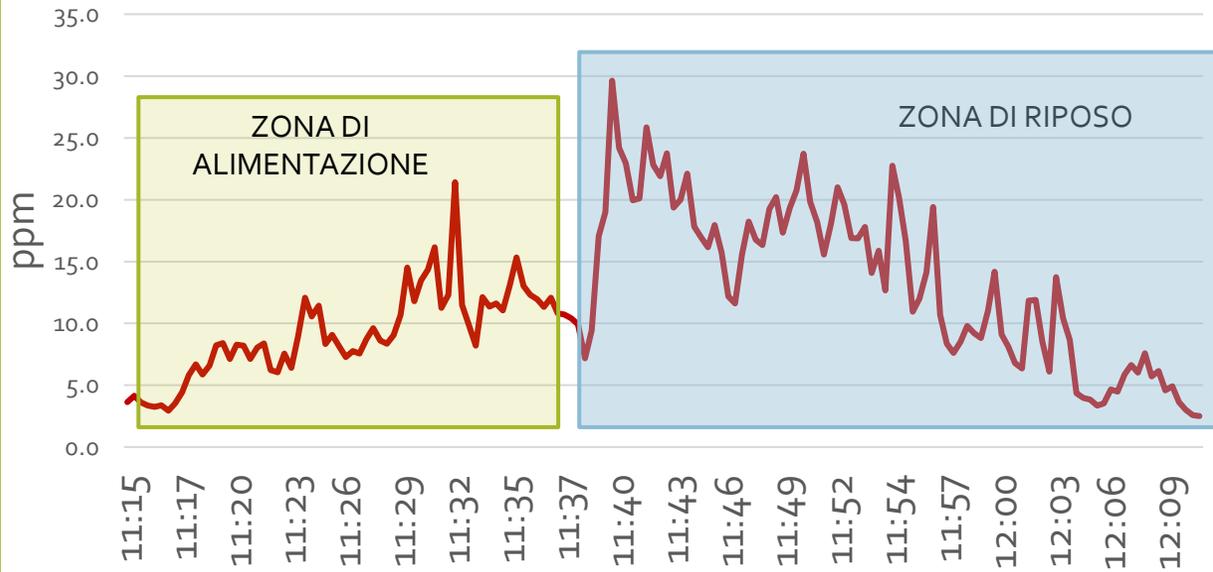
Alpha - samplers

Sono campionatori passivi dell'ammoniaca
→ filtro rivestito di acido citrico e metanolo che serve a catturare l' NH_3 .

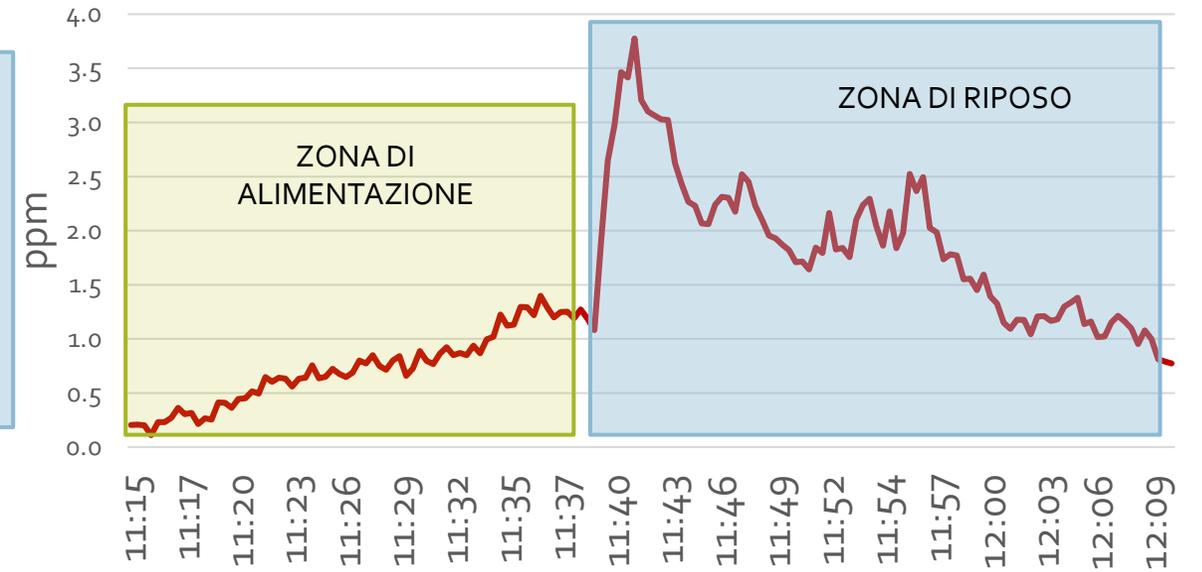


MISURE GASMET – 22/02/2024

Metano - CH₄



Ammoniaca - NH₃



RACCOLTA DATI AZIENDALI

- Consistenza capi
- Razioni alimentari
- Verifica livelli vasche
- Verifica contatori acqua
- Latte prodotto
- Caratteristiche latte
- Campioni di liquame

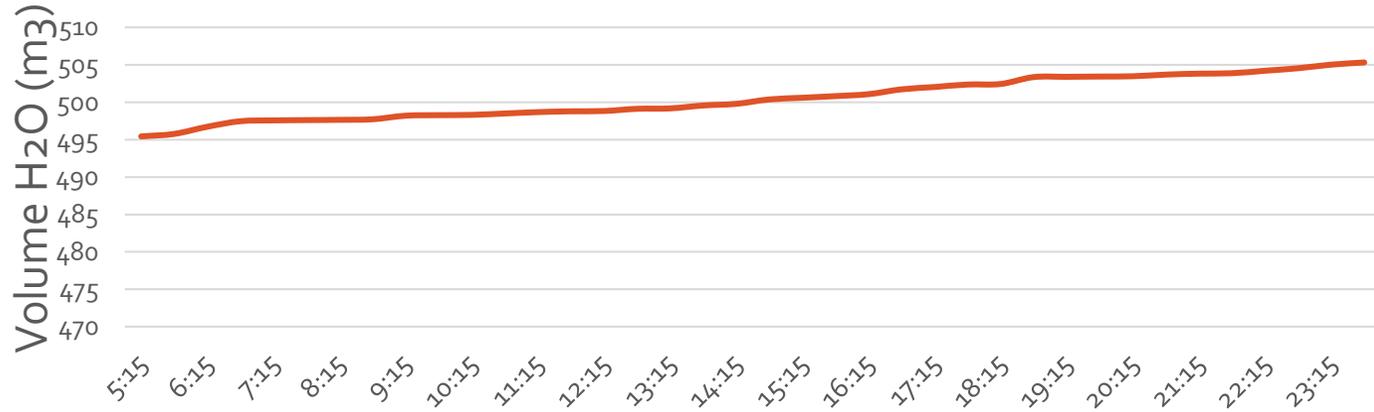
	Vasca stalla			Vascone sin			Vascone dx		
profondità c	230			315			315		
m quadrati	354	164,5		511			511		
		189,5							
data	margin	liv liq	m cubi	margin	liv liq	m cubi	margin	liv liq	m cubi
19/06/2023									
21/06/2023	70	1,6	566,4	50	2,65	1354,15	70	2,45	1251,95
26/06/2023	55	1,75	619,5	40	2,75	1405,25	70	2,45	1251,95
30/06/2023									
01/07/2023									
03/07/2023	65	1,65	584,1	35	2,8	1430,8	50	2,65	1354,15
03/07/2023	100	1,3	460,2						
07/07/2023									
10/07/2023	90	1,4	495,6	45	2,7	1379,7	42	2,73	1395,03
11/07/2023									
17/07/2023	80	1,5	531	45	2,7	1379,7	42	2,73	1395,03
20/07/2023									
24/07/2023	80	1,5	531	45	2,7	1379,7	42	2,73	1395,03



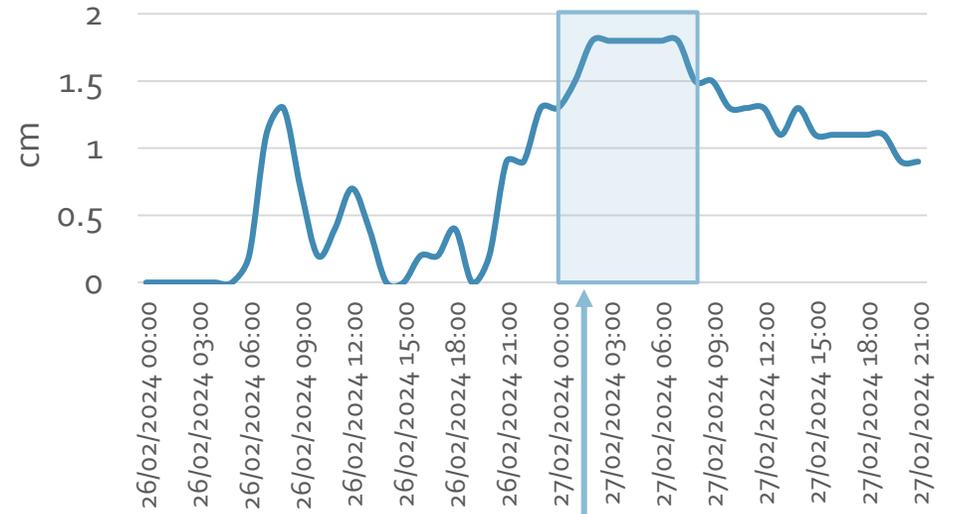
data	totale n capi	vacche mungitura	vacche fresche	asc+manze gravide	sala parto	vitelli gabbie	vitelli lupa	vitelli mangime	vitelli raz secco	box fecondazione	manze gravide
15/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
16/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
17/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
18/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
19/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
20/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
21/06/2023	277	116	27	13	5	5	11	19	28	17	36
22/06/2023	278	115	27	14	5	4	13	19	28	17	36
23/06/2023	278	115	27	14	5	4	13	19	28	17	36
24/06/2023	279	116	27	14	4	5	13	19	28	17	36
25/06/2023	279	116	27	14	4	5	13	19	28	17	36
26/06/2023	279	116	27	12	6	5	13	15	26	23	36

Quanto la pioggia ha inciso sul volume delle vasche?

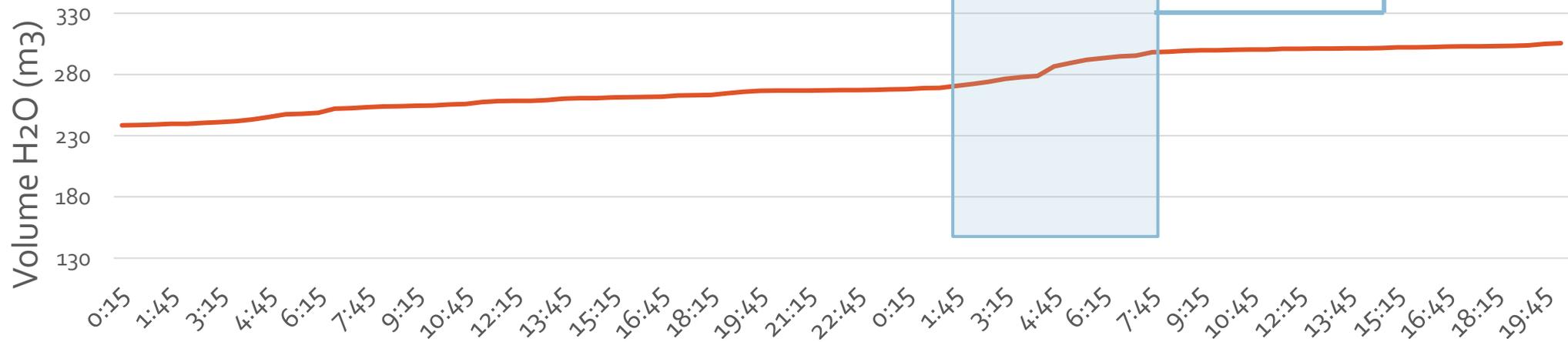
14 marzo 2024, andamento orario del volume della fossa



Precipitazioni tra il 26 e il 27 febbraio

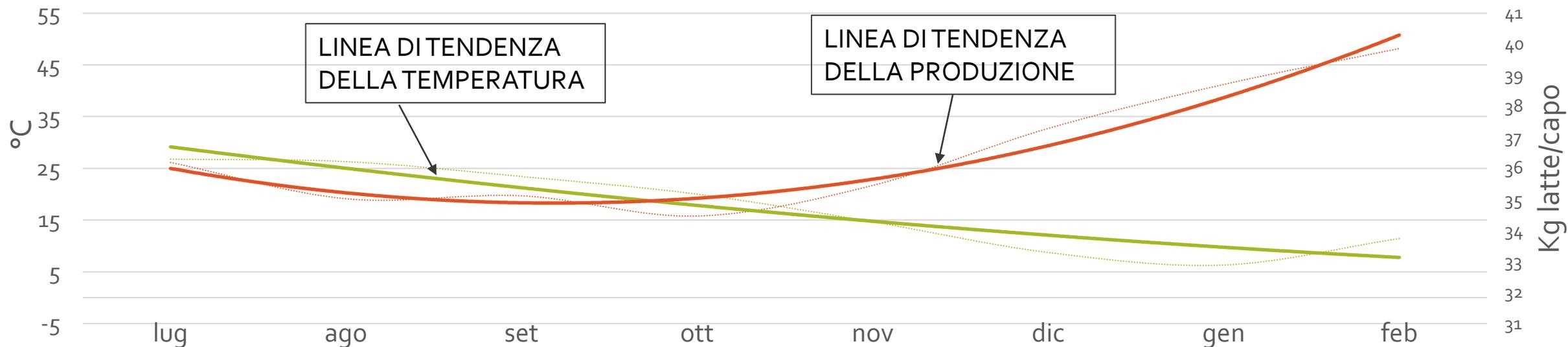


26-27 febbraio 2024, andamento orario del volume della fossa



La temperatura della stalla è adeguata alle necessità dei miei capi?

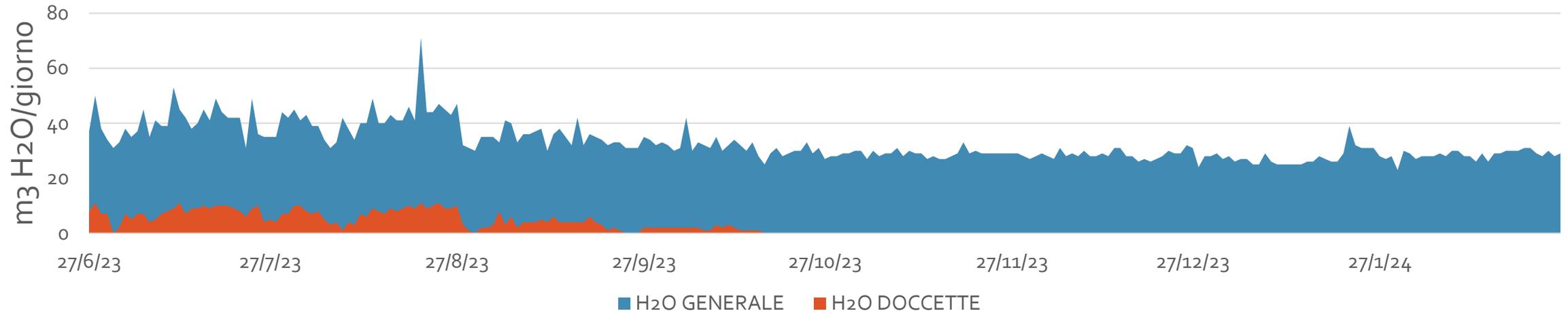
Andamento della temperatura della stalla e della produttività dei capi nei mesi



TEMPERATURA CRITICA INFERIORE	Zona di benessere	TEMPERATURA CRITICA SUPERIORE
<-5°C	Da -5 a 25°C	> 25°C
Stress da freddo: Le vacche	Zona di neutralità termica	Stress da caldo: le vacche
<ul style="list-style-type: none"> • mangiano di più e • Convertono l'energia dell'alimento in calore • Riducono la produzione di latte • a questa temperatura sono pericolosi vento e pioggia • tendono stringersi insieme 	<p>massima produzione massimo di benessere</p>  <p>LaStaBen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Iperventilano e ansimano • Riducono le attività • Riducono l'assunzione di alimento • Riducono la produzione di latte • Riducono la fertilità

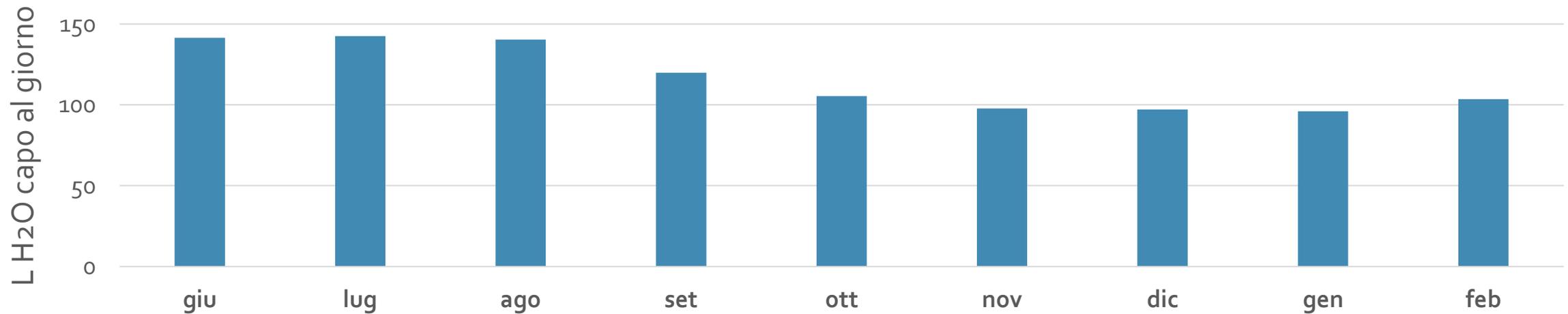
Quanta acqua in più ho utilizzato in estate rispetto all'inverno?

Utilizzo di acqua nel tempo della mandria



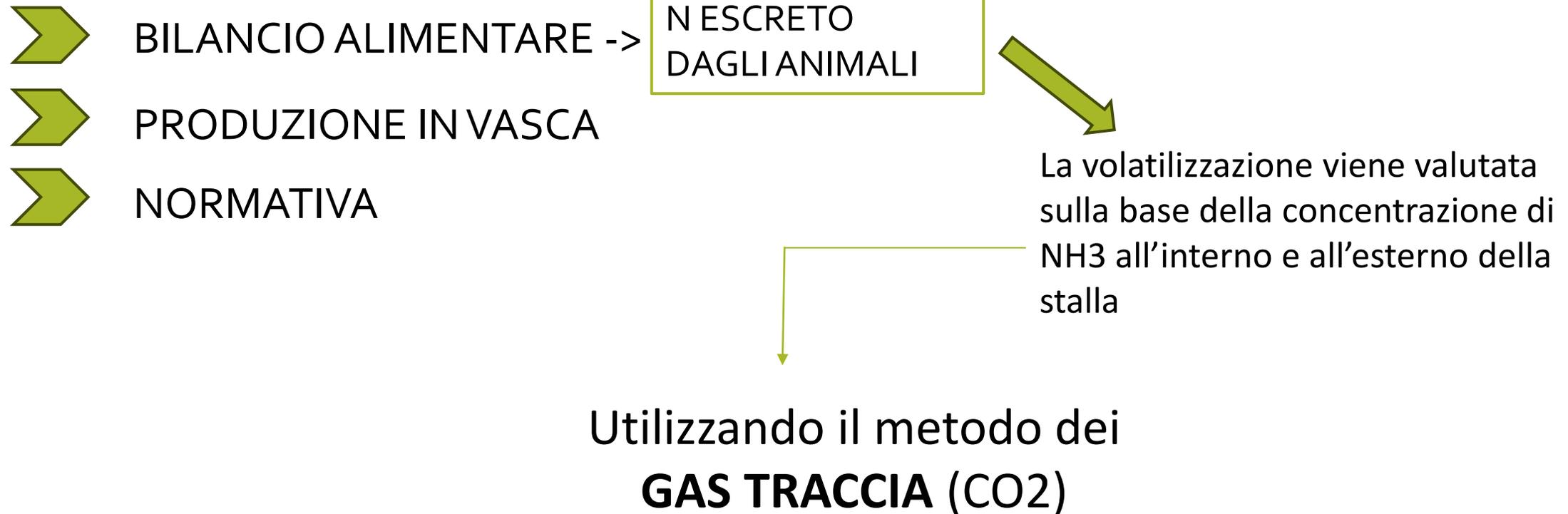
Come cambia l'utilizzo di acqua delle bovine durante le stagioni?

Utilizzo di acqua giornaliero per capo

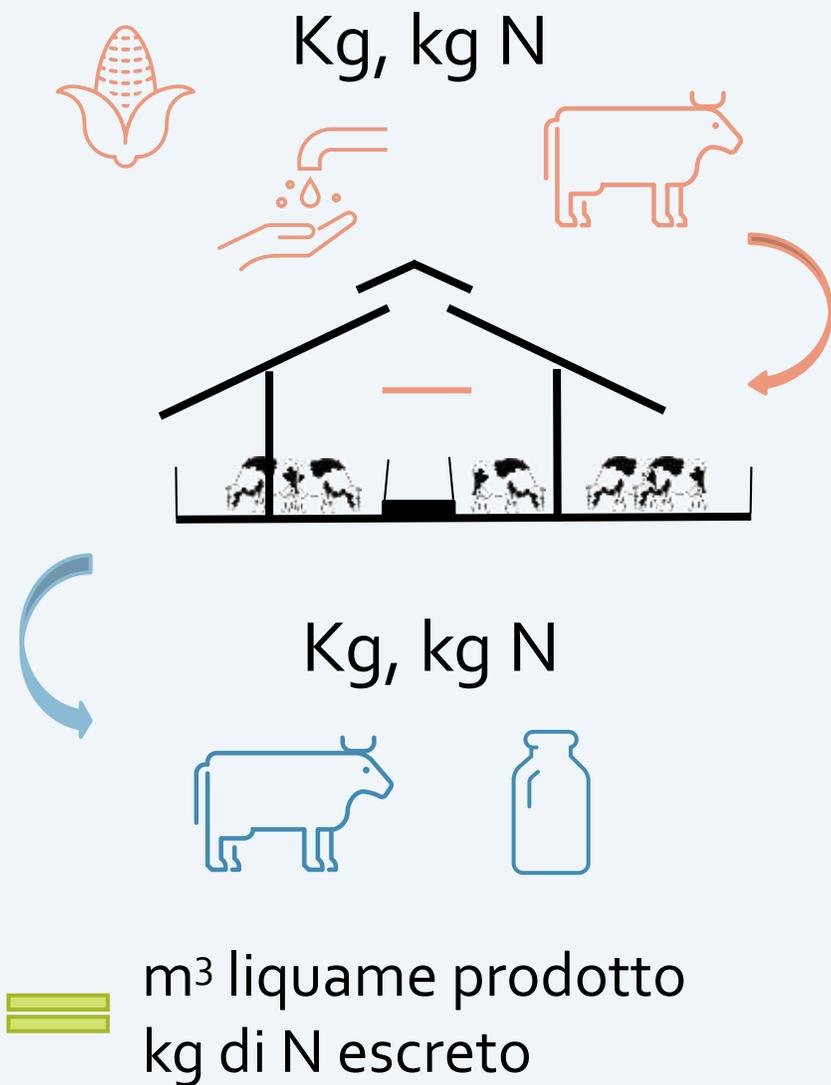


VALUTAZIONE DELLA PRODUZIONE DI LIQUAME E AZOTO

Sono state confrontate 3 metodologie diverse



BILANCIO ALIMENTARE



EMISSIONI NH_3

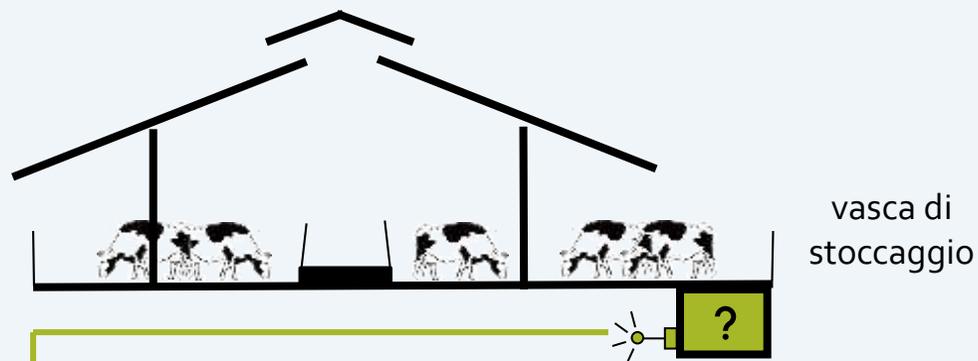
Il calcolo delle emissioni di ammoniaca adottato fa riferimento a quello del protocollo VERA, basato sui gas traccianti (CO_2 in questo caso).

CO_2 interna ed esterna (CO_2 in e CO_2 out, ppm);
 NH_3 interna ed esterna (NH_3 in e NH_3 out, mg/m^3).

- Peso capi
 - Energia ingerita
 - Giorni di gravidanza
 - Incremento di peso
- Produzione di CO_2 degli animali (PCO_2 , $\text{m}^3 \text{CO}_2/\text{h}$)

$$\text{Ventilazione (m}^3/\text{h)} = \frac{PCO_2}{CO_2 \text{ in} - CO_2 \text{ out}}$$

AZOTO E LIQUAMI IN VASCA



Sensore = misura della quantità prodotta giornalmente dalla mandria (m³ di liquame).

Analisi di laboratorio = misura del contenuto in N del liquame nella vasca (kg N/ m³ liquame).

Verifica manuale settimanale del livello

AZOTO E LIQUAMI DA NORMATIVA

“Programma d’Azione regionale per la protezione delle acque dall’inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole nelle zone vulnerabili ai sensi della **Direttiva nitrati 91/676/CEE – 2020-2023**”

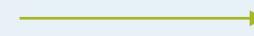
Effluenti zootecnici: quantità di effluente prodotta per peso vivo e per anno in relazione alla tipologia di stabulazione.

Azoto prodotto da animali di interesse zootecnico: valori al campo per anno al netto delle perdite per emissioni di ammoniacca; ripartizione dell’azoto tra liquame e letame

EMISSIONI DI METANO (CH₄)

- Numero di capi
- Peso dei capi (kg)
- Kg latte prodotto
- % grasso nel latte
- Digeribilità %
- Coefficienti tabulati

GROSS ENERGY (MJ)



Emissioni di CH₄ dalla fermentazione enterica

La CO₂ dagli animali non è considerato ad effetto serra

- Solidi volatili
- Coefficienti tabulati

Emissioni di CH₄ dalla gestione degli effluenti

PROTOSSIDO DI AZOTO (N₂O)

- Kg N escreto
- Coefficienti tabulati

Emissioni dirette di protossido di N₂O

Confronto tra valori tabellari e risultati monitoraggio

	Azoto prodotto (kg N/capo.gg)	Produzione media giornaliera di CH ₄ da fermentazione enterica (CO ₂ eq/capo)	Produzione media giornaliera di CH ₄ dalla gestione degli effluenti (CO ₂ eq/capo)	Produzione media giornaliera diretta di N ₂ O (CO ₂ eq/capo)	Produzione totale di gas ad effetto serra (CO ₂ eq/capo)
Valore tabellare (da normativa)	0,24	7	4,5	1,3	12,8
Valore da monitoraggio (produzione in vasca)	0,30	5,6	4,2	0,5	10,3
Differenza (bilancio)	0,32	-20%	-7%	-0,6	-20%

- EF = enteric fermentation;
- MM= manure management.

Produzione media di CH ₄ dalla fermentazione enterica (kg CH ₄ al giorno)	
02-gen	60,87
08-gen	59,98
15-gen	59,91
23-gen	60,44
29-gen	60,47
media	60,33
Produzione media di CH ₄ dalla gestione degli effluenti (kg CH ₄ al giorno)	
02-gen	54,60
08-gen	54,04
15-gen	53,67
23-gen	53,26
29-gen	53,26
media	53,77
Produzione media diretta di N ₂ O (kg N ₂ O al giorno)	
02-gen	0,56
08-gen	0,56
15-gen	0,55
23-gen	0,55
29-gen	0,55
media	0,55

Quante sono state le emissioni di CH₄ e N₂O nel mese di gennaio?

× 31 giorni



	Media di kg CH ₄ _fermentazione enterica/capo.anno
lug	74,07
ago	71,76
set	71,21
ott	71,76
nov	73,95
dic	75,05
media	72,83
	Media di kg CH ₄ _gestione effluenti/capo.anno
lug	71,15
ago	71,15
set	69,29
ott	68,18
nov	68,22
dic	68,27
media	69,37
	Media di kg N ₂ O/capo.anno
lug	0,0177
ago	0,014
set	0,014
ott	0,014
nov	0,014
dic	0,015
media	0,015

Mediamente quanto emette annualmente un capo?



10,9 kg CO₂-eq/capo.gg



0,53 kg CO₂-eq/capo.gg

CONCLUSIONI

Attraverso i dati misurati dal monitoraggio, è possibile :

1. tenere sotto controllo i parametri principali legati alla gestione della stalla (utilizzo dell'acqua nelle stagioni, riempimento delle fosse, produzioni...);
2. effettuare una **valutazione delle emissioni di gas ad effetto serra** (CO₂, CH₄ e N₂O) e di **ammoniaca**.

È quindi più facile l'individuazione delle tecniche migliorative da adottare quali

1. Monitoraggio della temperatura in stalla
2. Corretta alimentazione
3. Rimozione frequente di liquame con i raschiatori

Un sistema di monitoraggio come quello realizzato potrebbe portare alla certificazione delle emissioni dell'allevamento

Seconda azione del progetto REGESA

**SVILUPPO E MESSA A PUNTO DI UN SISTEMA
AUTOMATIZZATO PER LA DISTRIBUZIONE DI
DIGESTATO MEDIANTE FERTIRRIGAZIONE IN
BASE AL CONTENUTO DI NUTRIENTI**

presso l'azienda Bertoglio Enrico - Rivarolo Mantovano (MN)

La fertirrigazione con digestato

È una tecnica che consente di aumentare l'efficienza dell'azoto mediante due meccanismi:

- l'azoto viene distribuito quando la coltura ne ha più bisogno;
- le emissioni di ammoniaca sono notevolmente ridotte.

Consente di distribuire digestato in copertura su colture come il mais.

Richiede un sistema di filtrazione e immissione nell'impianto di irrigazione. Può essere utilizzata sia su pivot, sia su goccia.

Obiettivo

REALIZZARE UN SISTEMA AUTOMATIZZATO DI
FILTRAZIONE E INIEZIONE DEL DIGESTATO
NELL'ALA GOCCIOLANTE, DOSANDO
L'EFFLUENTE IN BASE AL SUO CONTENUTO IN
ELEMENTI FERTILIZZANTI

in modo da applicare il digestato in relazione alle esigenze delle colture, evitando di apportare quantità di azoto elevate con le conseguenti perdite

Il prototipo del progetto REGESA

SISTEMA DI FILTRAZIONE

- vasca di stoccaggio in calcestruzzo (circa 2.000 m³) dotata di agitatore con sensore radar per la misura continua di livello
- pompa sommersa trituratrice centrifuga con zattera galleggiante per il sollevamento del digestato (4 kW)
- pompa monovite controllata da inverter per alimentazione rampa di separazione (2,2 kW)





Pompa alimentazione rampa di filtrazione (M2)

OFF ON AUT MAN MARCIA ALLARME

Velocità pompa alimentazione rampa di filtrazione



Allarme generale [HOME](#)

Il prototipo del progetto REGESA

SISTEMA DI FILTRAZIONE

- rampa di separazione dei solidi con tappeto rotante e spazzola di pulizia per rimozione solidi grossolani (0,37 kW)
- vibrovaglio per la filtrazione del digestato a 100 micrometri (1,1 kW)
- pompa per lavaggio periodico vibrovaglio con acqua o acido (0,18 kW)
- vasca prefabbricata in acciaio di raccolta del digestato filtrato (32 m³) con sensore radar per la misura di livello



Il prototipo del progetto REGESA

SISTEMA DI DOSAGGIO

Scopo: inviare una quantità di azoto programmata nella tubazione che inietta il digestato nel flusso d'acqua di irrigazione

- pompa monovite controllata da inverter per l'iniezione del digestato nel sistema di fertirrigazione (4 kW)
- misuratore di flusso elettromagnetico
- centralina per la misura del contenuto di azoto del digestato basata sulla **conduttività elettrica**





Centralina NPK₃

- misura dell'elettroconduttività del digestato mediante una sonda per contatto
- calcolo della concentrazione dei nutrienti tramite le curve di correlazione



Il prototipo del progetto REGESA

REGOLAZIONE DEL SISTEMA DI DOSAGGIO

1. settaggio quantità di N da inviare nel tempo (kg/h)
2. rilievo del flusso (m^3/h)
3. misura della concentrazione di N (kg/m^3)

Se **flusso x concentrazione (kg/h)** è inferiore a settaggio, l'inverter regola la pompa aumentando la portata (viceversa se è più alto)

Il prototipo del progetto REGESA

QUADRO ELETTRICO PLC REMOTO GSM

Gestione del quadro elettrico tramite un PLC e touch screen per gestire l'automazione del processo in locale o da remoto



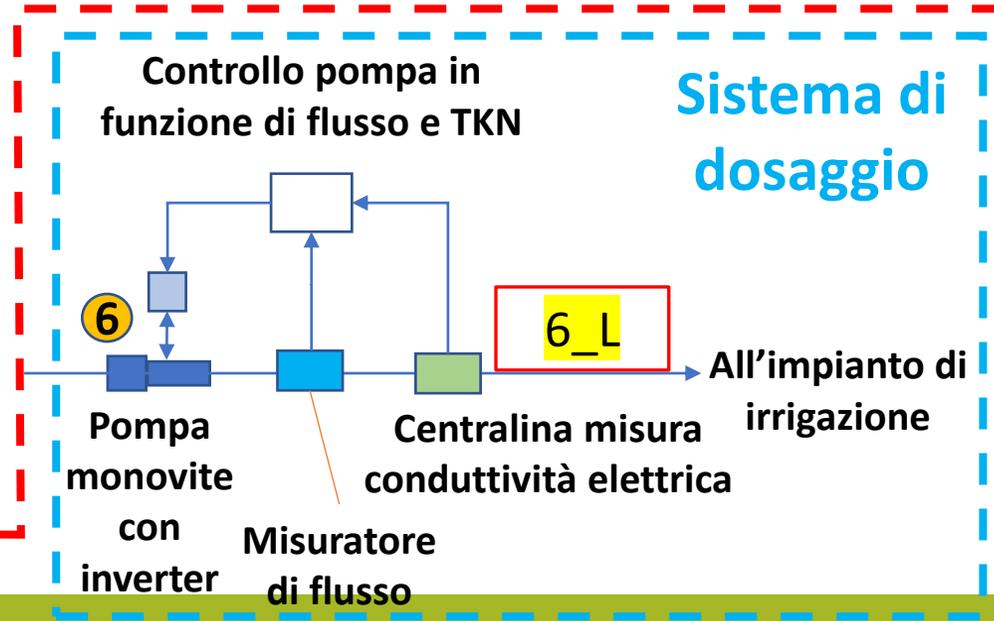
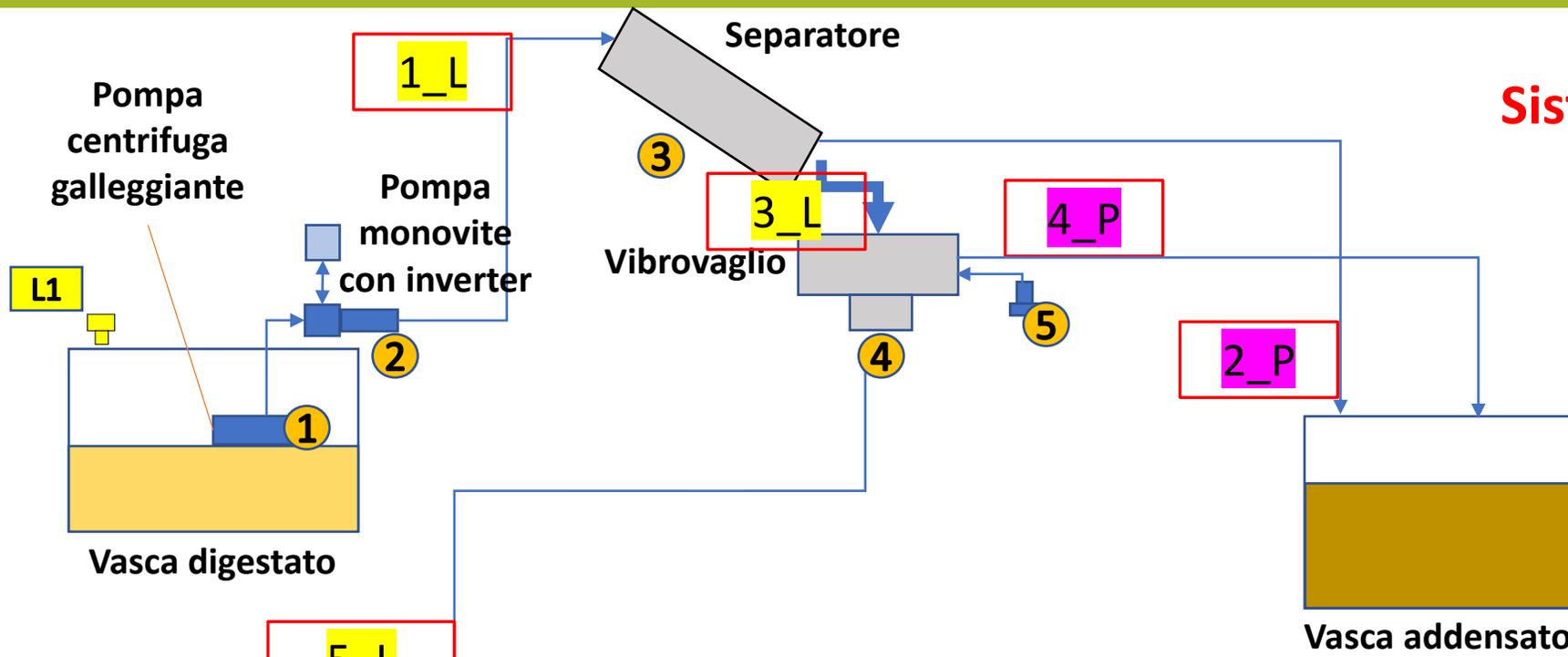
Verifiche funzionali del prototipo del sistema di **filtrazione e dosaggio** del digestato

- 3 prove di funzionamento:
 - prova 1: 13/11/2023
 - prova 2: 06/12/2023
 - prova 3: 13/02/2024
- 4 velocità pompa alimentazione rampa di filtrazione: 25% - 50% - 75% - 100%
- campionamento digestato e valutazione delle prestazioni sistema di filtrazione e dosaggio

Valutazione del prototipo del sistema di **filtrazione** e **dosaggio** del digestato

- Analisi di laboratorio dei campioni di digestato;
- Valutazione delle efficienze della separazione;
- Verifica delle portate;
- Calibrazione della centralina NPK₃;
- Valutazione dei consumi energetici.

Sistema di filtrazione



⊗ Motore pompa/inverter

▬ Misuratore di livello radar

Liquidi Punto di campionamento e sigla campione

Palabili Punto di campionamento e sigla campione

Analisi di laboratorio dei campioni di digestato

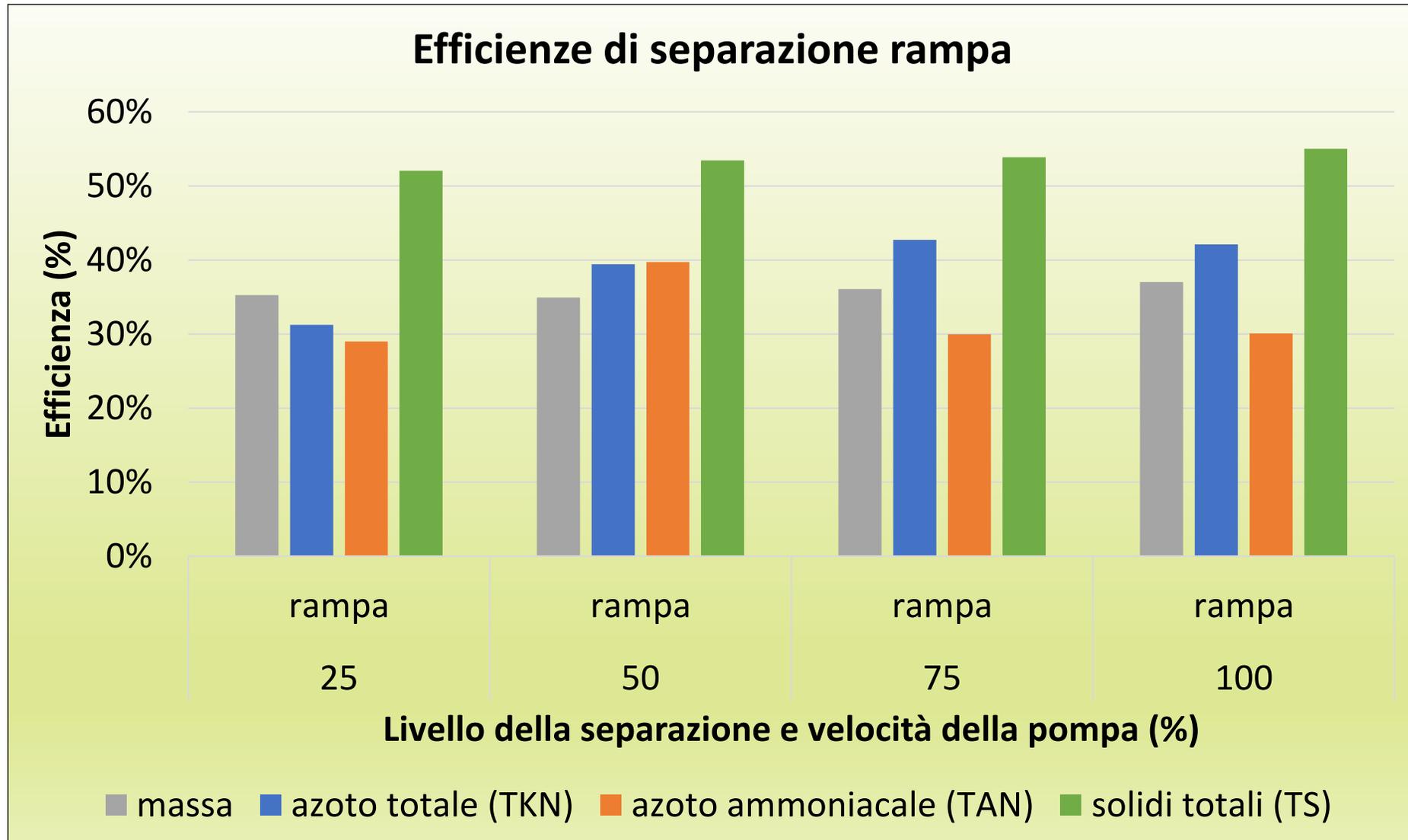
- 6 punti di prelievo/6 campioni:
 - 1 - digestato tal quale proveniente dalla vasca del digestato e inviato alla rampa di separazione
 - 2 - frazione palabile in uscita dalla rampa di separazione
 - 3 - frazione liquida in uscita dalla rampa di separazione diretta al vibrovaglio
 - 4 - frazione palabile formatasi nel vibrovaglio
 - 5 - frazione liquida in uscita dal vibrovaglio diretta alla vasca del chiarificato
 - 6 - chiarificato inviato alla fertirrigazione
- analisi: azoto totale (TKN); azoto ammoniacale (TAN); pH; conduttività elettrica (EC); solidi totali (TS); solidi volatili (VS)

Analisi di laboratorio dei campioni di digestato

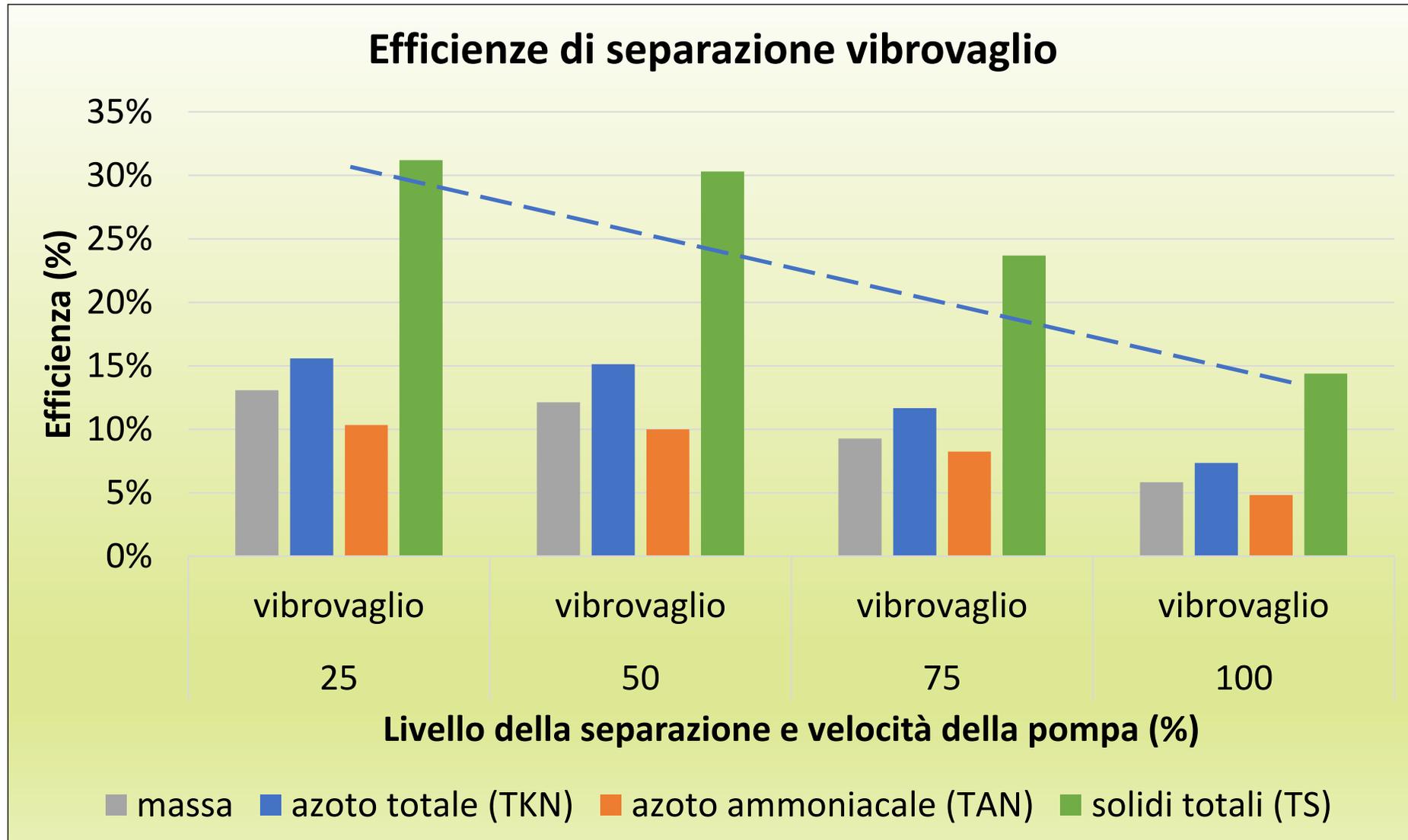
digestato tal quale

	TKN (g/kg)	TAN (g/kg)	pH	EC (mS/cm)	TS (%)	VS/TS (%)
prova 1	3,90	2,85	7,77	40,70	4,23	60,00
prova 2	3,81	2,82	7,86	44,15	2,64	48,54
prova 3	5,33	3,45	7,83	45,96	6,53	67,16

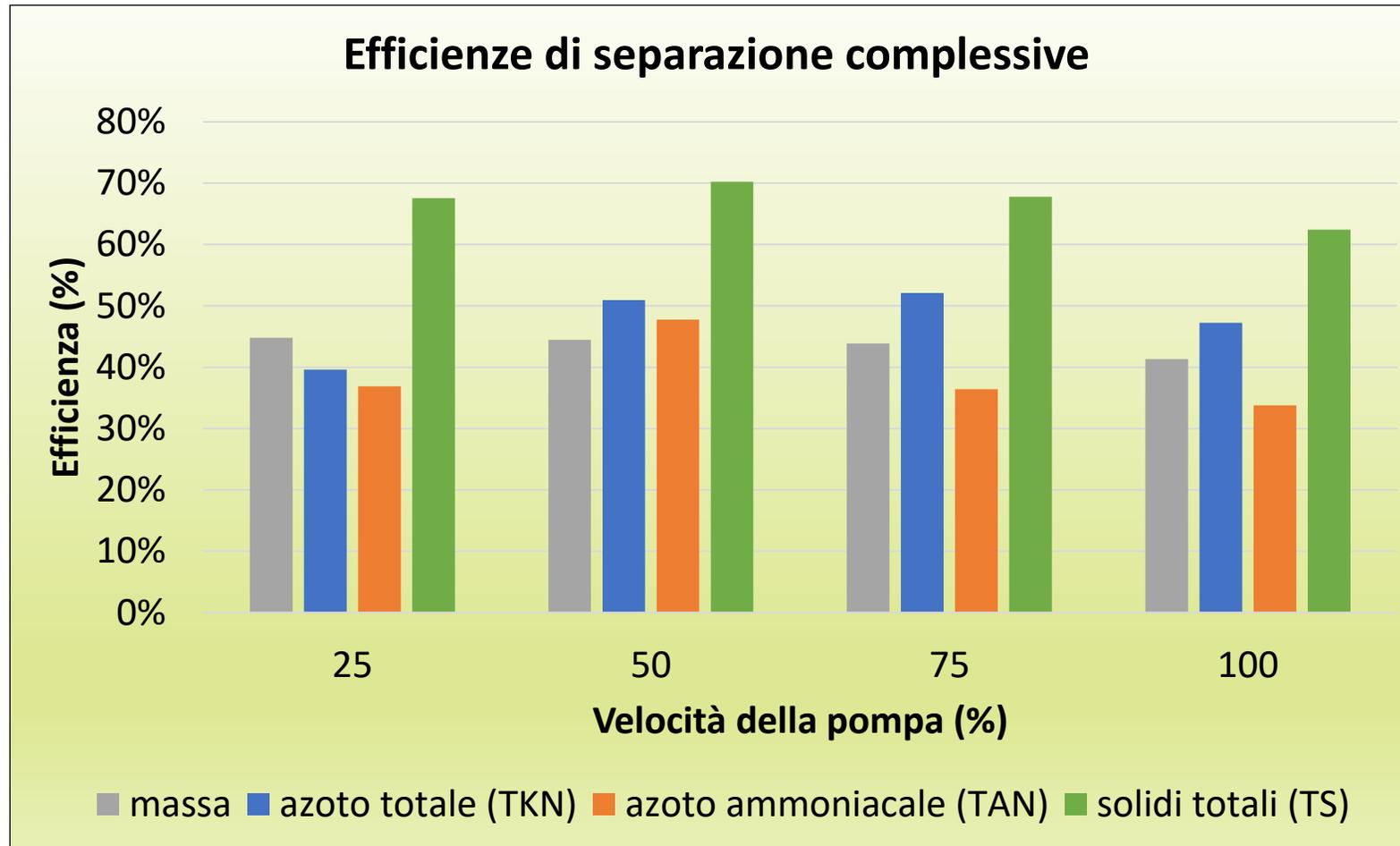
Valutazione delle efficienze della separazione



Valutazione delle efficienze della separazione



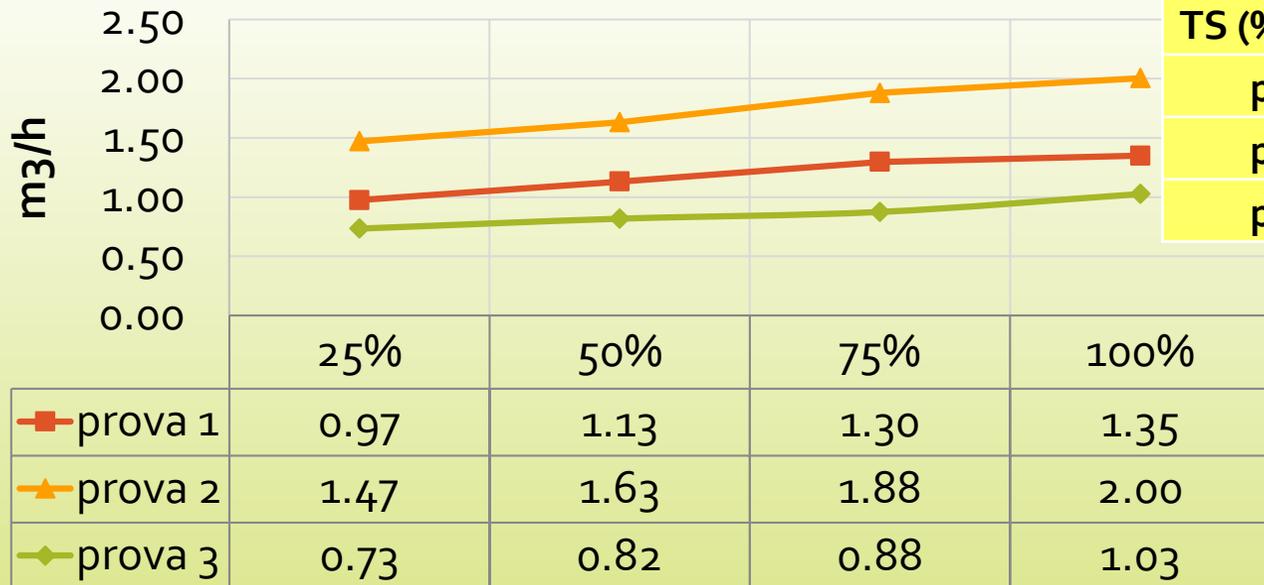
Valutazione delle efficienze della separazione



Mediamente viene rimosso il 44% del volume, il 67% dei solidi, il 47% dell'azoto totale e il 39% di quello ammoniacale

Verifica delle portate

Portate misurate allo scarico nella vasca del chiarificato



TS (%) digestato tal quale	
prova 2	2,64
prova 1	4,23
prova 3	6,53

velocità pompa alimentazione rampa

prova 1 prova 2 prova 3

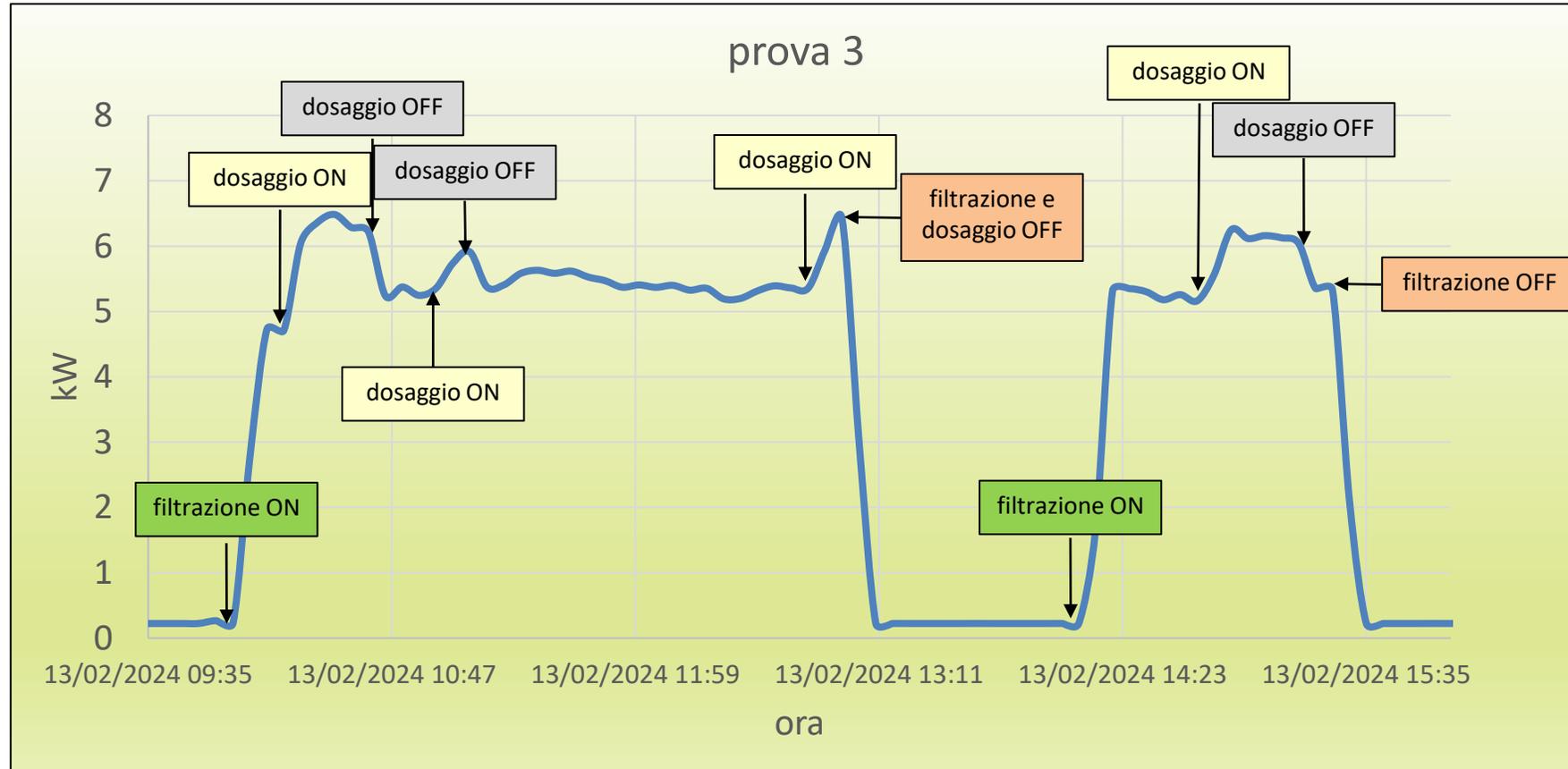
portata 25%/portata 100%

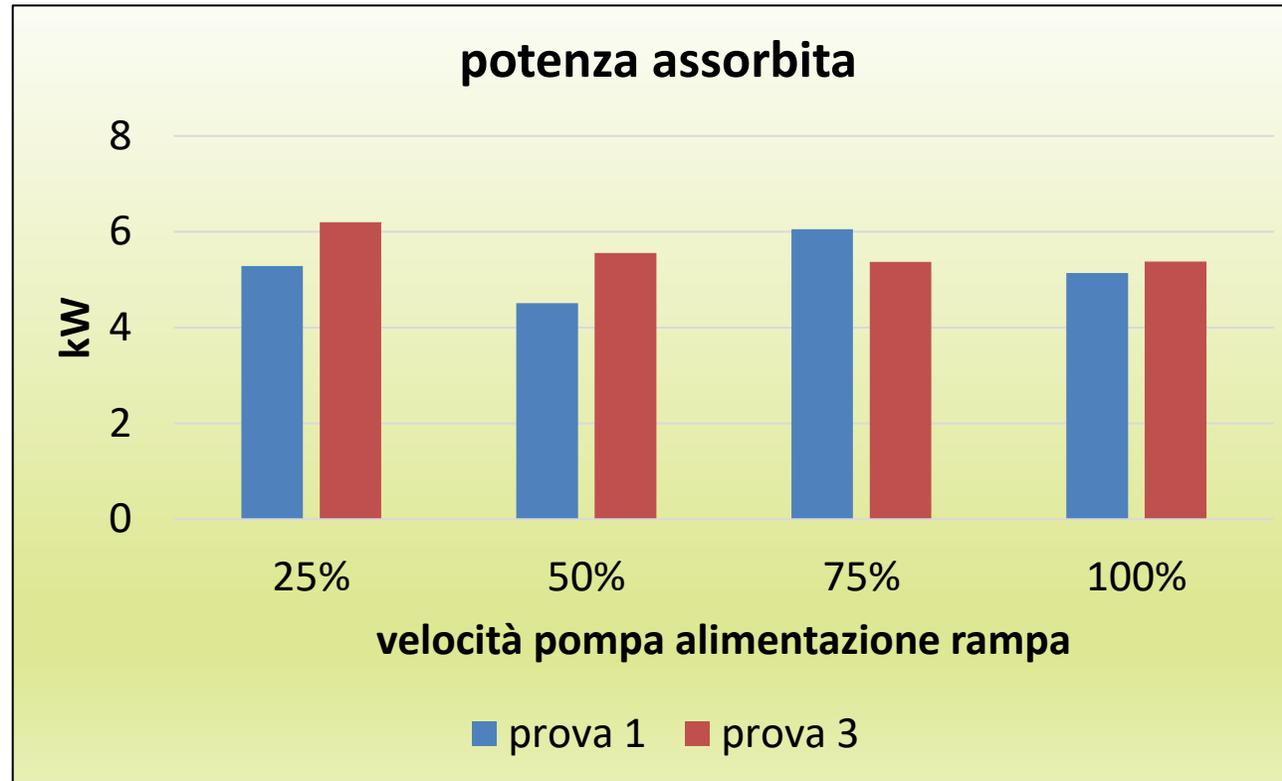
prova 1 72,20%

prova 2 73,41%

prova 3 71,54%

Valutazione dei consumi energetici





portate da 0,73
a 1,35 m³/h

TKN medio
4,615 kg/m³

	Potenza	Consumo	Consumo
	kW	kWh/m ³	kWh/kg di N
Filtrazione	5,3	5,1	1,11
Dosaggio	0,9	0,9	0,19



GAL Terre del Po



Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento del FEASR

Responsabile dell'informazione: Azienda Agricola Galli di Fabrizio e Galli Matteo S.s.

Autorità di Gestione del Programma: Regione Lombardia

Riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra e di ammoniacale nella gestione degli effluenti di allevamento

- Giorgio Mario Provolo : giorgio.provolo@unimi.it
- Omar Ferrari : omar.ferrari@unimi.it
- Elena Beretta: elena.beretta5@studenti.unimi.it

<https://www.galterredelpo.it/regesa/>