



**Relazione finale progetto Con.Pro.Va.
Connessione della filiera Provolone Valpadana**

**FEASR – Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020
MISURA 16 – “COOPERAZIONE”
SOTTOMISURA 16.1 – “Sostegno per la costituzione e la
gestione dei Gruppi Operativi del PEI in materia di
produttività e sostenibilità dell’agricoltura”
OPERAZIONE 16.1.01 – “Gruppi Operativi PEI”**

Obiettivi del progetto e risultati attesi

Obiettivo principale del progetto è stato quello di fornire una piattaforma innovativa di gestione e valorizzazione dei dati raccolti per un monitoraggio costante dei diversi aspetti della filiera Provolone Valpadana DOP, al fine di ottimizzare la sostenibilità economica, ambientale, sociale.

A tal fine, il progetto, articolato come previsto dal bando regionale in tre sotto progetti (Coordinamento, Innovazione, Trasferimento dei risultati), ha avuto al centro dell'attività, in una prima fase, uno studio a fini applicativi dei consumi idrici ed energetici in tre aziende agro zootecniche e nel caseificio cui esse conferiscono. In una seconda fase, i dati raccolti sono stati fatti confluire automaticamente, con un sistema digitalizzato, in un database relazionale che consente l'estrazione dei dati in funzione delle esigenze e della successiva loro analisi statistica. Nella fase di trasferimento dei risultati, sia durante eventi dimostrativi presso le aziende agro-zootecniche e presso il caseificio, sia durante convegni, sono state espone la struttura del database e le principali elaborazioni statistiche che è stato possibile realizzare.

SOTTO PROGETTO COORDINAMENTO (A)

1° - Il sotto progetto Coordinamento è stato avviato regolarmente sin dal giorno della firma dell'ATS tra i partner, in quanto la prima riunione del Comitato di Progetto si è tenuta nella stessa giornata, il giorno 05 Aprile 2023 alle ore 11, presso la sede del Consorzio.

2° - 17/04/2023 – Sopralluogo aziende agricole

3° - 28/09/2023 - Riunione presso la sede della Latteria Ca' de' Stefani a Vescovato.

4° - 08/04/2024 – Riunione presso il Consorzio

5° - 28/11/2024 – Riunione presso latteria Ca' de' Stefani

6° - 20/02/2025 – Riunione presso il Consorzio

SOTTO PROGETTO INNOVAZIONE (B)

Come prima cosa, è stata esposta la logica dei sensori collocati presso le aziende agro-zootecniche e presso il caseificio. Si è poi passati ad esaminare le specificità di ciascuna delle tre aziende agro zootecniche soprattutto in termini di scelte di zootecnia di precisione e sistema di alimentazione delle bovine, valutando le relazioni che tale sistema ha con il territorio.

Introduzione ai concetti guida del progetto

Il progetto nasce dalla volontà di iniziare a quantificare, mediante misurazioni rese possibili dalla attuale sensoristica disponibile sul mercato, e non più a stimare indirettamente gli aspetti connessi alla disponibilità e al consumo idrico e di energia elettrica nella filiera del Provolone Valpadana DOP, partendo dal campo, mediante monitoraggio delle condizioni idriche del suolo (si veda **Figura 1**), passando dall'azienda agro-zootecnica rilevando l'intreccio che, nelle varie operazioni di gestione della mandria e soprattutto nella mungitura (**Figura 2**) si ha nei consumi idrici e di energia elettrica per l'ottenimento dell'unità di prodotto (il kilogrammo di latte), per estendere (per la prima volta) tale valutazione a tutta la filiera passando per la fase di trasformazione casearia, per la quale poco si sa nello specifico di questa DOP, ma vi è la possibilità di valutarne le prestazioni in un quadro di riferimento di indicatori di prestazione suggeriti da Autori italiani, come nel caso riportato in **Figura**

3 ricavato da Misericocchi et al. (2024), dove si vede l'importanza dell'economia di scala da un lato (l'aumento della quantità di latte lavorato e di formaggio prodotto hanno una ricaduta positiva sull'abbassamento del consumo energetico per unità di riferimento) e dall'altro lato si apprezza come la possibilità di ridurre le temperature a cui si opera, contribuisca nella stessa direzione.



Figura 1. Esempi di rappresentazione grafica del monitoraggio dell'umidità del suolo in due aziende partecipanti al progetto CONPROVA.

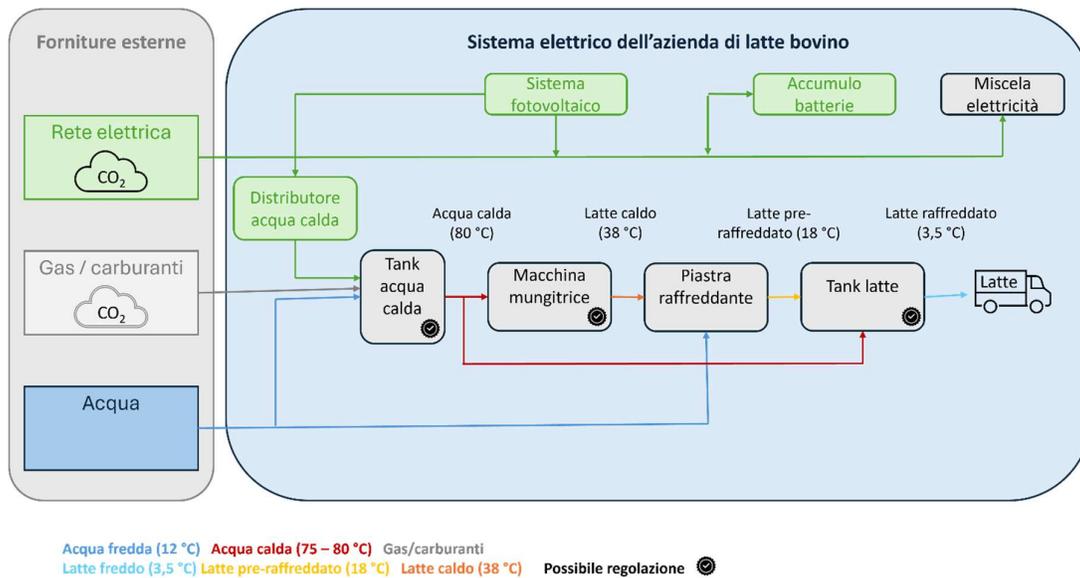


Figura 2. Rappresentazione schematica di come energia elettrica e consumi idrici si incontrano e intersecano in diversi punti del sistema di raccolta del latte (adattato da Buckley et al., 2024).

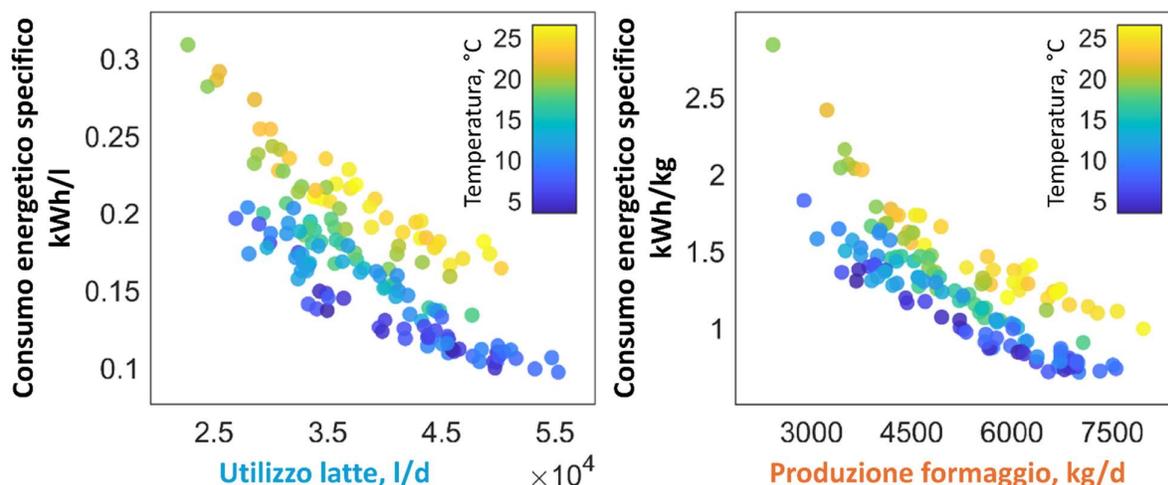


Figura 3. Andamento di un indicatore di efficienza energetica (consumo energetico specifico, SEC) rapportato all'utilizzo di latte (a sinistra) e alla produzione di formaggio (a destra) come rilevato in uno studio su DOP casearie toscane (adattato da Miserocchi et al., 2024).

Sistemi alimentari adottati negli allevamenti partner

Nelle tre aziende agro-zootecniche le diete impiegate sono state caratterizzate, come ammesso dal disciplinare del Provolone Valpadana DOP, dalla presenza di insilato di mais quale foraggio base.

A titolo di esempio, si riporta in **Tabella 1** una razione, rappresentativa del periodo monitorato, per ciascuno dei tre allevamenti.

Come prima cosa, notiamo il ruolo fondamentale del silomais nella produzione di latte per Provolone Valpadana DOP. La seconda componente foraggera è l'erba medica, conservata come fieno o fieno-silo. Il legame con il territorio, quindi, vede un dualismo dal punto di vista del rapporto con la disponibilità idrica: da un lato, il silomais è alla base del sistema alimentare, dando per scontata la disponibilità di un sistema irriguo che può ancora far fronte alle esigenze estive di questa coltura (comunque ancora oggi la più efficiente nell'uso di acqua per la produzione di sostanza secca); dall'altro lato, l'erba medica che, oltre a garantire una eccellente qualità dell'apporto proteico realizzabile con una foraggera prativa, risulta l'essenza maggiormente in grado di far fronte a problemi di scarsa disponibilità idrica grazie al proprio apparato radicale (oltre che ad una importante azione di miglioramento genetico condotto nei decenni recenti).

Tuttavia, dato per scontato il rispetto della provenienza del foraggio dal territorio di produzione della DOP, mentre l'erba medica vede ripartito più nel corso dell'anno, su diversi tagli, il livello di rischio per problemi di carenza idrica (quindi, si tratta di un problema tutto sommato meno condizionante di quello che si ha per il silomais), nel caso dell'ottenimento del trinciato integrale di mais da insilare, il monitoraggio (e la conseguente consapevolezza) del rischio nel periodo primaverile-estivo per la reale disponibilità di acqua nel suolo è decisamente più importante. Questo è tanto più vero se si considera come nelle tre aziende partner del progetto la quota di sostanza secca della razione derivante da tale foraggio vari dal 29 al 36%.

Tabella 1. Esempi rappresentativi delle diete adottate nei tre allevamenti partner del progetto CONPROVA

Azienda	Alimento	kg tal quale/capo	kg di sostanza secca nella razione	% ss razione
Filippini, gruppo robot	silomais	23,0	8,0	35
	Erba medica fieno-silo	5,0	3,2	13
	Erbaio fieno	2,0	1,8	8
	Erbaio fieno-silo	1,3	0,8	3
	Mix mais:soia (75/25)	6,2	5,5	24
	Nucleo	4,4	3,9	17
			23,2	100
Filippini, gruppo sala	silomais	23,0	8,0	36
	Erba medica fieno-silo	5,5	3,5	16
	Erbaio fieno-silo	2,0	1,3	6
	Mix mais:soia (75/25)	6,5	5,7	26
	Nucleo	4,2	3,7	16
				22,2
Monico	silomais	25,0	8,1	29
	Erba medica fieno-silo	2,5	1,6	6
	Erba medica fieno	2,0	1,8	7
	Frumento fieno-silo	4,0	2,2	8
	Miscela cereali	6,4	5,6	20
	Soia farina estrazione	3,2	2,8	10
	Concentrato commerciale	5,0	4,4	16
	Melasso	0,8	0,6	2
	Grassi e integratori vitaminico-minerali	0,5	0,5	2
				27,6
Stradiotti	silomais	25,0	7,9	30
	Loiessa insilato	5,0	1,9	7
	Erba medica silo	1,5	1,4	5
	Erba medica fieno	1,0	0,9	3
	Mix mais granella fioccato	7,0	6,1	23
	Concentrato commerciale	3,8	3,4	13
	Soia farina estrazione	2,2	1,9	7
	Girasole decorticato	1,5	1,3	5
	Melasso	1,4	1,1	4
	Grassi e integratori vitaminico-minerali	0,9	0,7	3
			26,6	100

I sensori

Nell'ottica di monitorare la componente idrica a partire dalla componente agronomica, sono stati selezionati sensori per la rilevazione dello stato idrico dei suoli nelle tre aziende. La scelta è caduta

sul sistema X-Farm che, oltre alla fornitura e installazione dei sensori stessi, fornisce una piattaforma digitale per seguire lo stato dei valori registrati in campo.

Per un corretto monitoraggio (e sempre tenendo conto degli aspetti finanziari del progetto stesso), si è deciso di installare una postazione per azienda, ad eccezione dell'azienda Filippini per la quale, considerata la sua estensione, è risultata opportuna l'installazione di due postazioni.

Nelle **Figure da 4 a 6** si riportano alcune schermate del sistema, dalle quali è possibile rilevare sia la condizione di umidità presente nei suoli, sia le condizioni meteo.

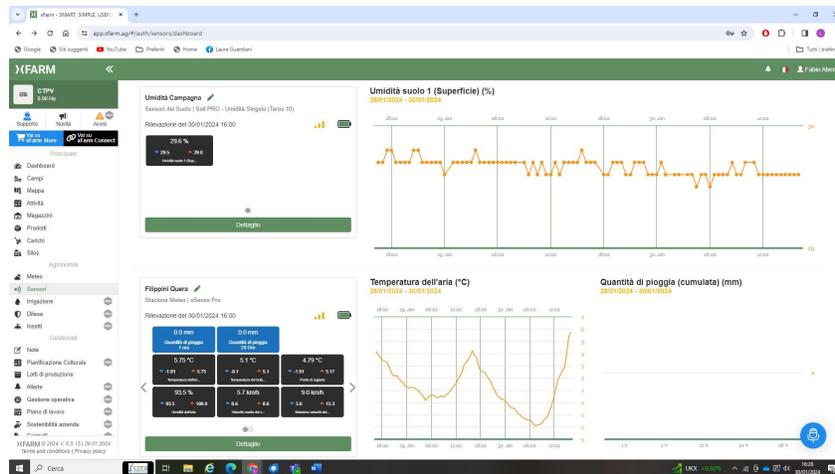


Figura 4. Rilevatore di campo per umidità del suolo e dati meteo azienda Filippini campo Quera.

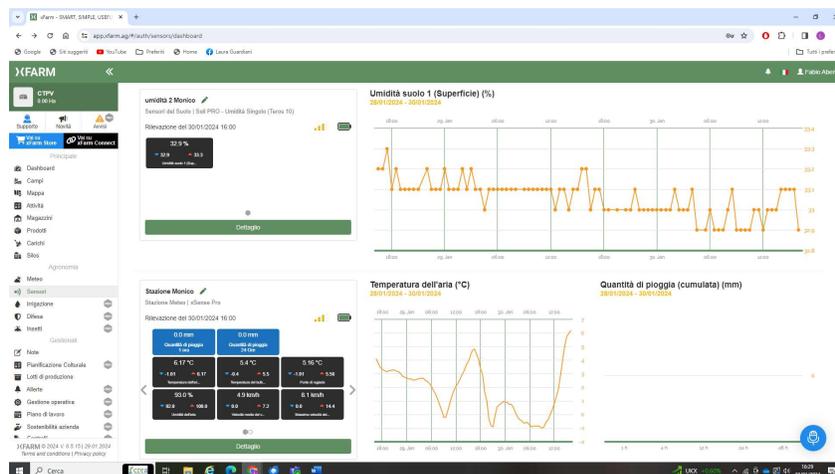


Figura 5. Rilevatore di campo per umidità del suolo e dati meteo azienda Monico.

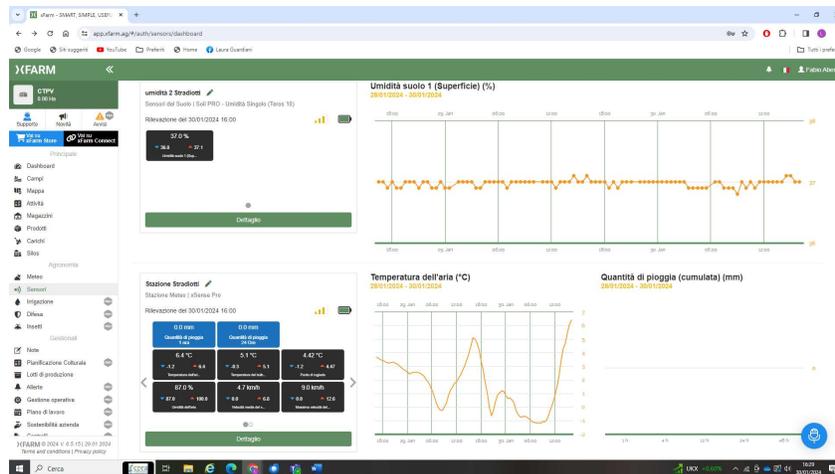


Figura 6. Rilevatore di campo per umidità del suolo e dati meteo azienda Stradiotti.

Dimensionamento del sistema di rilevazione dei consumi di energia elettrica ad hoc per ciascun allevamento in funzione delle caratteristiche aziendali e dei principali impieghi di energia elettrica in azienda

Al fine di selezionare il fornitore che contemporaneamente rispondesse ai requisiti di convenienza economica e, al contempo, fosse in grado di rispondere alle esigenze tecniche previste dal progetto per poter monitorare i consumi di energia elettrica e acqua nelle aziende, sono stati organizzati più sopralluoghi nei quali Consorzio e CREA hanno guidato la ricognizione dei punti in cui campionare i suddetti consumi.

Mentre per i consumi idrici si è valutato sufficiente il controllo della quantità globale consumata in azienda (al netto di eventuali impieghi per le abitazioni del proprietario e dei dipendenti), si è ritenuto opportuno, dati i vincoli del finanziamento, monitorare da un lato l'elemento principale di consumo legato alla produzione di latte, rappresentato dal sistema di mungitura e dai relativi impianti di raffreddamento/riscaldamento, mentre dall'altro lato si è cercato di cogliere, ove possibile, la particolarità di ciascuna allevamento, a partire dalla gestione delle vitelle.

Ad oggi, è stata completata l'installazione della sensoristica negli allevamenti. A titolo di esempio, nelle **Figure da 7 a 9**, si riportano le immagini di tre installazioni (una per azienda).



Figura 7. Rilevatore consumi idrici (Azienda Stradiotti).

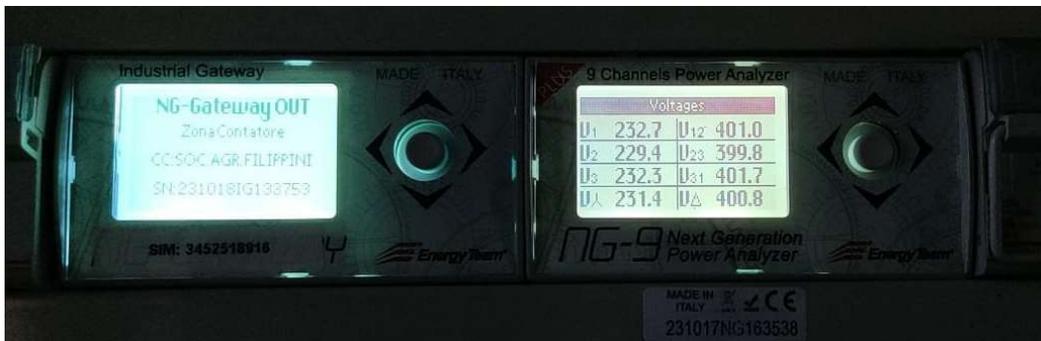


Figura 8. Rilevatore consumi elettrici (Azienda Filippini).



Figura 9. Rilevatore consumi elettrici (Azienda Monico).

Dimensionamento del sistema di rilevazione dei consumi di energia elettrica ed idrici per caseificio

La progettazione del sistema di rilevazione dei consumi di energia elettrica nel caseificio è risultata abbastanza agevole avendo già una preimpostazione che Latteria Ca de Stefani aveva predisposto sin dalle prime fasi di ideazione del progetto. Per questo, ad oggi abbiamo già disponibili le schermate fornite dal sistema per evidenziare l'andamento dei consumi: totali negli ultimi sette giorni (Figura 10), nella giornata divisi per ciascun impiego (Figura 11), globale nel corso dei mesi (Figura 12).

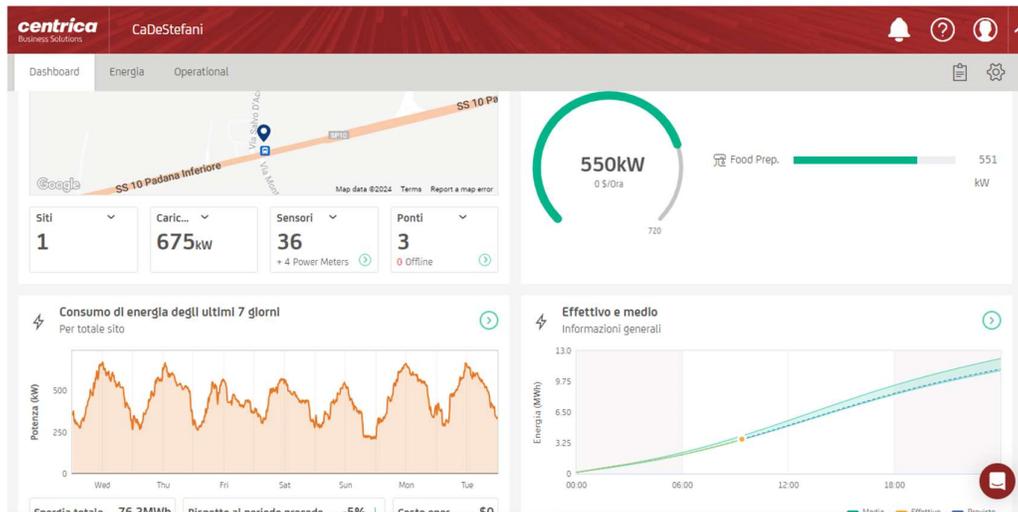


Figura 10. Schermata dei consumi totali di energia elettrica della Latteria Ca de Stefani negli ultimi sette giorni.

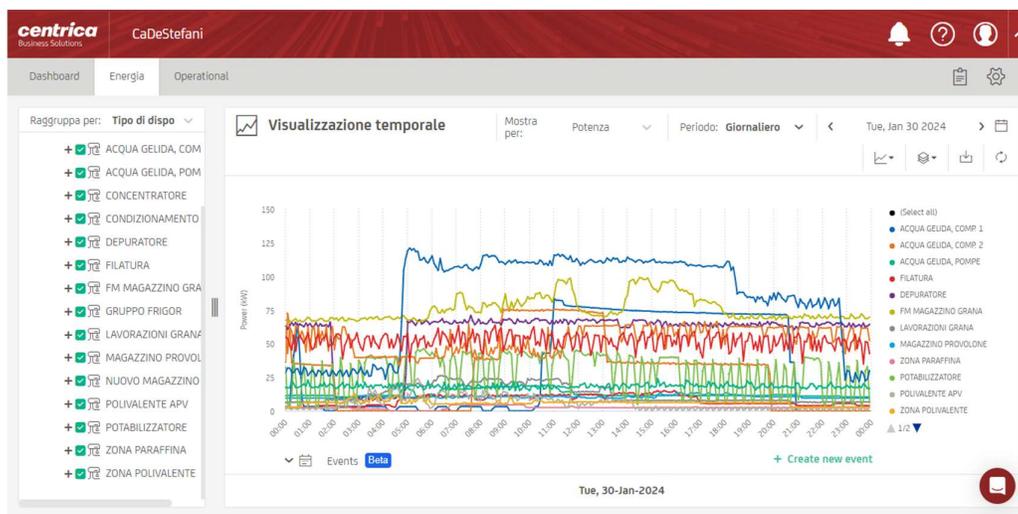


Figura 11. Schermata dei consumi di energia elettrica della Latteria Ca de Stefani nella giornata divisi per ciascun impiego.

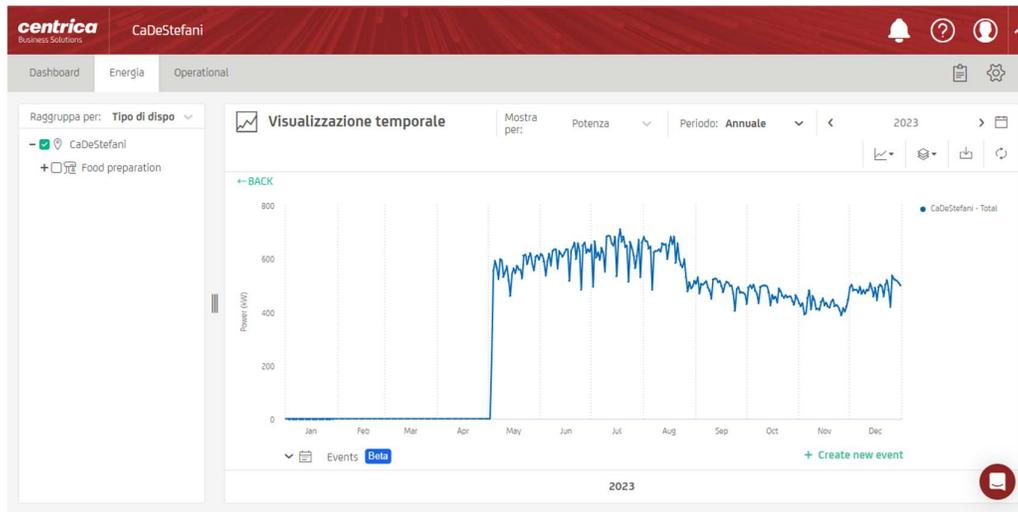


Figura 12. Schermata del consumo globale di energia elettrica della Latteria Ca de Stefani nel corso dei mesi.

Per consentire la rilevazione digitale dei dati provenienti dall'attività dei controlli ufficiali della produttività (sistema SiAlleva, Associazione Italiana Allevatori), sono state raccolte le lettere di consenso da parte degli allevatori per fornire a CREA l'accesso ai dati stessi.

Nel corso delle visite aziendali da parte di Consorzio e CREA, sono stati registrati i cambiamenti nella gestione della mandria, con particolare attenzione all'alimentazione animale. Contestualmente, sono stati censiti i dispositivi in grado di fornire dati in forma digitale per comunicarli alla ditta specializzata per la realizzazione della piattaforma dedicata, affinché fosse predisposta una struttura adeguata alla gestione dei dati stessi. In particolare, si seguono: sistemi associati alla vitellaia; sistemi di mungitura (convenzionali e robotizzati) e relativa impiantistica per raffreddamento/riscaldamento di fluidi; impianti di ventilazione.

Infine, vi sono state interazioni con la ditta specializzata scelta dal Consorzio per la realizzazione del database relazionale per la integrazione e gestione dei dati provenienti dagli allevamenti, sia per quanto riguarda la sensoristica installata nel progetto, sia per eventuali altri dispositivi presenti in allevamento. Il professionista della ditta ha partecipato ad alcuni dei sopralluoghi per prendere visione diretta della complessità e specificità del lavoro.

Sensori rilevazione stato idrico del suolo

Il tipo di sensore usato in tutte le tre aziende agro-zootecniche è tra i più diffusi a livello commerciale ed esprime il risultato dell'umidità del suolo in percentuale volumetrica. Lo scopo principale di tale rilievo nel progetto CONPROVA è stato quello di caratterizzare soprattutto la differente condizione agronomica nei tre siti che, pur essendo tutti nella provincia di Cremona, risentono del differente profilo tessiturale che in tale area si riscontra passando da Nord (azienda Giacinta di Filippini) a Sud (azienda Casal Malombra di Stradiotti e azienda Monico), unitamente alla differente variabilità che il fattore stagionale ha nei diversi ambienti. Questo, come scritto nel Progetto originale, per comprendere meglio la relazione e la compatibilità tra sistema colturale (soprattutto foraggero) possibile e caratterizzazione del prodotto Provolone Valpadana DOP. Per questo, si riportano i valori del profilo giornaliero della umidità del suolo (**Figura 13**) e dei valori per mese (**Figura 14**). Come si vede dal confronto delle tre aziende (ricordiamo che, viste le sue dimensioni, l'azienda Giacinta di

Filippini ha richiesto l'installazione di due sensori) le aziende di Monico e Stradiotti tendono ad avere valori superiori rispetto a quanto registrato dai due sensori presenti nella terza azienda. Questo concorda con il tipo di profilo granulometrico che caratterizza le zone Nord (dove è presente l'azienda Giacinta di Filippini) e quelle della parte centrale (Monico e Stradiotti) della provincia. Per una caratterizzazione più approfondita delle dinamiche idriche di ciascun terreno, sarebbe auspicabile poter comparare sempre i valori della umidità così ottenuta (espressa come percentuale volumetrica, o *Volumetric Water Content VWC*) trasformandoli in grado di saturazione (o *degree of saturation SR*), come indicato da Emamalizadeh et al. (2024).

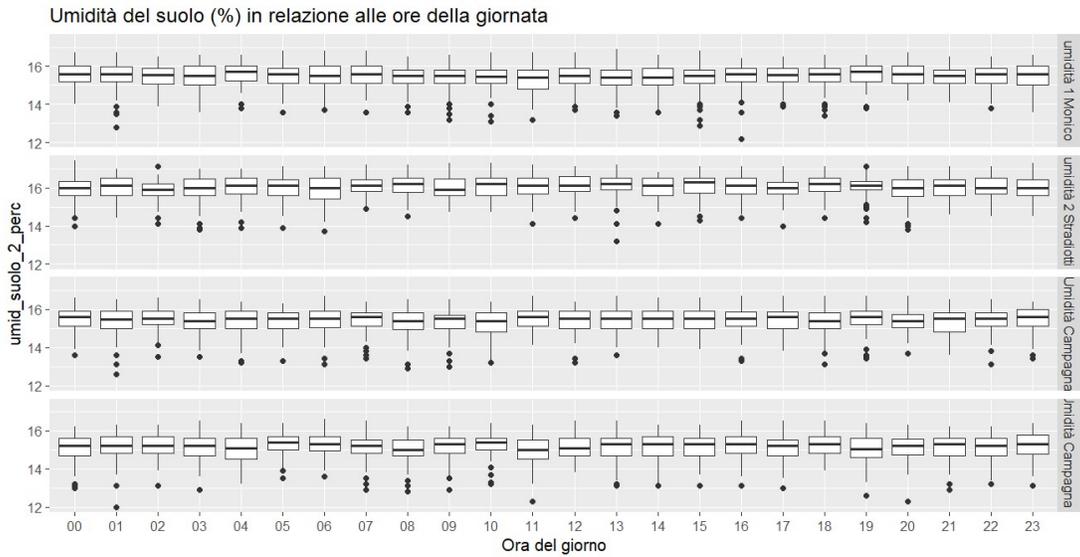


Figura 13. Andamento dell'umidità del suolo registrata nel corso della giornata nelle quattro installazioni realizzate.

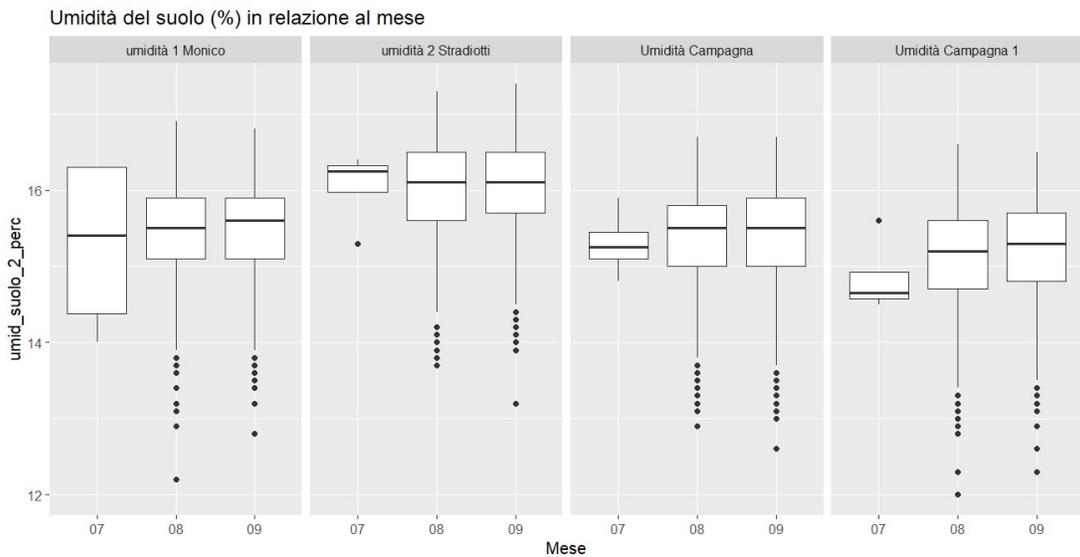


Figura 14. Andamento dell'umidità del suolo in funzione del mese dell'anno 2024 in ciascuna delle quattro installazioni realizzate.

[Acquisizione automatizzata delle produzioni individuali di latte](#)

Grazie alla presenza, in tutte le tre aziende agro-zootecniche, di sistemi di rilevazione automatizzata della produzione di latte a ogni mungitura, mediante sensoristica inclusa nell'impianto di mungitura (sia convenzionale che automatizzato o robotizzato), è stato possibile acquisire le produzioni effettive di ogni bovina a ciascuna mungitura. In prima battuta, tale dato consente, come vedremo, di rapportare i consumi (e i relativi costi) dei fattori produttivi, quali acqua ed energia elettrica, alla effettiva produzione di latte ottenuta a seguito della immissione giornaliera dei fattori produttivi stessi, consentendo la realizzazione di uno degli obiettivi principali del progetto stesso. In seconda battuta, quando il sistema sarà adottato a regime dal Consorzio e dai suoi consorziati (quali la Latteria Ca' de' Stefani), sarà possibile analizzare in continuo le prestazioni produttive di ciascun gruppo di bovine entro ciascun allevamento, consentendo un monitoraggio dettagliato e gli eventuali scostamenti da modelli previsionali potranno essere adottati a scopo di "diagnostica" dell'efficienza aziendale, permettendo anche una evidenziazione tempestiva della insorgenza di problemi di salute e benessere all'interno dei gruppi stessi.

Questo sistema si basa sul salvataggio automatizzato di rapporti ottenuti da ciascun impianto di mungitura, inviati sulla piattaforma digitale realizzata appositamente per il progetto, dalla quale poi vengono estratti i dati necessari, indipendentemente dal tipo di file in cui sono inseriti.

In questo modo, è stato possibile inserire le tabelle ottenute entro un database relazionale che gestisce anche le tabelle dei rapporti derivanti dalla sensoristica di vario genere (in primo luogo, relativa ai consumi idrici e di energia elettrica) presente in azienda.

Immagini delle sale di mungitura e robot delle tre aziende (Figure 15-18)

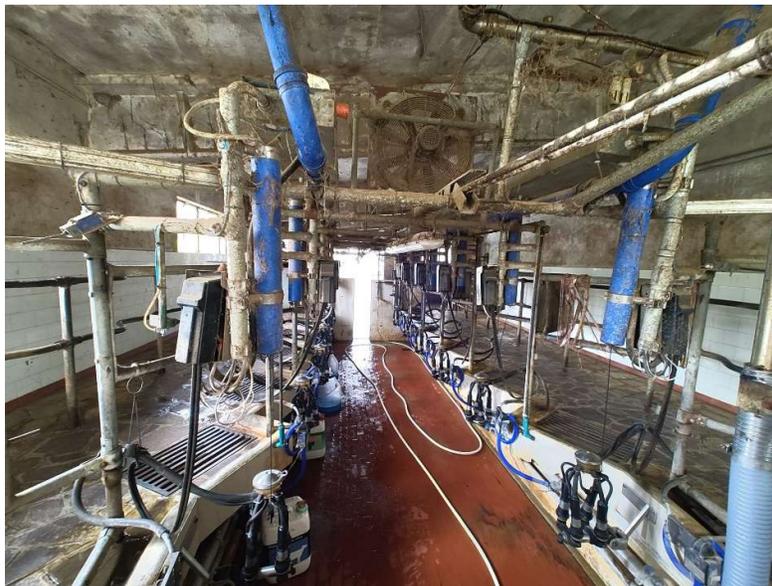


Figura 15. Immagine della sala di mungitura presente nell'allevamento dell'azienda Filippini.



Figura 16. Immagine di una delle unità di mungitura automatizzata presenti nell'allevamento dell'azienda Filippini.



Figura 17. Immagine della sala di mungitura presente nell'allevamento dell'azienda Monico.



Figura 18. Immagine della sala di mungitura presente nell'allevamento dell'azienda Stradiotti.

Sensori consumi idrici ed elettrici

Aziende agro-zootecniche. I sensori dei consumi idrici sono stati installati in misura di uno per azienda, ad eccezione dell'azienda Monico, per la quale è stato necessario acquisire dati da due pozzi differenti. Tale assetto è stato valutato essere idoneo e funzionale per una valutazione che inglobi tutti i consumi idrici del centro aziendale rivolti all'allevamento per la produzione di latte. Tali valori ci forniscono quello che in termini tecnici, nella valutazione dei consumi idrici, viene indicato come "acqua blu".

I sensori per il rilevamento dei consumi elettrici sono stati installati, vista la quantità limitata a disposizione, dando la priorità a quelle che sono le principali voci di consumo anche al fine di avere elementi di comparabilità tra le aziende stesse. Di conseguenza, sono stati privilegiati gli impianti di mungitura e gli annessi impianti per il raffreddamento del latte, ai quali si sono aggiunti, in ogni azienda, elementi di particolare interesse non necessariamente riscontrabili nelle altre aziende (ad esempio, sistemi di ventilazione o sistemi legati alla tutela del benessere delle bovine da rimonta).

Caseificio. A livello di caseificio, è stato possibile riportare il consumo idrico totale del caseificio al kg di latte lavorato. Nel caso dei consumi di energia elettrica, è stato possibile rilevare un maggiore dettaglio corrispondente ad alcune fasi di questo tipo di trasformazione casearia.

Principali risultati relativi ai rilievi nelle aziende agro-zootecniche

Le rappresentazioni grafiche delle principali analisi statistiche condotte sono state essenzialmente attraverso box plot per poter apprezzare gli andamenti e la variabilità dei dati in funzione dell'ora del giorno, del giorno della settimana (importante soprattutto ai fini della valutazione di aspetti di organizzazione del lavoro) e del mese (ovviamente quale indicatore dell'effetto dell'andamento climatico stagionale) e la realizzazione, a scopo soprattutto di supporto alla gestione, di carte di controllo statistico di processo.

Partiamo dai dati, da valutare separatamente rispetto a quelli degli altri impianti di mungitura, provenienti dal sistema automatizzato di mungitura installato presso l'azienda Giacinta di Filippini (**Figura 19**). Come prima cosa, si nota che il valore scende gradualmente dal mese di dicembre 2024 al mese di maggio 2025. I valori sono coerenti con quanto presente nella scarsa bibliografia scientifica, anche se tende a collocarsi ai limiti superiori. Passando a esaminare il consumo di energia elettrica attribuibile alla mungitura per unità di prodotto, vediamo il caso dell'azienda Monico (**Figura 20**). Anche in questo caso, si evidenzia un valore alto in termini di kWh/kg di latte. Tale valore risulta abbastanza stabile nel periodo considerato (dicembre 2024 – maggio 2025). All'estremo opposto abbiamo il risultato dell'azienda Stradiotti (**Figura 21**) che, pur relativamente stabile nel tempo, probabilmente si riferisce al solo consumo della macchina mungitrice, al netto di ogni altro servizio collegato all'impianto di mungitura. Pertanto, tali valori vanno presi con prudenza.

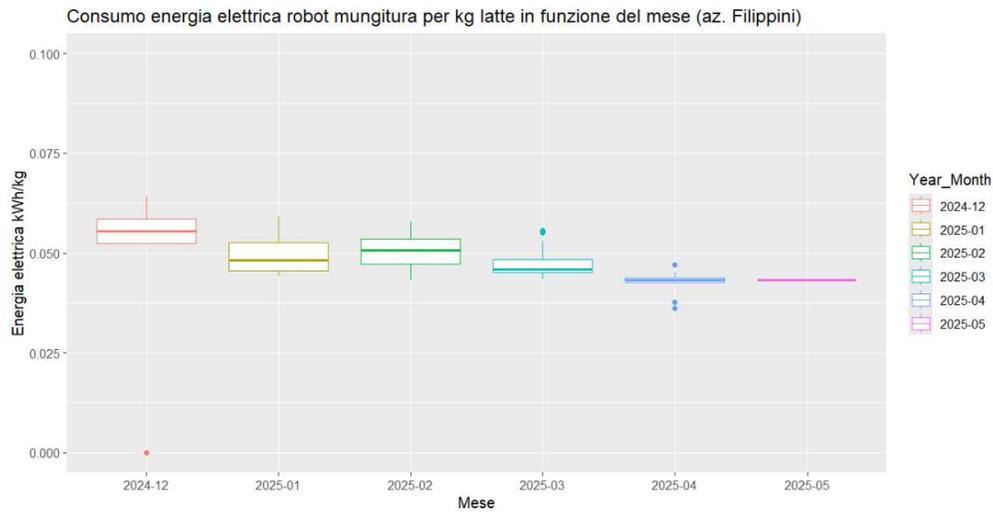


Figura 19. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema automatizzato di mungitura in funzione del kg di latte prodotto (azienda Giacinta di Filippini).

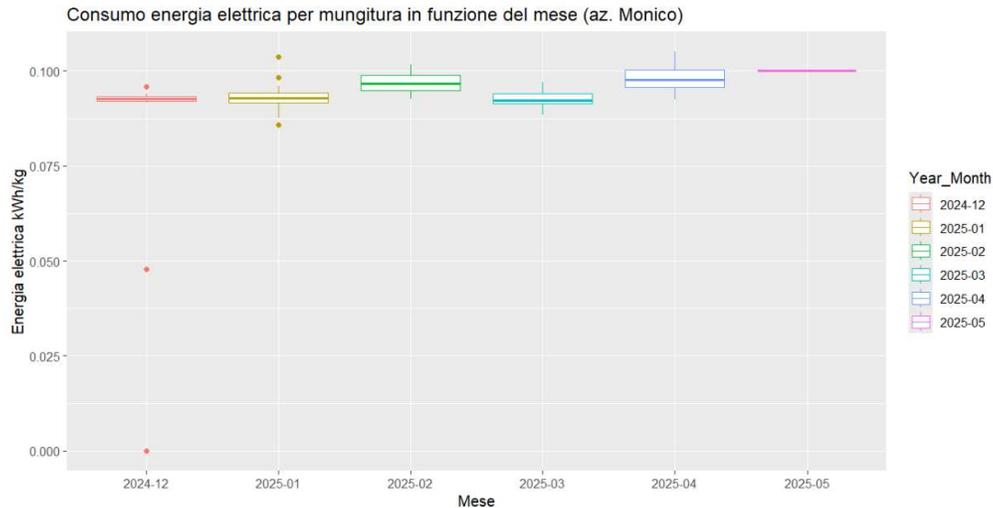


Figura 20. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema di mungitura convenzionale in funzione del kg di latte prodotto (azienda Monico).

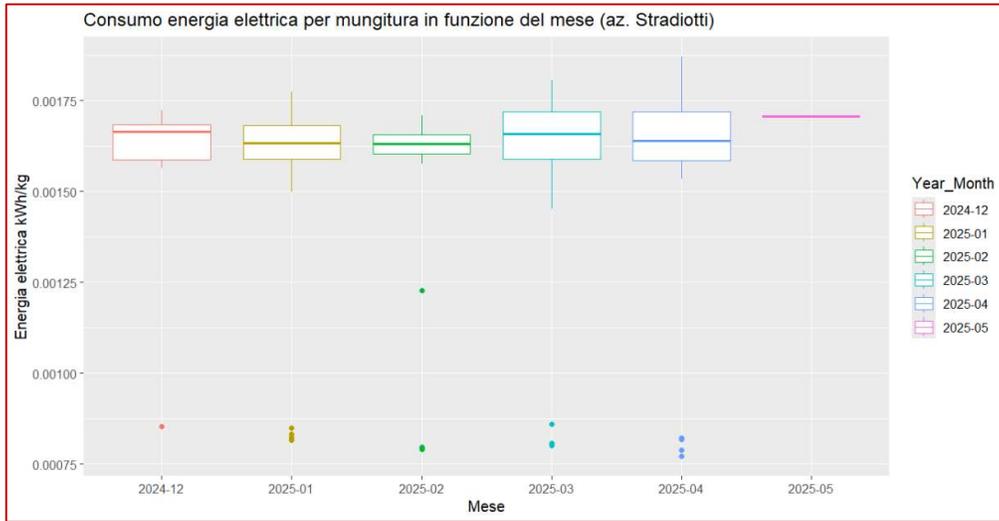


Figura 21. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema di mungitura convenzionale in funzione del kg di latte prodotto (azienda Stradiotti).

Di seguito, si riportano i grafici relativi ai rilievi su una delle voci che maggiormente pesano sui consumi di energia elettrica nella produzione di latte: il sistema di raffreddamento. Per ogni azienda, si riporta l'andamento del consumo complessivo, seguito dal peso che tale consumo ha sulla effettiva unità di prodotto (kg di latte) cui fa riferimento. In **Figura 22** si nota una riduzione del consumo di energia per il raffreddamento del latte a partire dal mese di febbraio 2025 nell'azienda Filippini. Tale riduzione non è dovuta a variazioni nella quantità di latte da refrigerare in quanto, come riportato in **Figura 23**, lo stesso andamento si riflette nella attribuzione del consumo energetico per kg di latte prodotto. La spiegazione di questa variazione risiede probabilmente in un intervento di manutenzione e/o rinnovo di alcune componenti dello stesso sistema di refrigerazione. Valori comparabili, soprattutto quando rapportati all'unità di prodotto, sono stati rilevati nell'azienda Monico (**Figure 24 e 25**). Diversamente, nell'azienda Stradiotti (**Figure 26 e 27**) si ha un consumo decisamente minore per la fase di refrigerazione del latte.

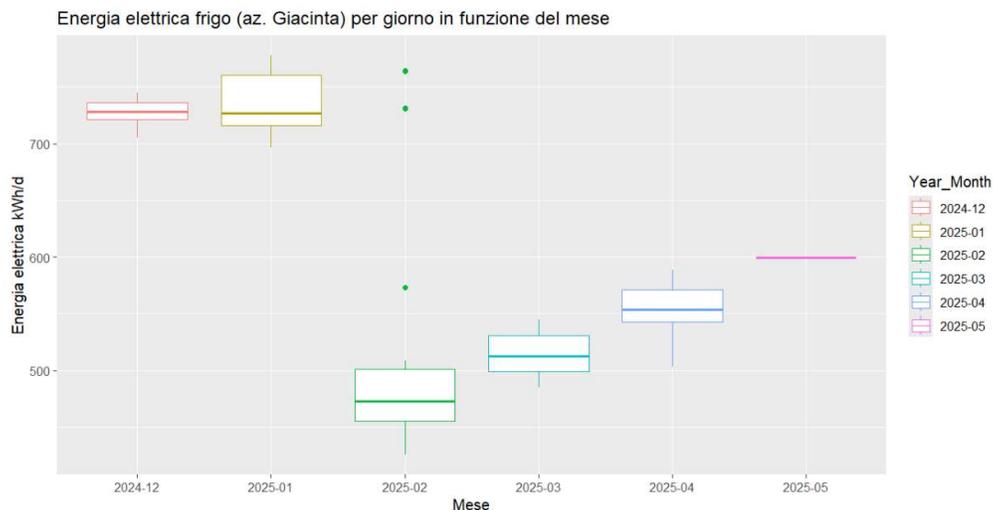


Figura 22. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per il raffreddamento del latte in funzione dei mesi dell'anno (azienda Giacinta di Filippini).

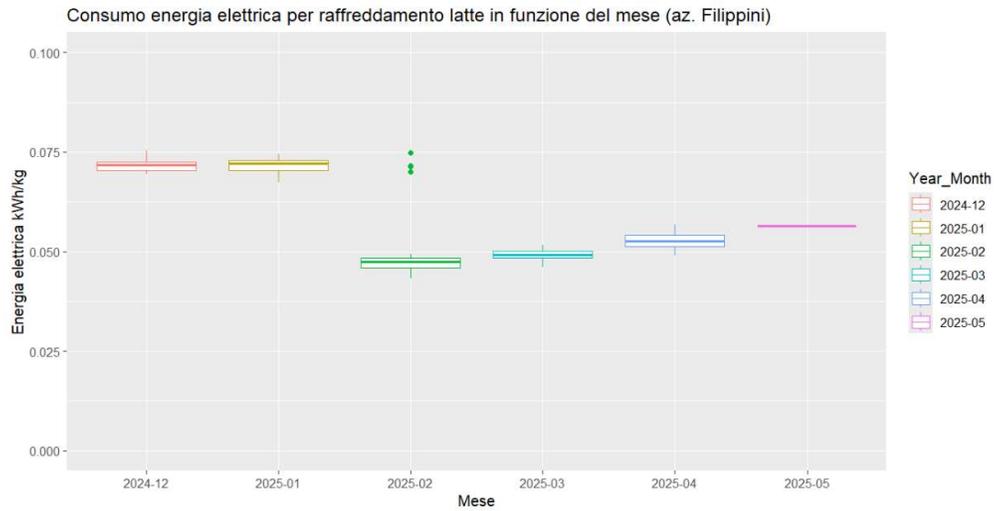


Figura 23. Andamento del consumo di energia elettrica per il raffreddamento del latte per unità di prodotto (kg latte) in funzione dei mesi dell'anno (azienda Giacinta di Filippini).

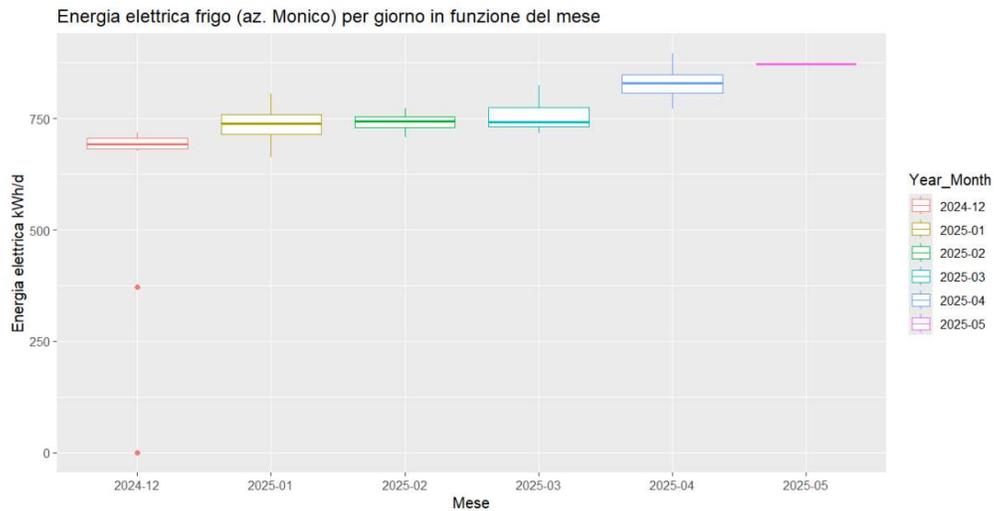


Figura 24. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per il raffreddamento del latte in funzione dei mesi dell'anno (azienda Monico).

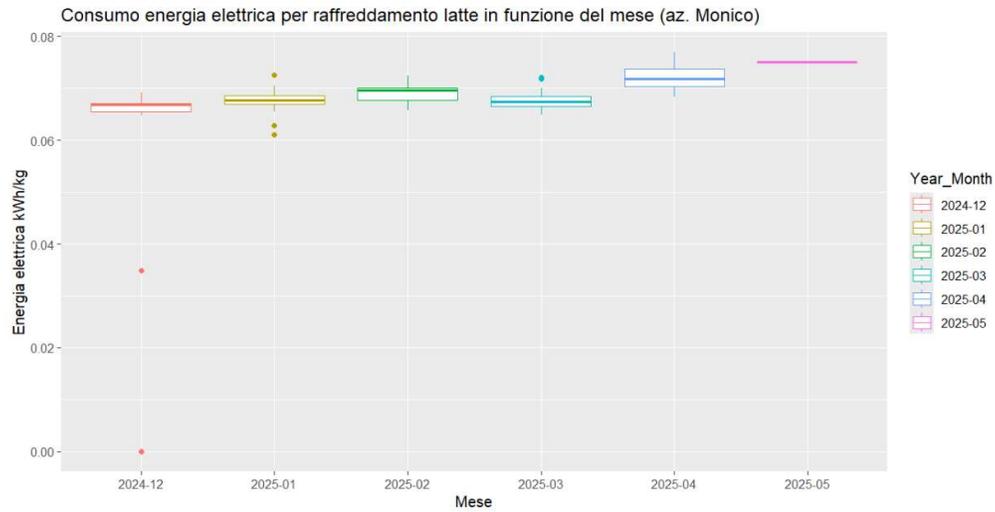


Figura 25. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per il raffreddamento del latte per unità di prodotto (kg latte) in funzione dei mesi dell'anno (azienda Monico).

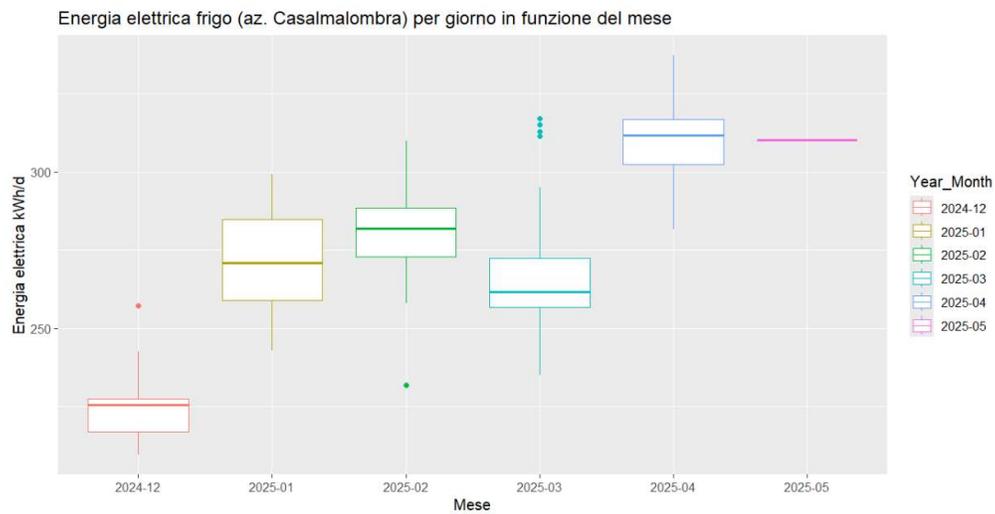


Figura 26. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per il raffreddamento del latte in funzione dei mesi dell'anno (azienda Casalmalombra di Stradiotti).

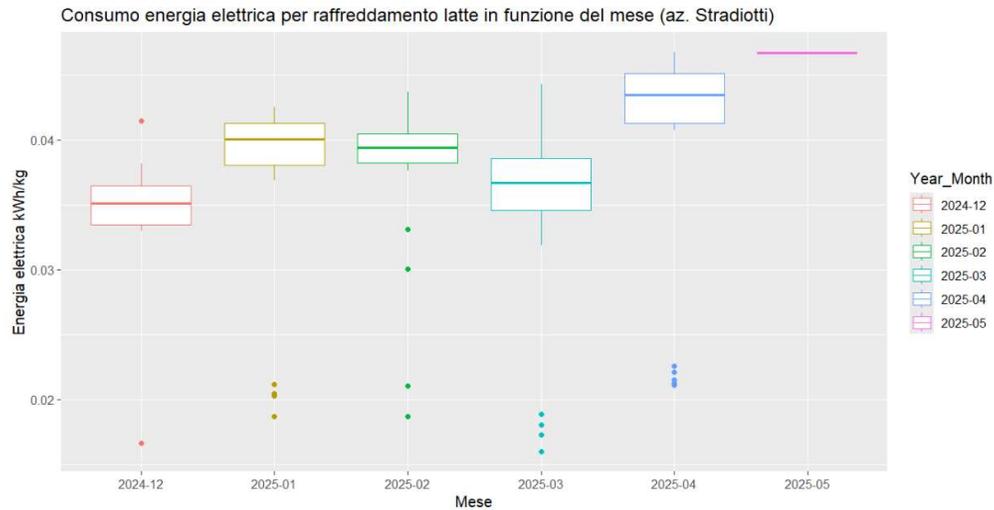


Figura 27. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per il raffreddamento del latte per unità di prodotto (kg latte) in funzione dei mesi dell'anno (azienda Casalmalombra di Stradiotti).

Principali risultati derivanti dal monitoraggio del caseificio

Dalla **Figura 28**, relativa al consumo totale di energia elettrica rapportato al kg di latte lavorato, emerge chiaramente come la dinamica di organizzazione della produzione all'interno del caseificio rappresenti un elemento importante da considerare soprattutto per le ricadute che può avere nella determinazione di impatto ambientale e costo per unità di materia lavorata. Nella **Figura 29** si riporta la scomposizione del consumo di energia elettrica per kg. di latte lavorato nelle principali voci di lavorazione, dalla quale emerge come il condizionamento termico degli ambienti rappresenti la gran parte del consumo durante le varie fasi della lavorazione stessa. Per questo, al fine di poter mettere meglio in risalto anche il ruolo di ciascuna delle altre voci, riportiamo in **Figura 30** l'andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per kg di latte lavorato ripartito per ciascuna fase monitorata, a seguito di esclusione del condizionamento termico degli ambienti. Da questo grafico emerge l'importanza di quella che è una fase specifica del processo di produzione del Provolone Valpadana DOP: la filatura. Un ruolo importante è rivestito anche dalla gestione delle attività di magazzino.

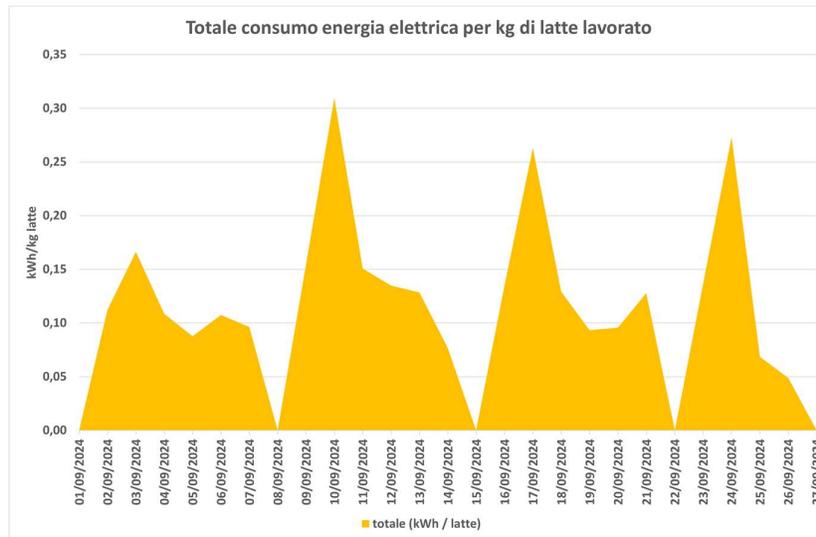


Figura 28. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per kg di latte lavorato.

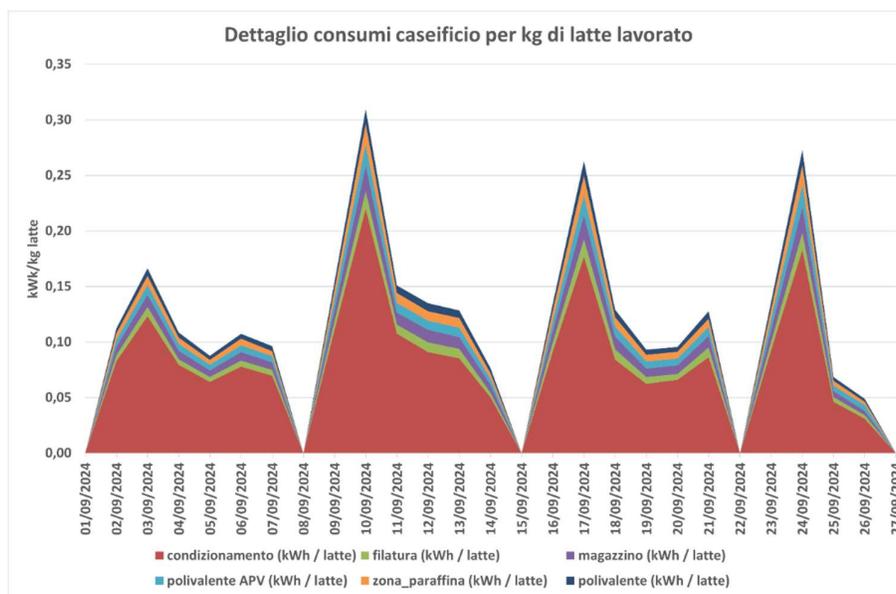


Figura 29. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per kg di latte lavorato ripartito per ciascuna fase monitorata.

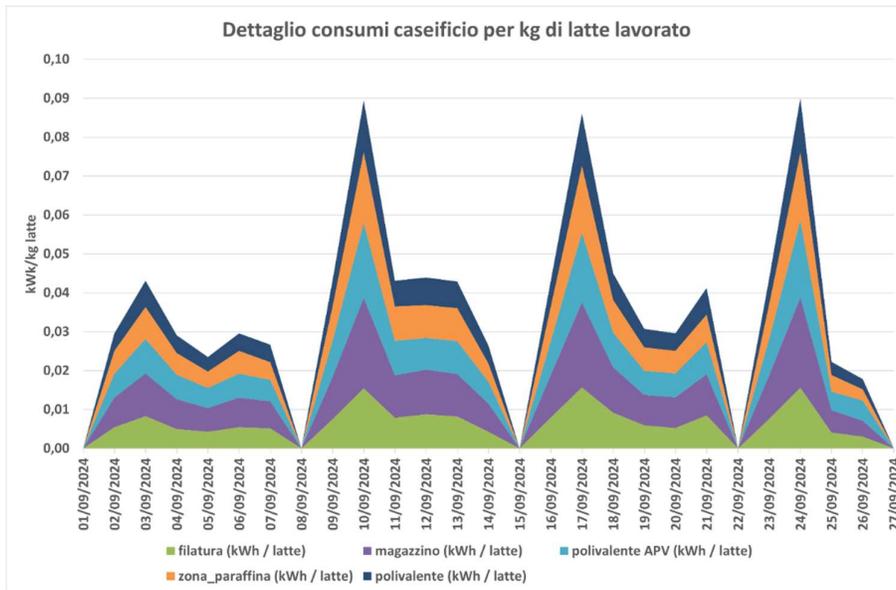


Figura 30. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per kg di latte lavorato ripartito per ciascuna fase monitorata, a seguito di esclusione del condizionamento termico degli ambienti.

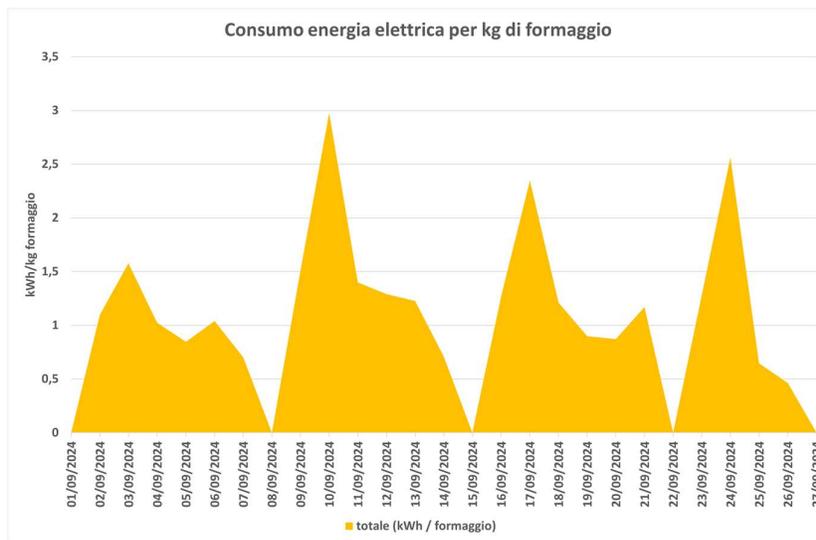


Figura 31. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per kg di formaggio ottenuto.

Le carte di controllo quale strumento di rapido monitoraggio e interpretazione della variazione del dato

A questo punto possiamo introdurre un esame della possibile interpretazione della carta di controllo partendo dal consumo di acqua di pozzo in una delle tre aziende (**Figura 32**). Ricordiamo come le carte di controllo qui riportate siano del tipo a singolo punto (per rappresentare situazioni in cui è possibile rilevare un solo valore per momento di osservazione). Partendo dall'analisi dei valori acquisiti nell'arco di tempo considerato (oppure, se disponibili, in un periodo antecedente l'inizio del nuovo monitoraggio) vengono impostati i limiti inferiore e superiore considerati normali per la variabile rilevata. Sta all'operatore, alla luce del tipo di variabile e dell'importanza che per questa ha

il rispetto dei limiti di controllo, definire se l'intervallo di accettabilità può essere basato su 3, 2 o addirittura 1 deviazione standard dalla media. I punti indicati in rosso evidenziano valori fuori dai suddetti limiti mentre i valori indicati in colore arancione evidenziano il raggiungimento di un numero di osservazioni consecutive tutte sotto o sopra la media che viene considerato anomalo (generalmente quando si superano le 7 osservazioni). In questo caso, nonostante si vada verso il periodo autunnale, si nota come la seconda parte del mese si collochi a un consumo idrico maggiore rispetto alla prima parte. Tuttavia, in entrambi i periodi, si nota una relativa costanza del dato, confermata dalla comparsa del colore arancione nelle serie di osservazioni, ad indicare il superamento di una serie di più di sette valori costantemente sopra o sotto la media del periodo considerato.

In **Figura 33** si riporta l'andamento del consumo del sistema di allattamento automatizzato per le vitelle. La prima osservazione da fare è che tale valore va ovviamente rapportato al numero di capi realmente presente e che fruisce di questa strumentazione. Alla luce della scala di valori riportata, è probabile che il colpo d'occhio risulti eccessivamente influenzato dal ribasso in data 20 settembre, ascrivibile a una riduzione momentanea dei soggetti presenti nel gruppo.

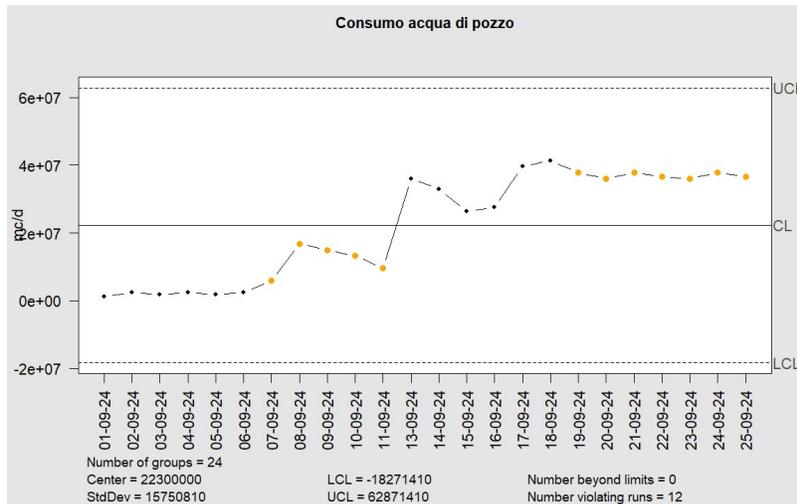


Figura 32. Andamento del consumo di acqua di pozzo nell'azienda Filippini nel mese di settembre 2024.

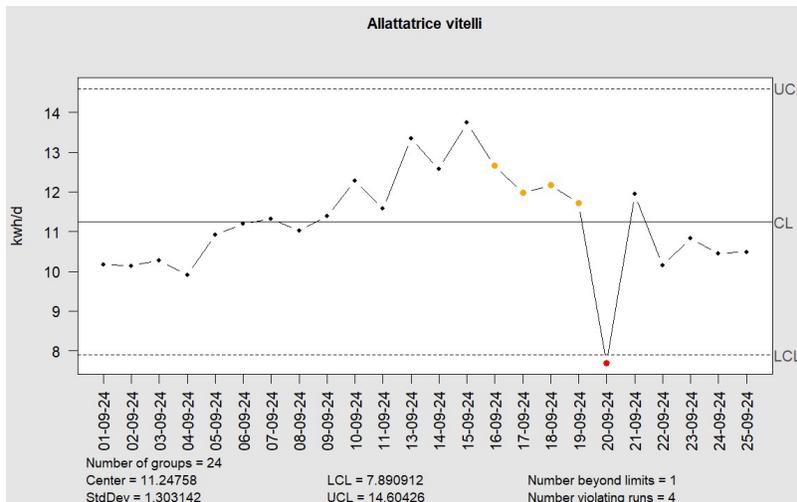


Figura 33. Andamento del consumo del sistema di allattamento automatizzato per le vitelle nell'allevamento Filippini nel corso del mese di settembre 2024.

La **Figura 34** riporta l'andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema compressore installato presso l'azienda Filippini. In questo caso, la scala dei valori fortemente amplificata sottolinea una variabilità che, alla luce dei valori riportati, appare comunque nei limiti delle variazioni di operatività di tale impianto per il funzionamento del sistema di mungitura. Questa ipotesi interpretativa è confermata dalla **Figura 35** in cui il consumo del compressore è rapportato ai kg di latte munto. Come si vede (e come atteso), il valore si distribuisce in un intervallo ristretto e anche gli apparenti picchi riportati nella figura precedente vengono ricondotti alla normalità perché associati a una maggiore produzione di latte che ha determinato i picchi stessi.

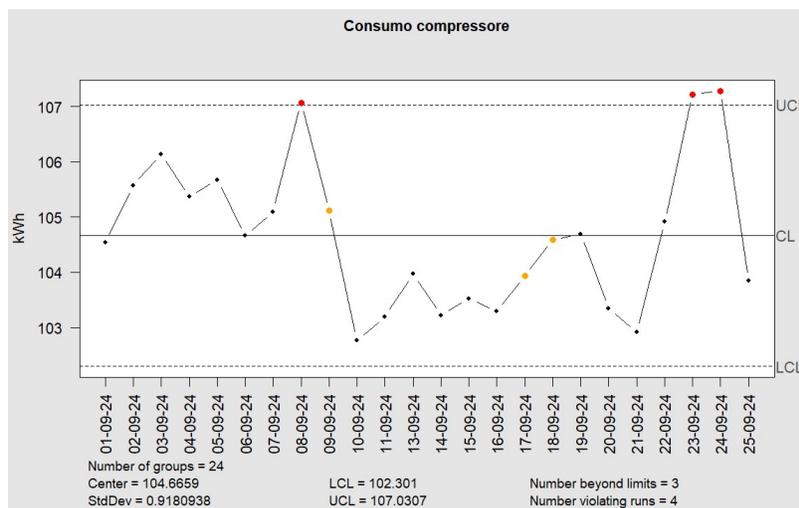


Figura 34. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema compressore installato presso l'azienda Filippini nel corso del mese di settembre 2024 rapportato al kg di latte prodotto.

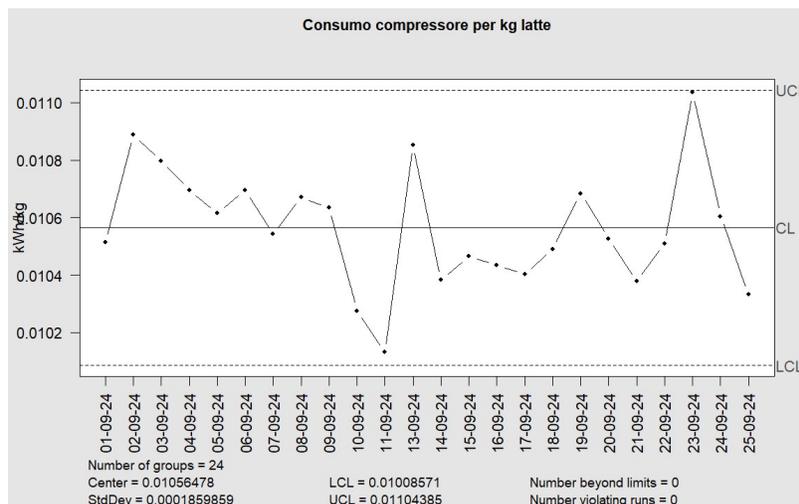


Figura 35. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento del sistema compressore installato presso l'azienda Filippini nel corso del mese di settembre 2024 rapportato al kg di latte prodotto.

Diverso sembra essere il discorso per la refrigerazione del latte nella stessa azienda. Infatti, in **Figura 36** si vede come il calo di consumo progressivo, registrato nel periodo esaminato dal grafico che riporta il valore totale, si rifletta anche quando il valore è rapportato all'unità di prodotto (**Figura 37**). La spiegazione di tale risultato potrebbe essere nel progressivo passaggio, nel mese di settembre, da un microclima ancora tipicamente estivo a una condizione di temperature più autunnali, con beneficio per il consumo energetico dell'impianto considerato.

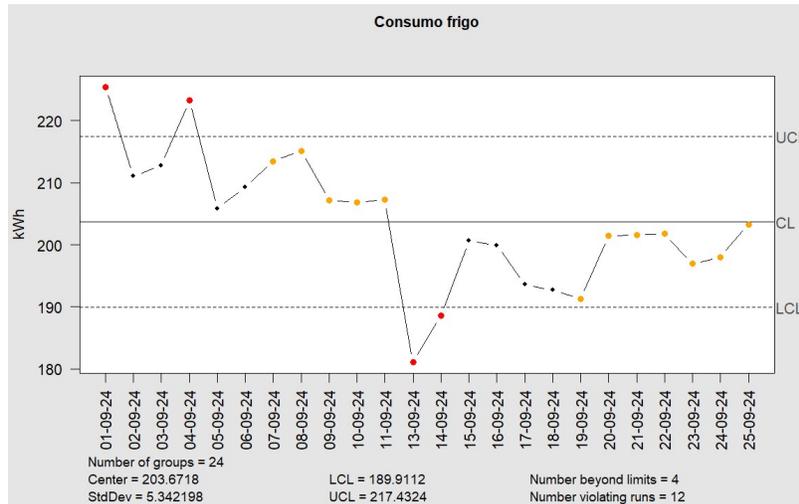


Figura 36. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per la refrigerazione del latte nell'azienda Filippini.

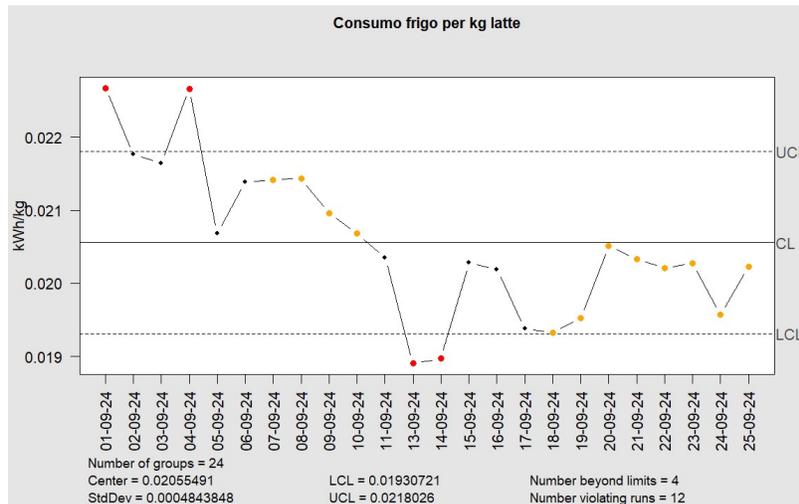


Figura 37. Andamento del consumo giornaliero di energia elettrica per la refrigerazione del latte nell'azienda Filippini rapportato alla produzione unitaria di 1 kg di latte.

Passando al monitoraggio del consumo energetico di altri impianti, non direttamente rapportabili alla produzione giornaliera di latte, in **Figura 38** si riporta il consumo di energia elettrica per il funzionamento delle lampade riscaldanti per le vitelle nel mese di settembre 2024 presso l'azienda Filippini. Anche se abbiamo voluto tradurre la sequenza di dati, a scopo di monitoraggio, in una carta

di controllo, facciamo notare come ovviamente non vi siano valori inferiori allo 0 (corrispondente a nessuna lampada attiva) mentre i valori positivi si distribuiscono in modo abbastanza costante senza superare il valore giornaliero di 0,04 kWh, relativo ad una giornata in cui le lampade accese per garantire il benessere delle giovani bovine neonate ha probabilmente raggiunto un picco per quella che è la routine aziendale.

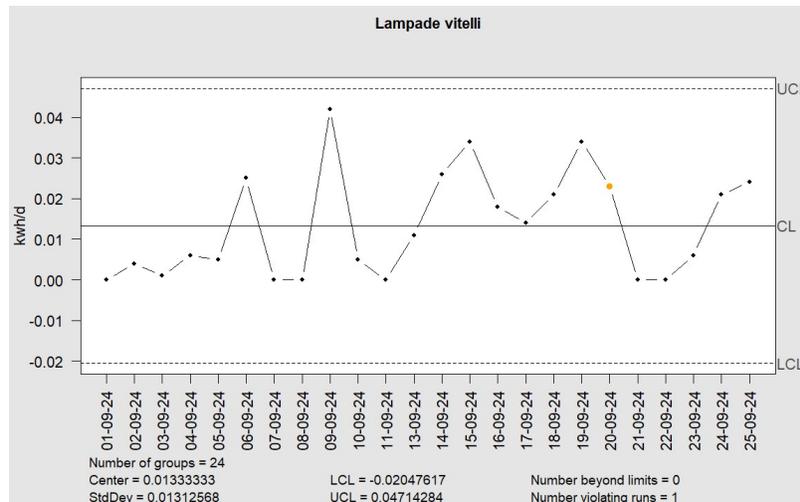


Figura 38. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento delle lampade riscaldanti per le vitelle nel mese di settembre 2024 presso l'azienda Filippini.

Ritornando agli aspetti più legati alla produzione di latte, **Figura 39** mostra l'andamento del consumo di energia elettrica del sistema di mungitura automatizzata (robot) presso l'azienda Filippini. Dalla carta di controllo sul consumo complessivo, sembrerebbe esserci stato un calo nella seconda parte del mese, ma esaminando congiuntamente il valore già rapportato alla produzione unitaria (**Figura 40**) si vede che probabilmente all'origine vi è una diminuzione del consumo che si riflette anche sul singolo kg di latte, probabilmente come conseguenza di interventi di manutenzione o eliminazione di possibili problemi nell'impianto stesso. In tale azienda, come evidenziato anche nelle fotografie a inizio relazione, è stato possibile rilevare anche i dati di consumo di energia elettrica della sala di mungitura, il cui andamento nel mese di settembre 2024 (a titolo di esempio) è riportato in **Figura 41**. Infine, in **Figura 42** si riporta, a titolo di esempio, l'andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento delle ventole in sala parto dell'azienda Filippini nel corso del mese di settembre 2024. L'attivazione di questo sistema è regolata da un sensore in cui è impostato un valore soglia di temperatura e umidità ambientale tale da garantire il mantenimento delle condizioni di benessere termico delle bovine in prossimità del parto. Probabilmente, la presenza di un maggiore numero di capi in tale area verso la fine del mese ha determinato una presenza di temperature tali da attivare il sistema anche nelle prime giornate autunnali.

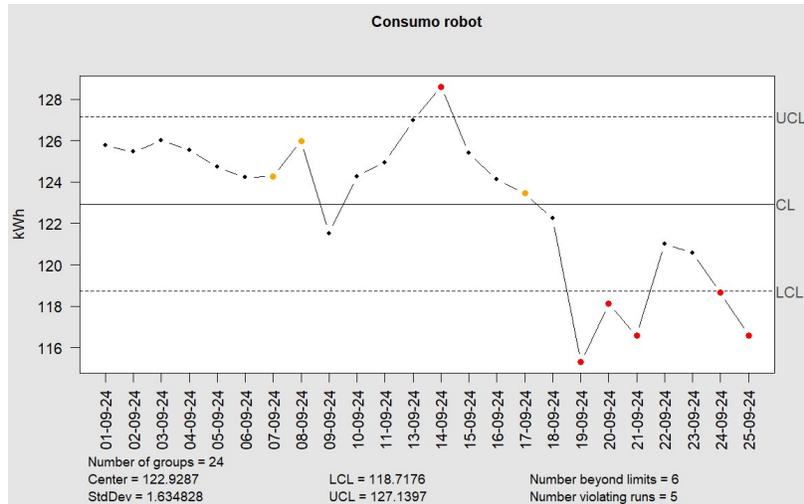


Figura 39. Andamento del consumo di energia elettrica del robot di mungitura nel corso del mese di settembre 2024 presso l'azienda Filippini.

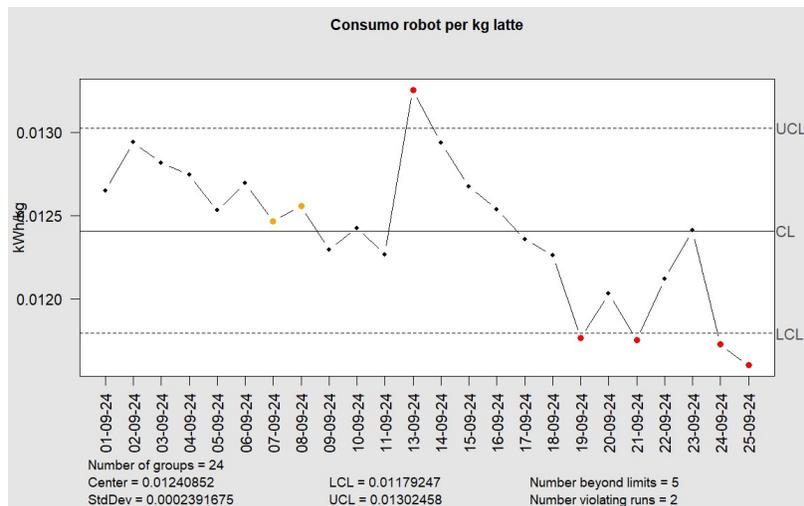


Figura 40. Andamento del consumo di energia elettrica del robot di mungitura rapportato alla quantità di latte prodotto nel mese di settembre dell'anno 2024 nell'azienda Filippini.

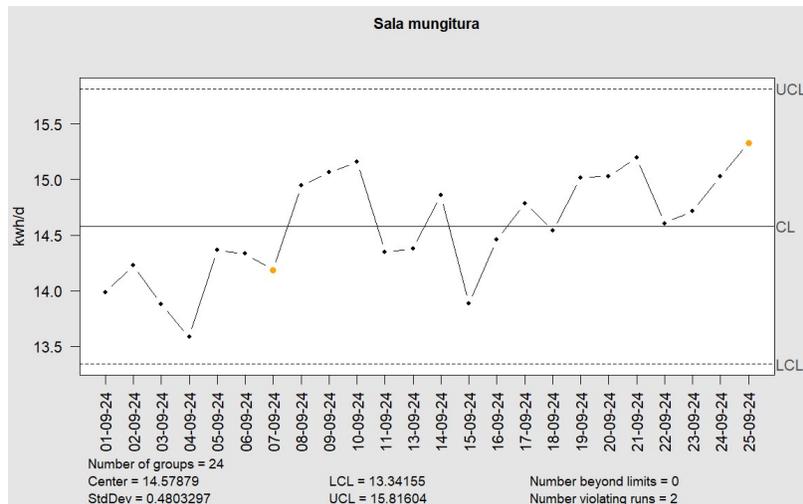


Figura 41. Andamento del consumo di energia elettrica nella sala di mungitura dell'azienda Filippini nel corso del mese di settembre 2024.

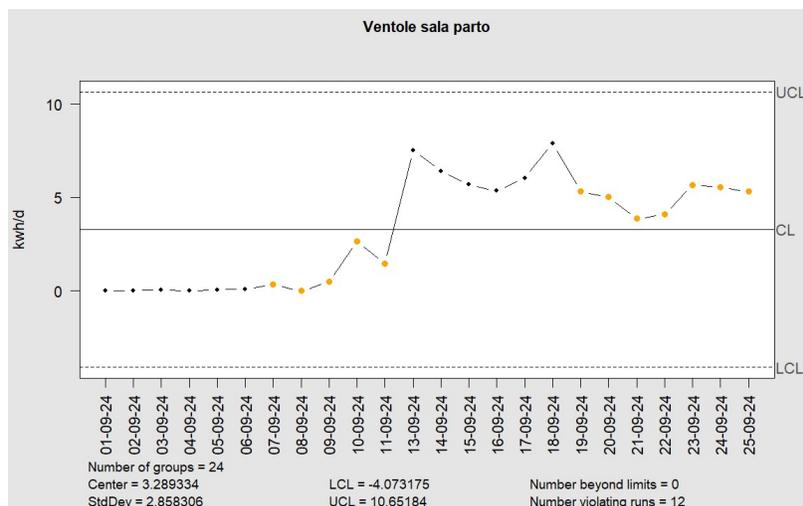


Figura 42. Andamento del consumo di energia elettrica per il funzionamento delle ventole in sala parto dell'azienda Filippini nel corso del mese di settembre 2024.

Principali riflessioni sull'esperienza maturata nel sotto progetto Innovazione

Come si è potuto notare, durante l'attività svolta sono stati raccolti molti dati originali, che meritano ulteriori approfondimenti. Certamente, l'elemento di maggiore originalità nel settore della produzione di latte bovino è, ancora oggi, l'aver creato un database relazionale in grado di raccogliere automaticamente tutti i dati richiesti dal livello delle aziende agro-zootecniche e dal caseificio, per consentire una analisi aggregata dell'utilizzo delle risorse idriche ed energetiche lungo la filiera Provolone Valpadana DOP. Attualmente, non ci risultato altre esperienze simili, almeno di cui sia stato pubblicato qualche resoconto tecnico-scientifico. Questo è certamente un importante punto di partenza per affinare meglio il tipo di rilievi già impostati e allargarli ad altre voci aziendali, soprattutto quelle collegate alle altre fonti energetiche utilizzate nella filiera in oggetto.

SOTTO PROGETTO TRASFERIMENTO DEI RISULTATI (C)

DATE E LUOGHI DEGLI EVENTI INFORMATIVI

In data 30/11/2023, in occasione delle fiere Zootecniche Internazionali di Cremona, si è tenuto il convegno di presentazione del progetto CONPROVA.

In **Figura 10** riportiamo la locandina dell'evento e in **Figura 11** un riscontro abbastanza dettagliato della stampa che ha seguito l'evento.

Giovedì 30 novembre 2023
Ore 10:00 – 12:00 Sala Amati
Fiere Zootecniche Internazionali di Cremona

Convegno
CON.PRO.VA. – Connessione della filiera
del Provolone Valpadana

Relatore	Intervento
G. Guarneri Presidente Consorzio Tutela Provolone Valpadana	Presentazione del progetto CON.PRO.VA.
F. Abeni CREA – Zootecnia e Acquacoltura, Lodi	Il CREA in CON.PRO.VA.: energia elettrica, acqua e valorizzazione dei dati nella filiera
Latteria Ca' De' Stefani	L'esperienza del caseificio
L. Stradiotti	L'azienda agricola

Durante il convegno verrà presentato il progetto "Connessione della filiera del Provolone Valpadana (CON.PRO.VA.)" che fa parte del PSR GO PEI finanziato da Regione Lombardia. Capofila del progetto è il Consorzio Tutela Provolone Valpadana e ha come partner il CREA, la Latteria Ca' de' Stefani di Vescovato e tre allevamenti suoi conferenti. Il progetto è fortemente incentrato sulla tematica del monitoraggio dei consumi di energia elettrica e di acqua nella filiera di produzione di questo importante DOP. Nel convegno, sarà presentata la struttura del progetto stesso con i relativi obiettivi a ciascun livello: azienda zootecnica, caseificio, consorzio. Particolare attenzione verrà posta ai sistemi di monitoraggio adottati dal campo al formaggio, per cercare di fornire valori attendibili dei consumi lungo tutta la filiera.

Logo: **PROVOLONE VALPADANA** DOP

Logo: **CA DE STEFANI** LATTERIA

Loghi: **PSR 2014-2020** LOMBARDIA, **Regione Lombardia**, **Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali**

Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020

Iniziativa realizzata con il cofinanziamento del FEASR nell'ambito dell'Operazione 16.1.01

Iniziativa realizzata nell'ambito del progetto «Connessione della filiera del Provolone Valpadana - CONPROVA» cofinanziato dal FEASR con l'operazione 16.1.01 (GRUPPI OPERATIVI PEI) del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Lombardia. Responsabile del progetto è il Consorzio Tutela Provolone Valpadana.

Figura 10 Locandina relativa al convegno di presentazione del progetto CONPROVA in occasione delle Fiere Zootecniche Internazionali di Cremona.

LE ZOOTECHNICHE INTERNAZIONALI

Alessio Raschi, Libero Stradiotti, Giovanni Guarneri, Andrea Colombini e Fabio Abeni, protagonisti del convegno in fieri sul Provolone Valpadana



Provolone Valpadana Obiettivo connessione

La rete di filiera e la tecnologia per migliorare ancora la produzione e la qualità

di MASSIMO SCETTINO

■ CREMONA Una produzione di eccellenza con il cuore a Cremona: è il Provolone Valpadana, il cui Consorzio riunisce 11 aziende che producono 2 milioni e 800 mila quintali di latte, il 30% del quale viene trasformato in 7 mila tonnellate all'anno del pregiato formaggio. Che ora vuole migliorarsi ancora. «Il nostro» - ha spiegato il presidente del Consorzio di tutela, Giovanni Guarneri - è un prodotto che si posiziona in una fascia di prezzo medio alta ed è quindi ri-

2,8
I milioni di quintali di latte prodotti da 11 aziende casearie

7.000
Le tonnellate di Provolone prodotte ogni anno

volto a consumatori con capacità di spesa elevate e con aspettative alte». Ed è anche per loro che il Consorzio, insieme al Crea, il Consiglio per la ricerca in agricoltura, ha messo a punto il progetto «Connessione della filiera del Provolone Valpadana» che fa parte del Programma di sviluppo rurale 2014-2020 finanziato da Regione Lombardia. Il progetto è incentrato sul monitoraggio dei consumi di energia elettrica ed acqua nella filiera di produzione. Dunque un obiettivo è rivolto al consumatore, a



cui si potranno dare informazioni esatte sulla filiera. «Sarà un ingrado» - ha spiegato Guarneri - «di rilevare i consumi per chilo di prodotto e di indicare il tasso di miglioramento». L'altra prospettiva è rivolta alle aziende: «Il controllo di filiera genera informazioni sui fattori critici consentendo l'ottimizzazione. Una maggior efficienza produttiva con un impiego più razionale delle risorse genera maggior sostenibilità ambientale ed economica». L'importanza dei consumi elettrici ed idrici è stata messa a fuoco da Fabio Abeni, del Crea: «Vogliamo capire e conoscere la reale incidenza delle singole fasi della filiera nel determinare il risultato complessivo dell'impronta idrica del prodotto». Abeni ha anche spiegato i prossimi traguardi del progetto: «Completiamo l'installazione dei sensori entro gennaio: l'analisi parziale dei dati comincerà a giugno e nel 2024 verranno realizzati eventi informativi. Il completamento del database per consentire la fruibilità a tutti e tre i livelli (azienda zootecnica, caseificio, Consorzio) entro settembre».

I dettagli tecnici relativi alla sensoristica sono stati spiegati da Andrea Colombini. Al progetto partecipano tre aziende agricole - Stradiotti, Monico e Filippini - che conferiscono alla Latteria Ca' De' Stefani. E Libero Stradiotti, con il tecnico Alessio Raschi, ha portato l'esperienza del caseificio, già dotato di una 'dorsale' «con cui rilevavamo i dati per individuare punti critici della produzione». E grazie a queste informazioni è stato possibile ottimizzare le fasi della produzione in base ai cicli del fotovoltaico.

Figura 11 Riscontro del convegno CONPROVA come riportato dalla stampa presente all'evento.

Giovedì 28 novembre 2024, ore 10:00 – 12:00 Sala Amati, Fiere Zootechiche Internazionali di Cremona
 Convegno: CON.PRO.VA. – Il monitoraggio della filiera del Provolone Valpadana – I consumi di energia elettrica ed acqua: primi risultati

Giovedì 28 novembre 2024
 Ore 10:00 – 12:00 Sala Amati
 Fiere Zootechiche Internazionali di Cremona

Convegno
CON.PRO.VA. – Il monitoraggio della filiera del Provolone Valpadana
 – I consumi di energia elettrica ed acqua: primi risultati

Relatore	Intervento
G. Guarneri - Presidente Consorzio Tutela Provolone Valpadana	Presentazione del progetto CON.PRO.VA.
A. Colombini - Servizi Impresa Digitale.com	La struttura e i vantaggi di un database per la filiera
F. Abeni - CREA - Zootecnica e Acquacoltura, Lodi	Energia elettrica ed acqua nella filiera Provolone Valpadana: gli esiti del monitoraggio
L. Stradiotti - allevatore e Presidente Ca' De' Stefani	Un impegno, tanti vantaggi

Durante il convegno verranno presentati i primi risultati ottenuti dal progetto "Connessione della filiera del Provolone Valpadana (CON.PRO.VA.)" che fa parte del PSR GO PEI finanziato da Regione Lombardia. Verrà esposto il sistema di raccolta, gestione e analisi dei dati lungo tutta la filiera. Seguirà una esposizione dei primi dati rilevati grazie al sistema di monitoraggio integrato aziende-caseificio-Consorzio riguardanti i consumi di energia elettrica ed acqua. La disponibilità ad integrare questi dati con altri già presenti a livello aziendale, in tre allestimenti diversi come dimensione e scelte in termini di adozione di tecnologie, consentirà di presentare una prima valutazione sui fattori che maggiormente determinano i consumi di energia elettrica ed acqua e la variabilità (giornaliera e stagionale) degli stessi nell'arco dei primi mesi di monitoraggio.

Contatto per informazioni: fabioalmiro.abeni@crea.gov.it

Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale: l'Europa investe nelle zone rurali
 Iniziativa realizzata nell'ambito del progetto «Connessione della filiera del Provolone Valpadana - CONPROVA» cofinanziato dal FEASR
 Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEI" del Programma di Sviluppo Rurale 2014 – 2020
 Autorità di gestione del Programma: Regione Lombardia
 Capofila del partenariato è il Consorzio Tutela Provolone Valpadana, realizzato con la collaborazione del Consiglio per la ricerca in agricoltura e Famiglie dell'economia agraria CREA, Latteria Sociale Ca' De' Stefani Società Cooperativa Agricola, Stradiotti Libero Giovanni azienda agricola, Società Agricola Menico Riccardo e Giancarlo S.S., Società Agricola Filippini Pierluigi e Massimo S.S.

Manifestazione “Formaggi & Sorrisi” - Il Progetto CON.PRO.VA - Un'innovativa piattaforma digitale per la gestione e valorizzazione della filiera del Provolone Valpadana DOP. Venerdì 28 marzo, ore 10,00, PALACHEESE, Giardini pubblici di Piazza Roma – Cremona

**VENERDÌ
28 MARZO
ORE 10,00**

PALACHEESE
Giardini pubblici di Piazza Roma - Cremona

IL PROGETTO CON.PRO.VA
UN'INNOVATIVA PIATTAFORMA DIGITALE
PER LA GESTIONE E VALORIZZAZIONE DELLA
FILIERA DEL PROVOLONE VALPADANA DOP

Grazie alla raccolta e analisi in tempo reale dei dati agronomici e zootecnici, il progetto punta a migliorare la sostenibilità ambientale ed economica delle aziende agricole e casearie coinvolte

Temi principali:

- **Monitoraggio digitale** della produzione
- **Ottimizzazione** della sostenibilità agronomica e zootecnica
- **Innovazione e automazione** nella filiera casearia

Un'iniziativa del **Consorzio Tutela Provolone Valpadana**, in collaborazione con il **CREA** rivolta a produttori, caseifici e operatori del settore per un futuro più efficiente e sostenibile

Relatori:

- **Dott. Fabio Palmiro Abeni** CREA Zootecnia e Acquacoltura, Lodi
- **Ing. Andrea Colombini** Servizi Impresa digitale.com
- **Referenti del Consorzio Tutela Provolone Valpadana**

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

iniziativa realizzata nell'ambito del progetto «Comerzione della filiera del Provolone Valpadana - CONPROVA» cofinanziato dal FEASR
Operazione 16.1.01 "Gruppi Operativi PEF" del Programma di Sviluppo Rurale 2014 - 2020
Autorità di gestione del Programma Regionale Lombardia
Capofila del partenariato è il Consorzio Tutela Provolone Valpadana, realizzato con la collaborazione del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria CREA, Letteria Sociale Ca' De' Stefani Società Cooperativa Agricola, Stradiotti Libero Giovanni azienda agricola, Società Agricola Menico Riccardo e Giancarlo S.S., Società Agricola Filippini Pierluigi e Massimo S.S.

DATE E LUOGHI DEGLI EVENTI DIMOSTRATIVI

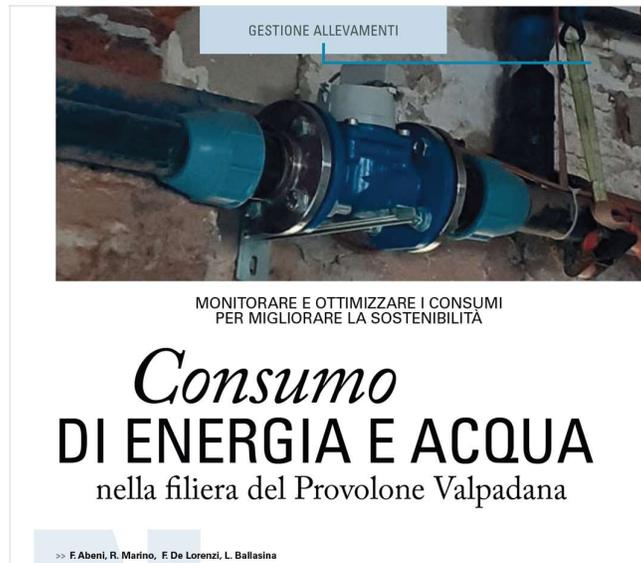
05 febbraio 2025 ore 10.30 – Soc. Agr. Filippini Pierluigi e Massimo S.s. Cascina Giacinta – 26010 Fiesco (CR)

11 febbraio 2025 ore 10.30 – Az. Agr. Stradiotti Libero Giovanni Cascina Casalmalombra – 25030 Malagnino (CR)

11 febbraio 2025 ore 11.30 – Soc. Coop Agricola Latteria Ca' de' Stefani – via Padana Inferiore 12 - 26039 Vescovato (CR)

[Articoli tecnico-scientifici pubblicati su riviste di interesse nazionale](#)

Abeni F., Marino R., De Lorenzi F., Ballasina L. (2025). Consumo di energia e acqua nella filiera del Provolone Valpadana. L'Informatore Agrario 81(07) (Inserito Stalle da latte), 35-39 ISSN 0020-0689



Riferimenti bibliografici

Buckley F., Upton J., Prendergast R., Shalloo L., Murphy M.D. (2024). Farm electricity system simulator (FESS): A platform for simulating electricity utilization on dairy farms. *Computers and Electronics in Agriculture* 221, 108977 <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108977>

Emamalizadeh, S.; Pirola, A.; Alessandrini, C.; Balenzano, A.; Baroni, G. (2024). Comparison of Soil Water Content from SCATSAR-SWI and Cosmic Ray Neutron Sensing at Four Agricultural Sites in Northern Italy: Insights from Spatial Variability and Representativeness. *Remote Sens.* 16, 3384 <https://doi.org/10.3390/rs16183384>

Miserocchi L., Franco A., Testi D. (2024). A novel approach to energy management in the dairy industry using performance indicators and load profiles: Application to a cheese dairy plant in Tuscany, Italy. *Energy* 310 (2024) 133240 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133240>