



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

TIPO DI OPERAZIONE

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

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 1089 DEL 31/08/2020

FOCUS AREA 5A 5D

RELAZIONE TECNICA

DOMANDA DI SOSTEGNO: 5207277

DOMANDA DI PAGAMENTO 5529632

Titolo Piano	PRATI SMART – L'irrigazione intelligente per il mantenimento del prato stabile polifita in Val d'Enza
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Centro Ricerche Produzioni Animali Soc. Cons. p. A.
Partner del GO	CER – Consorzio di Bonifica di secondo grado per il canale Emiliano Romagnolo Fondazione CRPA Studi Ricerche Pelosi Pierantonio (Azienda Agricola) Podere Querceto Società Agricola Dinamica S. C. a R. L. Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale (Associato) Consorzio Bonifica Parmense (Associato)

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	20 mesi
Data inizio attività	27/04/2021
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	27/12/2023

Relazione relativa al periodo di attività dal	27/04/2021	al 31/01/2023
Data rilascio relazione	20/02/2023	

Autore della relazione	Paolo Mantovi		
telefono		e-mail	P.Mantovi@crpa.it
pec	crpa@postacert.vodafone.it		

Sommario

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO	4
2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	5
2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI	5
2.2 PERSONALE	12
2.3 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE	15
2.4 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	15
2.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI.....	15
2.6 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE.....	16
2.7 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA	16
3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ.....	17
4 - ALTRE INFORMAZIONI	17
5 - CONSIDERAZIONI FINALI	17
6 - RELAZIONE TECNICA.....	18

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.

Assieme alla costituzione del Gruppo Operativo in forma di ATS, le attività di progetto sono state avviate regolarmente e si è tenuta la prima riunione di Comitato di Piano (04 maggio 2021), per pianificare il corretto avvio delle attività tecniche, di divulgazione e formazione del Piano.

Per ognuna delle due aziende agricole coinvolte, ovvero l'azienda agricola Pelosi Pierantonio e la Società Agricola Podere Querceto è stato definito il sito di monitoraggio, rappresentato da un appezzamento a prato stabile, irrigato a scorrimento (sempre o almeno in prevalenza) e rivisto il piano delle attività.

Nel corso del primo anno di monitoraggio, il 2021, è stata esaminata la situazione ex ante, realizzando i campionamenti e le analisi per la caratterizzazione generale dei terreni, quantificando e caratterizzando gli apporti fertilizzanti e di acque di irrigazione, determinando le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo per ciascuno dei tagli di foraggio, i campionamenti periodici e le analisi dei due nutrienti in forma assimilabile nei terreni. Lo stesso anno si è proceduto alla progettazione del prototipo di paratoia 4.0 per l'automazione dell'irrigazione a scorrimento dai torrini aziendali di adduzione dell'acqua ai campi.

La soluzione "intelligente" (smart) che è stata sviluppata in collaborazione con ETG srl consente di:

- rilevare valori di umidità del terreno attraverso un set di sensori wireless in tecnologia Lora posizionati opportunamente negli appezzamenti a prato stabile polifita;
- automatizzare la movimentazione e l'apertura degli organi di distribuzione delle acque sul campo, in funzione dei valori rilevati dai sensori;
- misurare la portata in uscita dalla paratoia con opportuni sensori di pressione e, con essa, monitorare i volumi erogati al campo.

Installata presso l'azienda Pelosi nel corso della stagione estiva 2021, e utilizzata nel 2022, la paratoia automatica può essere governata da remoto o dalla centralina in campo, regolando l'apertura in modo da modulare l'erogazione dell'acqua sul prato. Presso Podere Querceto sono stati installati solo i sensori di umidità che comunque possono servire per ottimizzare gli apporti di acque irrigue. Anche nel 2022 sono state ripetute le attività di monitoraggio del 2021.

Le varie attività di monitoraggio condotte hanno permesso di investigare la sostenibilità economica delle soluzioni innovative proposte dal progetto. I risultati delle prove sperimentali sul campo sono stati molto incoraggianti: da un lato è possibile raggiungere risparmi idrici grazie alla presenza dei sensori in campo, agli algoritmi di automazione e all'implementazione di Irriframe. Dall'altro lato, la possibilità di automatizzare la paratoia consente risparmi di manodopera significativi per la gestione dei manufatti, consentendo interventi notturni e sequenziali, con ottimizzazione della logistica nella gestione dei turni irrigui. È stata condotta anche un'analisi territoriale e di scenario per identificare gli impatti potenziali delle innovazioni di progetto e di scenari di cambiamenti climatici/adattamento ai cambiamenti climatici stessi.

1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
COOPERAZIONE	CRPA	Esercizio della cooperazione	1	1	20	20
AZIONE 1	CER	Automazione dell'irrigazione a scorrimento	1	1	20	20
AZIONE 2	CRPA	Rilievo di dati agronomici, ambientali, economici	1	1	20	20
AZIONE 3	CRPA	Valutazioni di sostenibilità economica e di scenario	1	1	20	20
DIVULGAZIONE	CRPA	Divulgazione	1	1	20	20

2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI

Azione	COOPERAZIONE - Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	CRPA
Descrizione delle attività	<p>Il Gruppo Operativo PRATI SMART ha confermato alla Regione l'interesse alla realizzazione del Piano con lettera Prot. DOC-2021-1296 del 10/05/2021 e si è costituito in forma di ATS con atto notarile Reg. al n. 10191 del 17/06/2021.</p> <p>La prima riunione di Comitato di Piano si è tenuta in data 04 maggio 2021, costituito da almeno un rappresentante di ciascun beneficiario. Nell'occasione sono state visitate entrambe le aziende agricole partner di Prati Smart, ovvero Azienda Agricola Pelosi Pier Antonio sita a Calerno di Sant'Ilario d'Enza e Società Agricola Podere Querceto sita a Bibbiano, in provincia di Reggio Emilia. Il coordinatore del progetto ha presentato gli obiettivi e le attività previste ed assieme agli agricoltori sono state pianificate le prime operazioni da compiere.</p> <p>La seconda riunione del Comitato di Piano ha coinciso con la giornata tecnica del 16 giugno 2022 presso l'azienda Pelosi, nel corso della quale è stato fatto il punto sulla gestione delle attività tecniche del Piano, ovvero agronomiche e di monitoraggio, ma anche quelle di divulgazione e formazione.</p> <p>Oltre le riunioni del Comitato di Piano, il management staff di CRPA SpA ha incontrato anche singolarmente i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica di esecuzione.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da CRPA SpA verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) CRPA, conforme alla norma ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2015. Lo strumento utilizzato per gestire l'SGQ in CRPA è il CRM aziendale.</p> <p><i>A partire dal 01 maggio 2022 il responsabile tecnico del progetto dott. Paolo Mantovi è passato da Fondazione CRPA Studi Ricerche – ETS al Centro Ricerche Produzioni Animali – CRPA, quest'ultima società trasformatasi da S.p.A. a Società Consortile per Azioni (SCPA) a far data dal 31 agosto 2022.</i></p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività.</p>

Azione	AZIONE 1 - Automazione dell'irrigazione a scorrimento
Unità aziendale responsabile	CER
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Questa azione include le sperimentazioni di controllo e automazione della pratica irrigua a scorrimento sui prati stabili polifiti caratteristici della Val d'Enza. L'azione ha avuto due focus primari: (i) analizzare la coltura del prato polifita, i fabbisogni irrigui, il suolo, il metodo irriguo (volumi e portate); (ii) progettare e installare prototipo di paratoia automatizzata e relativa sensoristica e sviluppare gli algoritmi di automazione e ottimizzazione dell'irrigazione a scorrimento basata su paratoia automatizzata. Le attività sono state condotte per due stagioni di coltivazione consecutive (2021-2022) presso le aziende agricole partner del GO: Az. Agr. Pelosi Pierantonio e Podere Querceto.</p> <p>La soluzione "intelligente" (smart) che è stata sviluppata in collaborazione con ETG srl e installata presso l'Azienda Pelosi consente di:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rilevare valori di umidità del terreno attraverso un set di sensori wireless in tecnologia Lora da posizionare opportunamente negli appezzamenti a prato stabile polifita; • automatizzare la movimentazione e l'apertura degli organi di distribuzione delle acque sul campo, in funzione dei valori rilevati dai sensori; • misurare la portata in uscita dalla paratoia con opportuni sensori di pressione e, con essa, monitorare i volumi erogati al campo. <p>In pratica, il sistema automatizzato per la regolazione dell'erogazione delle acque è stato realizzato modificando un sistema aziendale già esistente, basato su una linea interrata che preleva acqua dalla rete consortile e la distribuisce lungo la testata dell'appezzamento mediante i torrini in cemento parzialmente fuori terra. L'intervento ha consentito così di automatizzare il movimento della paratoia che regola l'apertura al campo in modo da modulare l'erogazione sulla coltura e assecondare le variazioni di portata dei vari torrini generate dai differenti livelli di apertura delle loro paratoie di erogazione in campo.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività.</p>

Azione	AZIONE 2 - Rilievo di dati agronomici, ambientali, economici
Unità aziendale responsabile	CRPA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Come previsto nel Piano di Innovazione sono state seguite le principali operazioni agronomiche condotte sui due siti di sperimentazione, attraverso frequenti contatti con i due conduttori e visite per rilievo dati e prelievi.</p> <p>All'inizio delle sperimentazioni sono stati realizzati campionamenti per la caratterizzazione generale dei terreni. Per ogni azienda un campionamento rappresentativo dell'appezzamento oggetto di prova.</p> <p>Inoltre si è proceduto a quantificare gli apporti di fertilizzanti (liquami e letame di origine bovina) ed a campionarli per determinare le loro caratteristiche chimiche (6 campioni in totale).</p> <p>Un'attività di campionamento periodico dei terreni, nel corso della stagione estiva, ha permesso di determinare la dinamica dei due principali nutrienti vegetali (in forma di nitrati, ammoniaca e fosforo assimilabile) a distanze crescenti dal lato di immissione delle acque irrigue (1/4, 1/2 e 3/4 della lunghezza di ogni appezzamento, 108 campioni in totale).</p> <p>Per ciascuno dei tagli di foraggio (che sono stati 5 per anno e per azienda) sono state determinate le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo, anche in questo caso con 3 campionamenti a distanze crescenti dal lato di immissione delle acque irrigue (30 campioni in totale).</p> <p>Per ciascuna delle operazioni agronomiche effettuate nei due siti di monitoraggio, in particolare gli interventi irrigui, sono stati anche rilevati i tempi di esecuzione e stimati i consumi energetici (quando presenti), sulla base della trattrice e delle attrezzature impiegate. Diversi campioni delle acque irrigue utilizzate sono stati prelevati nel corso degli interventi irrigui, sia di origine superficiale (acque derivate da torrente Enza) che sotterranea (pozzi aziendali), per una caratterizzazione chimica di base (17 campioni totali).</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnicoscientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività. Il numero di campioni prelevati e analizzati ha superato di qualche unità le previsioni del piano.</p>

Azione	AZIONE 3 - Valutazioni di sostenibilità economica e di scenario
Unità aziendale responsabile	CRPA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>I risultati delle azioni 1 e 2 sono serviti come base per investigare la sostenibilità economica delle soluzioni innovative proposte dal progetto. La metodologia adottata per l'analisi economica ha previsto il calcolo del costo delle operazioni colturali svolte negli anni di prova comprensive dei costi delle macchine agricole, che risulta formato da due componenti: le voci di spesa fisse indipendenti dall'utilizzo e le voci di spesa variabili legate all'impiego. Nella componente fissa sono comprese la reintegrazione del capitale investito, gli interessi (costo d'uso del capitale), le spese inerenti le assicurazioni, il ricovero. La componente variabile comprende: riparazioni, manutenzioni, consumo di materiali, manodopera addetta alla conduzione e al servizio della macchina. I materiali di consumo includono i carburanti e i lubrificanti, le spese per concimi, diserbanti e sementi. I costi di esercizio sono stati calcolati prendendo come riferimento il tempo di utilizzo della macchina, considerando, quindi, costi orari. Per poter confrontare le vari tesi, questi costi sono stati convertiti in costi per ettaro, attraverso la stima delle capacità operative delle macchine.</p> <p>In particolare è stata effettuata una stima dell'impatto economico dell'uso delle paratoie automatizzate, come proposto e testato nel progetto. L'analisi economica è stata incentrata sulla valutazione della loro incidenza sul reddito delle aziende. Per l'esecuzione dell'analisi economica ex-post si è presupposto che i risultati tecnici ottenuti nelle sperimentazioni vengano estesi su superfici aziendali significative; ne è risultato un risparmio significativo di acqua e manodopera.</p> <p>Infine, è stata condotta un'analisi territoriale e di scenario per identificare gli impatti potenziali delle innovazioni di progetto e di scenari di cambiamenti climatici/adattamento ai cambiamenti climatici stessi. Tale analisi è stata svolta tenendo opportunamente conto dei risultati di risparmio idrico perseguibili con le innovazioni di progetto e stimati per la campagna 2022 presso l'azienda Pelosi. Ulteriori dati utilizzati sono relativi ai volumi derivati dal torrente Enza e all'evoluzione delle superfici coltivate a prato stabile in Val d'Enza.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnicocientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività.</p>

Azione	Azione divulgazione
Unità aziendale responsabile	CRPA
Descrizione delle attività	<p data-bbox="400 409 1337 439"><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p data-bbox="400 488 1386 589">Le attività di disseminazione sono iniziate con l'avvio e sono proseguite nel corso dell'intera durata del progetto, allo scopo di informare e sensibilizzare con diverse modalità i potenziali fruitori dell'innovazione.</p> <p data-bbox="400 595 1465 730">Nei primi mesi è stata ideata la linea grafica (logo coordinato + template ppt da utilizzare per la comunicazione, quali comunicati stampa, poster, roll up, pagina web, presentazioni) per dare riconoscibilità al materiale prodotto per la divulgazione. Si è inoltre attivato il sito web all'interno del dominio Crpa:</p> <p data-bbox="400 736 1313 766">https://pratismart.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=22321&tt=t_bt_app1_www.</p> <p data-bbox="400 772 1465 1048">Il sito si compone di una home page con carosello, news in primo piano e diverse sezioni tra cui "progetto", "blog", "documenti", "contatti", che nel corso delle attività sono state implementate con news e materiali vari come presentazioni, comunicato stampa, newsletter, video. Sono state attivate le statistiche di registrazione e gestione dei contatti, che hanno evidenziato un accesso al sito da parte di n. 459 utenti, n. 655 sessioni aperte, con una media 2,6 pagine visualizzate durante ogni sessione. L'81,8 % dei visitatori ha avuto accesso da desktop, 17,8% da mobile, mentre il restante 0,4% da tablet.</p> <p data-bbox="400 1055 1181 1084">Sono state inoltre realizzate una pagina di progetto sul sito FCSR:</p> <p data-bbox="400 1090 1099 1120">https://www.fondazionecrpa.it/prodotto/goi-prati-smart/</p> <p data-bbox="400 1126 1452 1155">e sul sito goi.crpa.it: http://goi.crpa.it/nqcontent.cfm?a_id=23214&tt=t_bt_app1_www</p> <p data-bbox="400 1162 1442 1263">È stato progettato e stampato un roll-up che è stato utilizzato in occasione degli eventi realizzati nell'ambito sia di Prati Smart che di altre iniziative di presentazione del progetto.</p> <p data-bbox="400 1270 1378 1337">L'inizio delle attività di ricerca è stato segnalato tramite il lancio di un comunicato stampa (08/10/2021)</p> <p data-bbox="400 1344 1458 1411">https://pratismart.crpa.it/media/documents/pratismart_www/documenti/comunicati-stampa/PratiSmart-comunicato-stampa-01.pdf?v=20211008).</p> <p data-bbox="400 1417 1461 1485">Tramite canale Twitter Crpa sono state diffuse le principali iniziative intraprese nel corso del progetto.</p> <p data-bbox="400 1491 1430 1585">Sono state pubblicate su riviste di settore n. 2 articoli tecnico-divulgativi + n. 3 articoli extra non previsti, consultabili nella sezione documenti del sito, alla voce Rassegna Stampa:</p> <ul data-bbox="448 1592 1461 2054" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="448 1592 1436 1704">• <i>"Irrigazione a scorrimento "intelligente" per prati polifiti"</i> di F. Cavazza, T. Letterio, R. Genovesi, S. Anconelli; R. Davolio, P. Mantovi, pubblicato su rivista L'Informatore Agrario n. 35-2022; <li data-bbox="448 1711 1401 1823">• <i>"L'irrigazione a scorrimento quando si può automatizzare"</i> di P. Mantovi, R. Davolio, S. Pignedoli, R. Genovesi, F. Cavazza, pubblicato su Stalle da Latte di IA n. 7-2022; <li data-bbox="448 1830 1442 1942">• <i>"In Val d'Enza l'irrigazione dei prati stabili è a distanza per ridurre gli sprechi di acqua"</i> uscito su La Repubblica Parma il 21/10/2021 (extra rispetto quelli previsti); <li data-bbox="448 1948 1461 2054">• <i>"Il sistema di produzione del Consorzio di Bonifica del Nord Sardegna fa scuola in Emilia Romagna"</i> di Antonio Caria, uscito su L'Unione Sarda il 26/10/2022 (extra rispetto quelli previsti);

- *“Prati Smart, per l’irrigazione c’è un progetto sperimentale”* di Francesca Chillonì uscito su Il Resto del Carlino, il 16/01/2022 (extra rispetto quelli previsti);

Sono state organizzate n. 2 giornate tecniche con visita guidata, il cui invito è stato divulgato tramite newsletter Crpa Informa a target di progetto oltre che all’indirizzario Crpa. Le 2 giornate tecniche hanno avuto accreditamento all’Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Reggio Emilia:

- Prima esperienza di automazione dell’irrigazione a scorrimento, presso Azienda Agricola Pelosi di Pelosi Pier Antonio – Calerno di Sant’Ilario d’Enza (RE), il 16/06/2022. Di seguito le presentazioni:
 - *L’esperienza dei gruppi operativi per l’innovazione in Emilia Romagna* a cura di Piero Pastore Trosello – RER;
 - *L’irrigazione intelligente per il mantenimento del prato stabile polifita in Val d’Enza* a cura di Paolo Mantovi – CRPA;
 - *PRATISMART Azione 3.1 - Azione 1 - Automazione dell’irrigazione a scorrimento* a cura di Roberto Genovesi, Francesco Cavazza – CER.
- L’automazione dell’irrigazione a scorrimento nei prati stabili, presso Istituto Alcide Cervi – Gattatico (RE), il 29/11/2022. Di seguito le presentazioni:
 - *L’esperienza dei gruppi operativi per l’innovazione in Emilia Romagna* a cura di Patrizia Alberti – RER;
 - *Il progetto Prati Smart e i risultati agronomici* a cura di Paolo Mantovi – Crpa;
 - *L’utilizzo della paratoia automatizzata, com’è andata* a cura di Roberto Genovesi, Francesco Cavazza – CER.

L’attività di divulgazione ha previsto la realizzazione di n. 2 video-clip di progetto in italiano con versione anche in inglese:

- Video-clip n. 1, con riprese effettuate durante la giornata tecnica del 16/06/22
(https://pratismart.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=24673&tt=t_bt_app1_www)
- Video-clip n. 2, con riprese effettuate durante la giornata tecnica del 29/11/22
(https://pratismart.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=24758&tt=t_bt_app1_www)

Un servizio televisivo, realizzato con riprese del 2° video-clip, è stato trasmesso su reti regionali dall’11/12/2022 con repliche per una settimana

(https://pratismart.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=24747&tt=t_bt_app1_www).

Sono state inoltre realizzate e diffuse n. 3 Newsletter:

- Newsletter n. 1 *Viaggio studio in Sardegna “Esperienze a confronto sull’irrigazione e gestione agronomica di coltivazioni foraggere per la zootecnia da latte” (4-7 ottobre 2022)*;
- Newsletter n. 2 *L’automazione dell’irrigazione a scorrimento - I risultati del progetto Prati Smart presentati all’Istituto Alcide Cervi di Gattatico (RE)*;
- Newsletter n. 3 *L’automazione dell’irrigazione a scorrimento nei prati stabili - Cosa ne pensano i Consorzi di Bonifica*.

Per sintetizzare i risultati del progetto sono stati realizzati un fascicolo in formato digitale e una presentazione finale multimediale utilizzabile come portfolio

(https://pratismart.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=22588&tt=t_bt_app1_www).

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnicoscientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento del Piano è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività.</p>
--	---

Azione	Formazione
<p>Unità aziendale responsabile</p>	<p>DINAMICA Scarl</p>
<p>Descrizione delle attività</p>	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>“ESPERIENZE A CONFRONTO SULLA IRRIGAZIONE E GESTIONE AGRONOMICA DI COLTIVAZIONI FORAGGERE PER LA ZOOTECNIA DA LATTE” - Domanda di Sostegno n. 5517988</p> <p>Periodo di Svolgimento: dal 29/09/2022 al 10/10/2022</p> <p>Durata: 22 ore</p> <p>In linea con il principale obiettivo del progetto Prati Smart, che è quello di favorire l'impiego efficiente della risorsa idrica sui prati stabili polifiti del territorio della Val d'Enza (dove l'efficienza è da intendere nel senso agronomico, economico ed ambientale), il viaggio di studio propone la visita a diverse esperienze sulla irrigazione e gestione agronomica delle coltivazioni foraggere per la zootecnia da latte, che si stanno conducendo nella regione Sardegna. Si tratta di territori in cui, per caratteristiche climatiche e pedologiche, storicamente si è puntato sull'efficientamento nell'uso della risorsa idrica per l'irrigazione, sia attraverso il contenimento delle acque di corpi idrici superficiali entro bacini di accumulo, che per mezzo di una gestione attenta della distribuzione delle acque a scopi irrigui.</p> <p>Diverse entità tra cui l'Università degli Studi di Sassari, l'Ente acque della Sardegna (ENAS) e i Consorzi di Bonifica dell'Oristanese e del Nord Sardegna che gestiscono il sistema idrico multisettoriale dell'isola, assieme ad altre entità del territorio, da diversi anni sono impegnati nella ricerca di soluzioni innovative per la gestione delle acque e in particolare quella irrigua, per ridurre gli impatti ambientali del settore agricolo.</p> <p>Così come l'Emilia-Romagna, anche la Sardegna include aree ad elevata densità di allevamenti zootecnici e con problemi di accumulo di nitrati nelle acque sotterranee. In particolare in Sardegna sono in corso progetti di recupero e riciclo delle acque nelle zone vulnerabili da nitrati con obiettivo di riutilizzo in irrigazione previa purificazione. Parte delle esperienze innovative oggetto delle visite di studio sono state portate avanti nell'ambito di diversi progetti, tra cui: LIFE Forage 4 Climate – Forage systems for less GHG emissions and more soil carbon sink in continental and Mediterranean agricultural areas, MENAWARA on water recycling and reuse in Agriculture (Funded by ENI CBC MED; budget: 2.8M EUR; role: PI: UNISS): CLIMALAT: Processi gestionali innovativi, con uso di indicatori nutrizionali e genomici, per il miglioramento della qualità del latte, la riduzione dello stress da caldo e l'adattamento al cambio climatico negli allevamenti bovini da latte. Finanziato da PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020 SOTTOMISURA 16.2 Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie Organizzazione produttori Latte Arborea, (UNISS PI).</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnicoscientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'attività, svolta nell'ambito del Viaggio Studio in Sardegna, nel periodo dal 29/09/2022 al 10/10/2022 ha visto realizzate le 22 ore previste in fase di proposta progettuale approvata dalla Regione Emilia-Romagna.</p> <p>Hanno partecipato al Viaggio Studio 16 utenti tutti regolarmente frequentanti l'attività formativa, al termine della quale hanno raggiunto gli obiettivi preposti in termine di scambio di esperienze con le realtà produttive della Sardegna.</p>
---	---

2.2 PERSONALE

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

Azione Cooperazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	CRPA - Tecnico	Segreteria tecnica	27	73	1.971,00
	CRPA - Amministrativo	Supporto gestione amministrativa	27	67	1.809,00
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento attività	27	36	972,00
	CRPA - Responsabile amministrativa	Responsabile gestione amministrativa	43	17	731,00
	CRPA - Responsabile di progetto	Coordinamento, supervisione attività	43	67	2.881,00
	CRPA - Responsabile di progetto	Coordinamento, supervisione attività	43	12	516,00
	FCSR Tecnico	Coordinamento attività	27	110	2.970,00
	FCSR - Ricercatore	Responsabile progetto	43	10	430,00
	CER - Ricercatore	Responsabile scientifico	43	16	688,00
	CER - Ricercatore	Coordinamento attività	75	6	450,00
				Totale:	13.418,00

Azione 1

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	CRPA - Ricercatore	rilevi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	10	270,00
	CRPA - Tecnico	rilevi sperimentali	27	80	2.160,00
	CRPA - Ricercatore	rilevi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	54	1.458,00
	CRPA - Tecnico	Analisi di laboratorio	27	70	1.890,00
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	43	15	645,00
	FCSR Tecnico	Rilevi sperimentali, elaborazione dati	27	16	432,00
	FCSR Ricercatore	Analisi di laboratorio elaborazione dati	27	10	270,00
	FCSR Tecnico	Analisi di laboratorio elaborazione dati	27	148	3.996,00

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	FCSR Tecnico	Rilievi sperimentali, elaborazione dati	27	53	1.431,00
	FCSR - Ricercatore	Responsabile progetto	43	8	344,00
	Impiegato	Realizzazione	27	64	1.728,00
	Impiegato	Realizzazione	27	64	1.728,00
	Impiegato	Realizzazione	27	81	2.187,00
	Impiegato	Realizzazione	27	62,5	1.687,50
	Operaio agricolo	Realizzazione	19,5	51,25	999,38
	Operaio agricolo	Realizzazione	19,5	32,5	633,75
	Operaio agricolo	Realizzazione	19,5	63,5	1.238,25
	Operaio agricolo	Realizzazione	19,5	114,25	2.227,87
	CER - Ricercatore	Realizzazione	43	64	2.752,00
	CER - Ricercatore	Realizzazione	75	16	1.200,00
	PELOSI -	Assimilato operaio	19,5	216	4.212,00
	PODERE QUERCETO -	Assimilato operaio	19,5	72	1.404,00
Totale:					34.893,75

Azione 2

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	CRPA - Tecnico	rilievi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	68	1.836,00
	CRPA - Ricercatore	rilievi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	11	297,00
	CRPA - Ricercatore	rilievi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	118,00	3.186,00
	CRPA - Ricercatore	rilievi sperimentali, analisi ed elaborazione dati	27	26	702,00
	CRPA - Tecnico	Analisi di laboratorio	27	60	1.620,00
	CRPA - Ricercatore	Analisi di laboratorio	27	36	972,00
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	43	12	516,00
	FCSR Tecnico	Rilievi sperimentali, elaborazione dati	27	67	1.809,00
	FCSR Tecnico	Rilievi sperimentali, elaborazione dati	27	200	5.400,00
	FCSR Tecnico	Rilievi sperimentali, elaborazione dati	27	29	783,00
	FCSR - Ricercatore	Responsabile progetto	43	8	344,00
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	27	107	2.889,00

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	FCSR - Ricercatore	Analisi di laboratorio, analisi ed elaborazione dati, stesura relazioni	27	144	3.888,00
	PELOSI -	Assimilato operaio	19,5	138	2.691,00
	PODERE QUERCETO -	Assimilato operaio	19,5	56	1.092,00
				TOTALE	28.025,00

Azione 3

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	CRPA - Ricercatore	rilievo, analisi ed elaborazione dati	27	28	756,00
	CRPA - Ricercatore	Analisi ed elaborazione dati	27	28	756,00
	CRPA - Ricercatore	Rilievo dati	27	18	486,00
	CRPA - Ricercatore	Coordinamento, supervisione attività	43	28	1.204,00
	CRPA - Ricercatore	Elaborazione dati LCA	43	20	860,00
	FCSR - Ricercatore	Responsabile progetto	43	16	688,00
	FCSR - Ricercatore	Analisi ed elaborazione dati	43	83	3.569,00
	PELOSI	Assimilato operaio	19,5	32	624,00
	PODERE QUERCETO	Assimilato operaio	19,5	16	312,00
				Totale:	9.255,00

Azione divulgazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	CRPA - Segreteria	assistenza organizzativa divulgazione	27	16	432,00
	CRPA - Segreteria	assistenza organizzativa divulgazione	27	35	945,00
	CRPA - Ricercatore	Attività di divulgazione	27	21	567,00
	CRPA - Ricercatore	Responsabile divulgazione	43	10	430,00
	CRPA - Ricercatore	Responsabile divulgazione	43	14	602,00
	FCSR - Tecnico	Attività di divulgazione	27	67	1.809,00
	FCSR - Ricercatore	Responsabile progetto	43	16	688,00
	Impiegato	Divulgazione	27	48	1.296,00
	Quadro	Divulgazione	43	16	688,00
	Quadro	Divulgazione	75	8	600,00

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo	Ore	Costo tot
	PELOSI -	Attività di divulgazione	36,41	16	582,56
	PODERE QUERCETO -	Assimilato operaio	36,41	8	291,28
				Totale:	8.930,84

2.3 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE

Fornitore	Descrizione dell'attrezzatura			Costo
			Totale:	

2.4 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI

Descrivere i prototipi realizzati e i materiali direttamente imputabili nella loro realizzazione

Fornitore	Descrizione	Costo
E.T.G. S.r.l	Sviluppo, installazione e avvio di un prototipo di sistema automatizzato di paratoie intelligenti per l'irrigazione a scorrimento	€ 36.600,00
		€ 36.600,00

2.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto €	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo €
	1.188,00	Attività di divulgazione: definizione linea grafica ed editoriale. Progettazione materiale divulgativo, collaborazione sito web (v. contratto)	1.188,00
	3.456,00	Coordinamento attività di comunicazione e di divulgazione, revisione testi, supporto alla realizzazione dei prodotti.	3.456,00
			Totale:
			4.644,00

2.6 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE

Fornitore	Descrizione	Costo
Frame	Videoclip in italiano con sottotitoli in inglese: riprese effettuate durante la giornata tecnica del 16/06/22	€2.350,00
Frame	Videoclip in italiano con sottotitoli in inglese: riprese effettuate durante la giornata tecnica del 29/11/22	€2.350,00
Agricoltura è vita soc. coop.	Diffusione video di progetto	€300,00
Tecnograf srl	Impaginazione fascicolo	€130,00
	Costo	€5.130,00

2.7 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA

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

Viaggio Studio

L'attività formativa "ESPERIENZE A CONFRONTO SULLA IRRIGAZIONE E GESTIONE AGRONOMICA DI COLTIVAZIONI FORAGGERE PER LA ZOOTECNIA DA LATTE" - Domanda di Sostegno n. 5517988 ha visto la partecipazione di 16 utenti.

Spesa 20.283,52 €

Importo contributo richiesto 14.198,40 €

Contributo Unitario: 887,40 €

Costo Pro Capite: € 1.267,72

3 CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	
Criticità finanziarie	

4 - ALTRE INFORMAZIONI

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

--

5 - CONSIDERAZIONI FINALI

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

--

6 - RELAZIONE TECNICA

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

I risultati complessivi sono compresi nella relazione tecnica Allegata al rendiconto

Data

Firma del legale rapp.te

.....
Firma autografa (*) Firma digitale (**)¹

¹ (*) In caso di firma autografa allegare copia di un documento di identità in corso di validità

(**) Ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 82/2005

Regione Emilia-Romagna - Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione:
“produttività e sostenibilità dell'agricoltura”,
Focus Area 5A - Rendere più efficiente l'uso dell'acqua nell'agricoltura

Gruppo Operativo – Prati Smart (domanda di sostegno n. 5207277)

Piano d'innovazione

Prati Smart

**L'irrigazione intelligente per il mantenimento del prato
stabile polifita in Val d'Enza**

ALLEGATO – Relazione tecnica finale

Rendicontazione tecnica finale del Piano d'Innovazione

A cura di:



Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

Reggio Emilia, febbraio 2023

INDICE

OBIETTIVI del Piano di Innovazione	3
<i>Azienda Pelosi Pier Antonio</i>	4
<i>Podere Querceto Società Agricola (di Govi Matteo & C.)</i>	4
AZIONE 1 – Automazione dell’irrigazione a scorrimento	7
<i>I casi di studio e la raccolta dati</i>	7
<i>Progettazione e installazione della paratoia 4.0</i>	10
<i>Metodologia di calcolo della portata uscente dalla paratoia</i>	14
<i>Approccio teorico per il calcolo del tempo di scorrimento</i>	15
<i>L’algoritmo di automazione sviluppato</i>	18
AZIONE 2 – Rilievo di dati agronomici, ambientali, economici	22
<i>Apporti fertilizzanti</i>	23
<i>Apporti irrigui e caratteristiche delle acque</i>	25
<i>Produzioni vegetali</i>	27
<i>Dinamica dei nutrienti</i>	33
AZIONE 3 – Valutazioni di sostenibilità economica e di scenario	38
<i>Stima dell’impatto economico dell’uso delle paratoie automatizzate</i>	38
<i>Analisi territoriale e di scenario</i>	44

OBIETTIVI del Piano di Innovazione

Il principale obiettivo del Piano di Innovazione **Prati Smart** è stato quello di introdurre innovazioni di rilievo per la sostenibilità ambientale ed economica di sistemi agricoli emiliani largamente dipendenti dai prelievi idrici dei torrenti appenninici. In particolare, si è inteso favorire l'impiego efficiente della risorsa idrica sui prati stabili polifiti del territorio della Val d'Enza, tipicamente irrigati con il metodo dello scorrimento con acque superficiali derivate dal torrente Enza o sotterranee da pozzi aziendali o consortili. L'efficienza in questo caso è certamente da intendere nel senso agronomico, economico ed ambientale.

In aziende agricole che operano nel sistema di produzione del Parmigiano Reggiano, nell'area di alta pianura, e che sentono la duplice esigenza:

- di efficientare l'utilizzo aziendale della risorsa idrica ai fini irrigui,
- di ridurre il carico di lavoro concentrato nei periodi irrigui, anche notturno,

sono stati testati dei sistemi automatici di gestione delle acque irrigue, ovvero paratoie la cui apertura è regolata automaticamente da sensori per il rilievo delle condizioni di bagnatura del cotico erboso, che hanno lo scopo di variare la portata nel tempo di erogazione, onde modulare la fornitura ai campi di corretti volumi irrigui.

Nelle due aziende agricole partecipanti al GO (Pelosi Pier Antonio e Podere Querceto), si è proceduto a:

- sperimentare in campo le attrezzature innovative (paratoie e sensori), con installazione, avvio, messa a punto, sino alla gestione da remoto e verifica degli effetti di tipo idraulico ed irriguo; in particolare, come previsto la paratoia automatica è stata installata ed utilizzata presso l'azienda Pelosi Pier Antonio, i sensori presso entrambe le aziende.
- verificare gli effetti agronomici dovuti all'impiego delle attrezzature innovative nella gestione dei volumi irrigui. In particolare, sono state valutate sia la quantità che la qualità delle produzioni foraggere e la dinamica dei principali nutrienti (N e P) nel terreno agrario, sia ex ante (anno 2021) che ex post (anno 2022);
- valutare gli aspetti economici aziendali relativi all'impiego delle attrezzature innovative nella gestione dei volumi irrigui, considerando in particolare la riduzione del lavoro richiesto al personale aziendale per la gestione diretta dell'irrigazione.

Il Gruppo Operativo ha inoltre:

- valutato l'opportunità di modificare i parametri attualmente in uso in IrriNet (il servizio di assistenza tecnica irrigua regionale) per migliorare l'efficacia del consiglio irriguo;
- valutato scenari sulla evoluzione delle superfici a prato stabile in Val d'Enza, considerando vari livelli di diffusione delle attrezzature innovative proposte nel Piano e anche la possibilità di disporre di volumi idrici diversi rispetto agli attuali.

Azienda Pelosi Pier Antonio

Si trova in località Calerno, Comune di Sant’Ilario d’Enza.

Dal punto di vista geomorfologico e pedologico si trova nella piana pedemontana, in ambiente di conoide e di interconoide alluvionale. Secondo la Carta dei suoli regionale in scala 1: 50000 – ed. 2022, i suoli più frequenti sono RONCOLE VERDI franca argillosa limosa. Essi sono pianeggianti, molto profondi, da non calcarei a moderatamente calcarei, a tessitura moderatamente fine nella parte superiore e moderatamente fine o media in quella inferiore. Hanno disponibilità di ossigeno da buona a moderata, permeabilità moderatamente bassa.

Il sito di sperimentazione (Figura 1, 2) consiste in un prato stabile adiacente al centro aziendale, irrigato a scorrimento con acque superficiali di derivazione Enza, spesso sostituite con acque di pozzo aziendale, per carenza delle prime.

Podere Querceto Società Agricola (di Govi Matteo & C.)

Si trova in Comune di Bibbiano.

In contrasto all’azienda Pelosi si trova su suoli pianeggianti più caratteristici degli ambienti di conoide (consociazioni dei suoli BELLARIA e CONFINE), ovvero suoli profondi o molto profondi su substrato ghiaioso, con tessitura da media a moderatamente fine, talvolta con scheletro, da molto calcarei (Bellaria) e sino a non calcarei (Confine). La disponibilità di ossigeno è generalmente buona, così la permeabilità.

Il sito di sperimentazione (Figura 1, 3) consiste in un prato stabile adiacente al centro aziendale, irrigato a scorrimento con acque superficiali di derivazione Enza integrate nel corso dei mesi più siccitosi con acque di pozzo aziendale distribuite per aspersione (rotolone + ‘gettone’).

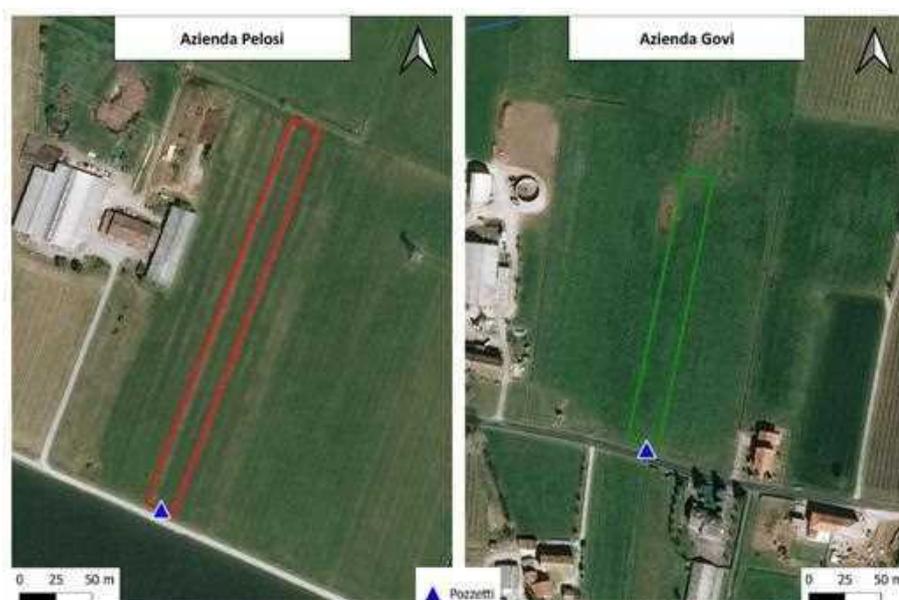


Figura 1: Overview dei siti di sperimentazione

zone di campionamento

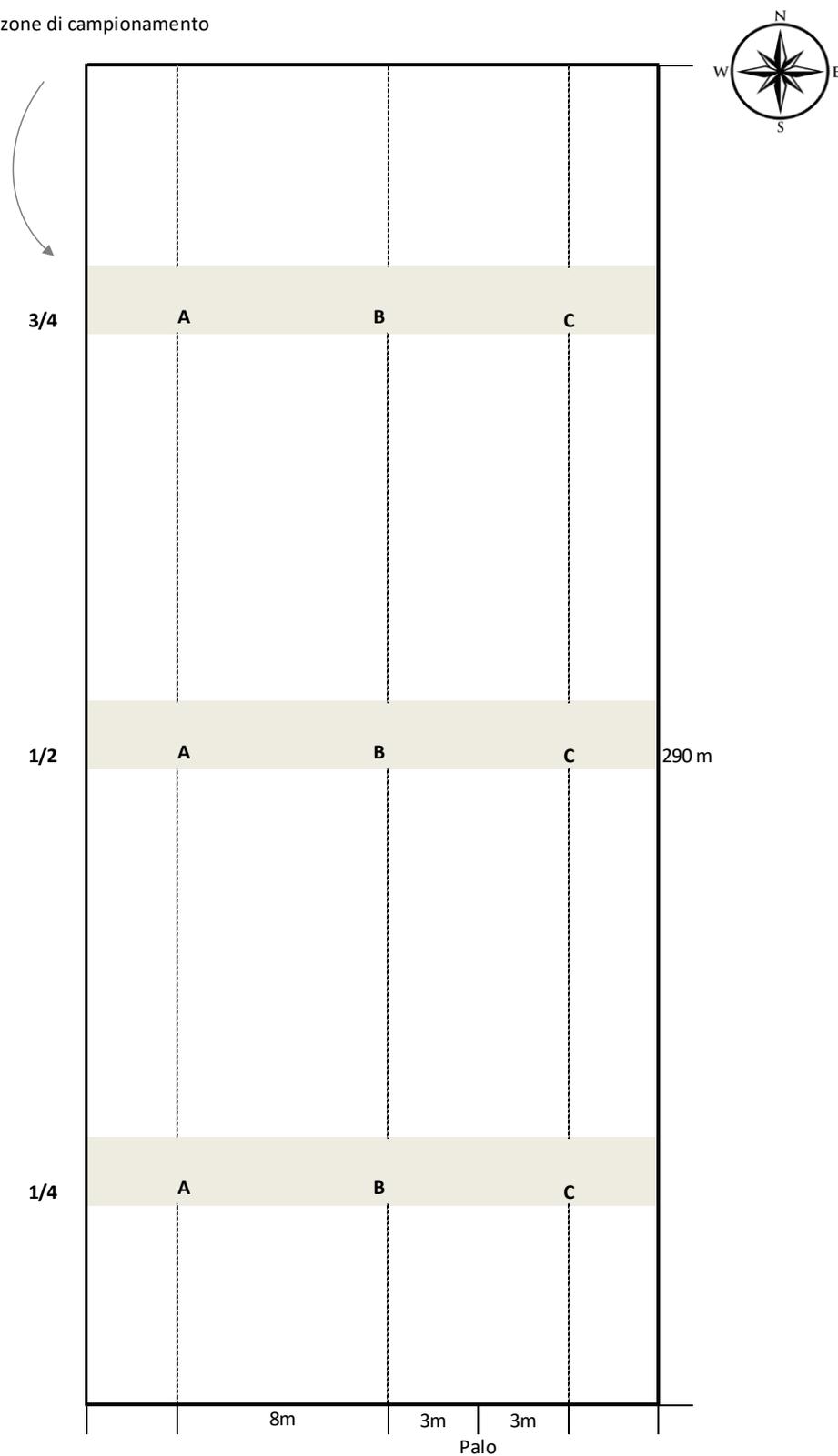


Figura 2 – Schema del sito sperimentale a prato stabile dell'azienda Pelosi Pier Antonio (le acque irrigue vengono immesse per scorrimento dal lato sud)

zone di campionamento

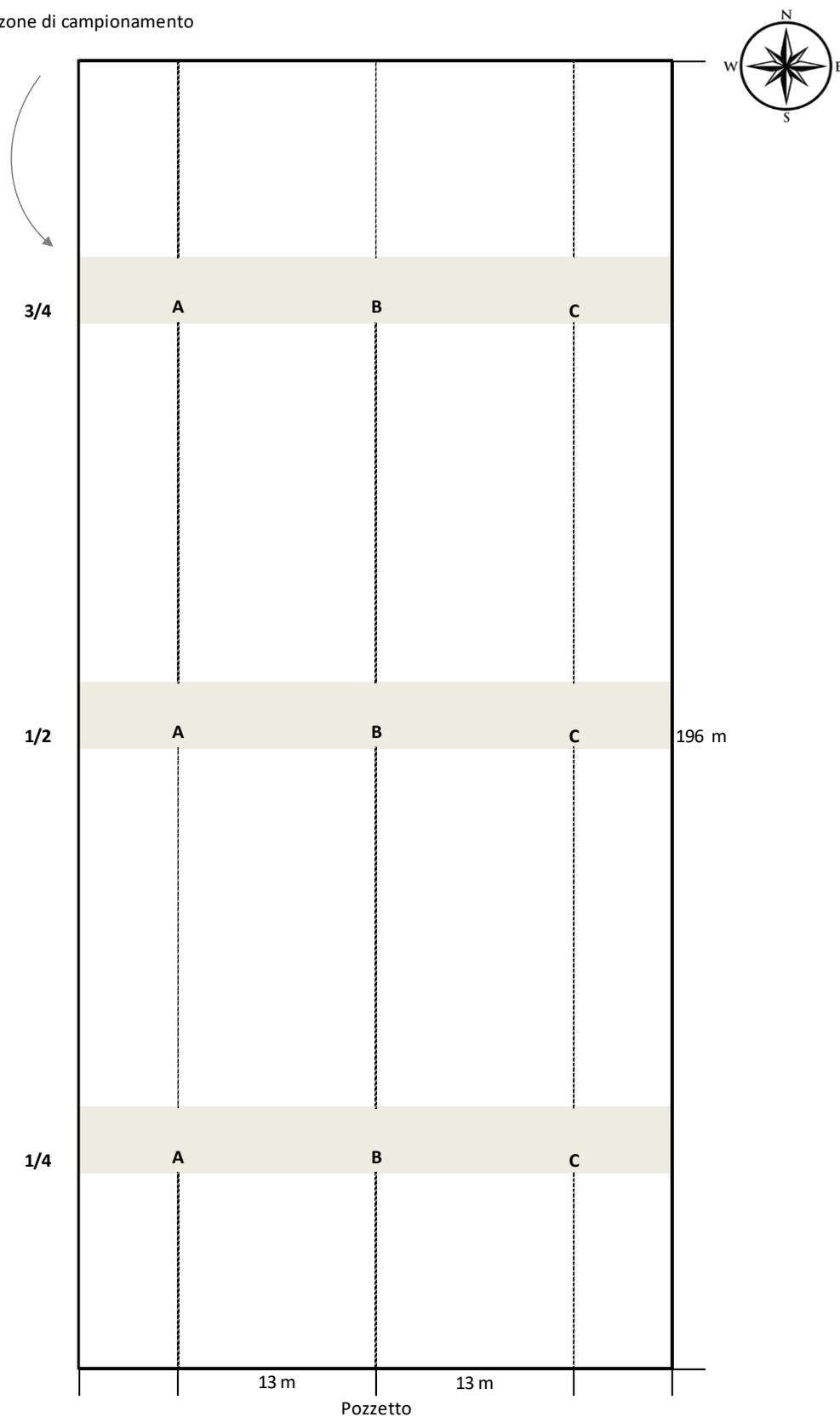


Figura 3 – Schema del sito sperimentale a prato stabile dell'azienda Podere Querceto (le acque irrigue vengono immesse per scorrimento dal lato sud)

AZIONE 1 – Automazione dell’irrigazione a scorrimento

L’azione ha incluso le sperimentazioni di controllo e automazione della pratica irrigua a scorrimento sui prati stabili polifiti caratteristici del comprensorio del Parmigiano Reggiano e in particolare della Val d’Enza, condotte per due stagioni di coltivazione consecutive (2021-2022) presso le aziende agricole partner del GO.

I casi di studio e la raccolta dati

Le prime attività del progetto hanno avuto come oggetto l’inquadramento geo-pedologico e agro-climatico dei casi di studio. Dal punto di vista pedologico le aziende possono essere identificate come ai punti precedenti. Tali analisi hanno riguardato un primo screening sulla Carta dei suoli regionale; quindi, un sopralluogo pedologico che ne ha verificato e confermato le determinazioni (Figura 4). L’analisi dei fabbisogni idrici del prato stabile in relazione alle variabili agro-climatiche è stata invece portata avanti tramite l’utilizzo di sensori di umidità, campionamenti del suolo per determinarne l’umidità e quindi implementare il bilancio idrico di IRRIFRAME. Per quanto riguarda i sensori di umidità, quelli posizionati sono 18 in totale, suddivisi per le due aziende a 3 profondità: 15 – 30 – 45 cm, tenuto conto dell’esperienza sul campo sulla profondità media dell’apparato radicale del prato polifita e con quanto registrato in IRRIFRAME (profondità apparato 40 cm). Una schematizzazione della metodologia di posizionamento dei sensori è riportata in Figura 5.



Figura 4 Caratterizzazione pedologica con trivellata presso az. Pelosi

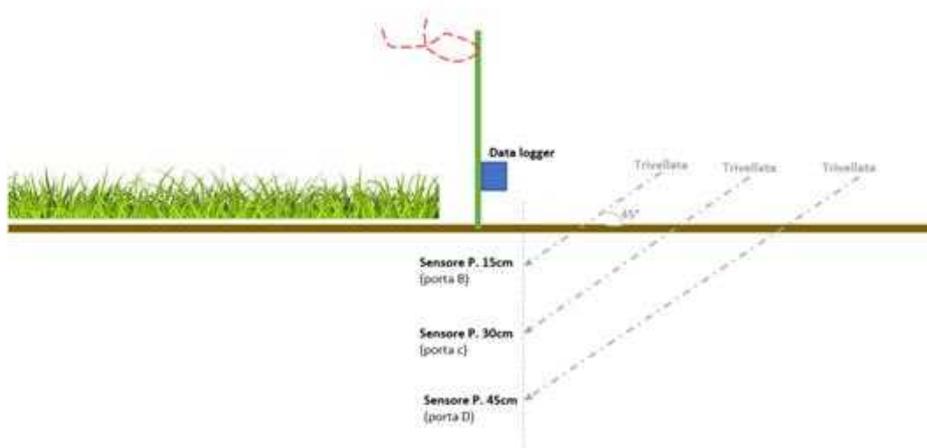


Figura 5: Schema di posizionamento dei sensori

Il gruppo composto da 3 sensori è stato posizionato nel campo seguendo uno schema di ripetizione con tre punti posti lungo la l'appezzamento in asse con il pozzetto di derivazione dell'acqua. Le distanze dei sensori dal pozzetto saranno di 1/4, 1/2 e 3/4 della distanza massima (esempio az. Pelosi, Figura 6). Di seguito uno schema del posizionamento dei sensori, il posizionamento è stato inoltre accordato nel dettaglio anche con gli agricoltori e segnalato con bandelle per facilitarne la segnalazione (Figura 7).

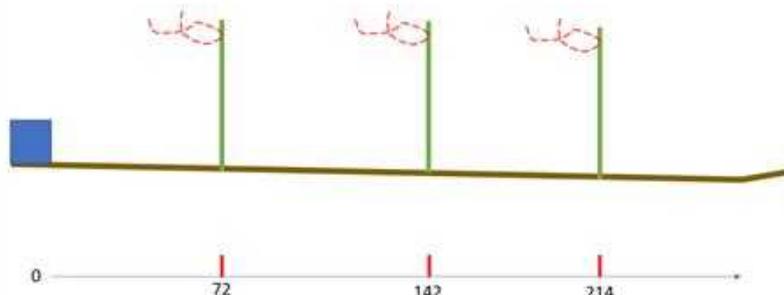


Figura 6: Distanziamento delle batterie di sensori



Figura 7: posizionamento dei sensori nelle due aziende

I sensori utilizzati sono di tipo capacitivo prodotti dall'azienda Spectrum, modello SM100 con relativo datalogger per l'archiviazione dei valori registrati (Figura 8). I dati dei sensori sono stati quindi scaricati periodicamente in loco ed analizzati e interpretati durante entrambe le stagioni irrigue al fine di calibrare in maniera ottimale le irrigazioni a scorrimento per entrambi i casi di studio (vd. come esempio Figura 9)



Figura 8: sensore e datalogger

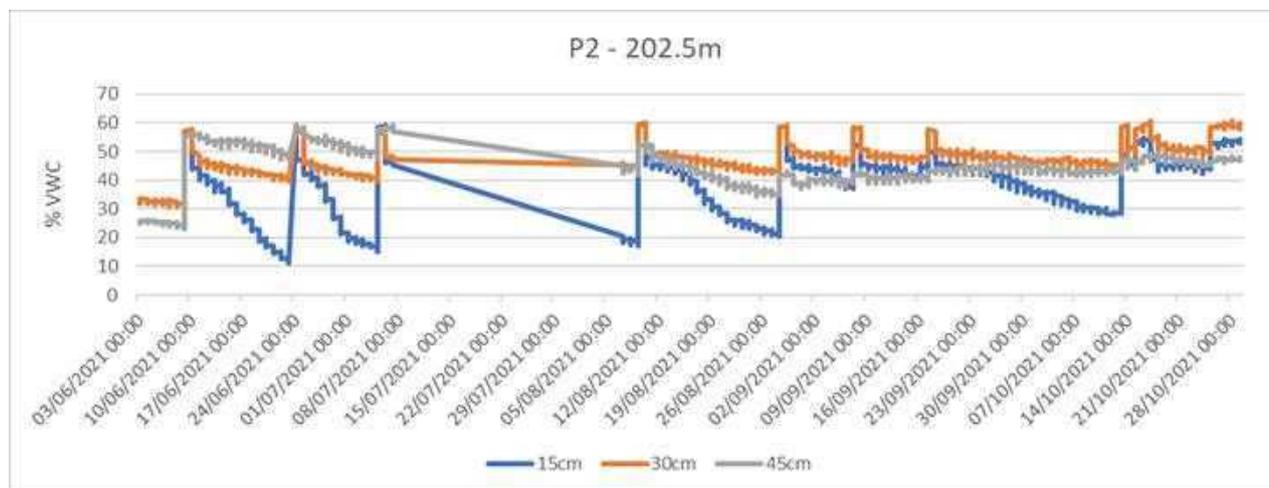


Figura 9: Volumetric Water Content (VWC%) riferito al punto P2 dell'azienda Pelosi

Una volta terminata la prima fase di raccolta dati relativi alle caratteristiche aziendali, è avvenuta la registrazione delle due aziende su IRRIFRAME. Qui, sono stati creati due plot analoghi per condizioni pedoclimatiche, ma in uno sono state registrate le irrigazioni effettuate dall'agricoltore, nell'altro, è stata impostata un'irrigazione automatica. Questo ha permesso di monitorare le performance della piattaforma e di testare se i parametri del prato stabile presenti su IRRIFRAME fossero sufficientemente accurati. Parallelamente all'uso dei dati provenienti dai sensori, durante la campagna irrigua sono stati raccolti in fasi successive campioni di terreno per la determinazione dell'umidità, questi dati hanno così permesso anche di affinare il consiglio irriguo di IRRIFRAME assieme al relativo bilancio per entrambe le aziende (es. Figura 10 e Figura 11).

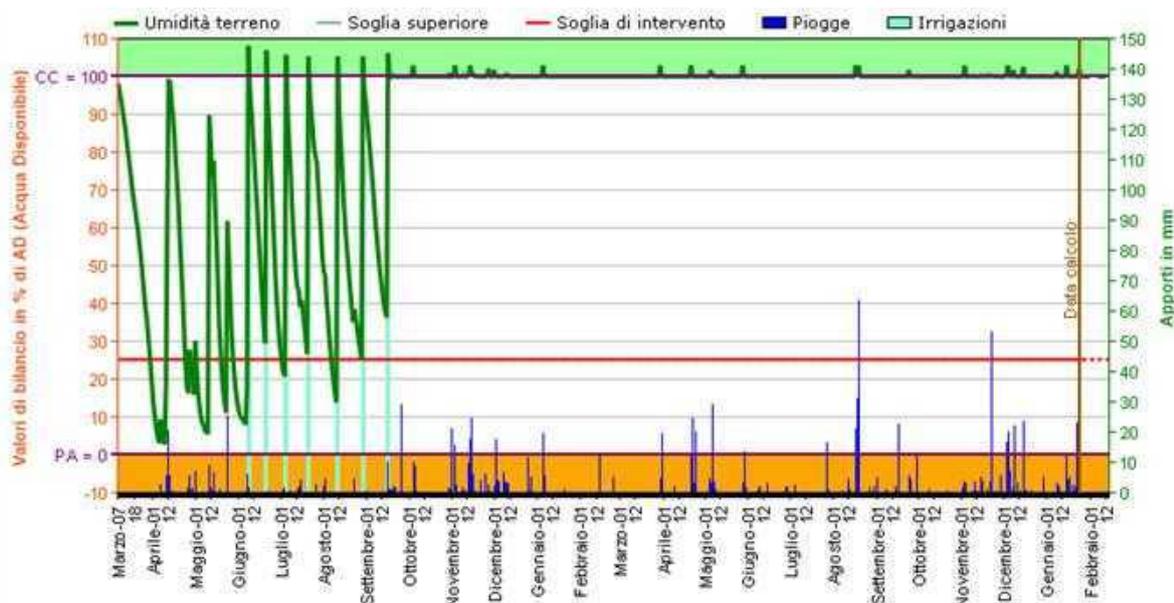


Figura 10: Bilancio irriguo 2021 di IRRIFRAME per l'azienda Pelosi

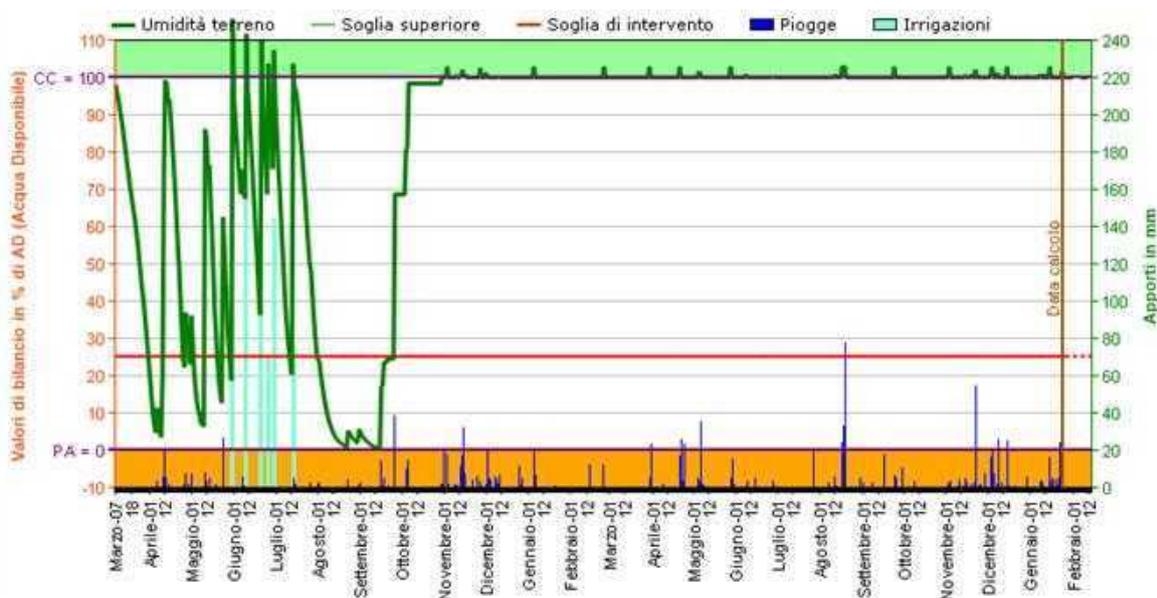


Figura 11: Bilancio irriguo 2021 di IRRIFRAME per l'azienda Govi

Progettazione e installazione della paratoia 4.0

La soluzione “intelligente” (smart) che è stata sviluppata in collaborazione con ETG srl è stata installata presso l’azienda Pelosi in data 31/08/2021 (Figura 12), dopo le opportune verifiche in campo e test da parte del produttore. Il sistema prototipale è stato quindi utilizzato per fini sperimentali durante le annate 2021 (solo in parte) e 2022, ed è stato gestito dai partner del progetto ed in particolare dal personale tecnico scientifico del CER, del CRPA e dal personale dell’azienda Pelosi Pier Antonio con l’assistenza di ETG srl. Le dimensioni indicative della paratoia sono riportate in Figura 13, in figura si segnalano alcuni accorgimenti funzionali nel sistema di movimentazione come il meccanismo di rilievo della fine corsa apertura e chiusura estremamente utili anche per la gestione

in sicurezza del manufatto stesso. Il prototipo della paratoia 4.0 assieme al sistema di sensori è complessivamente composto da tre principali sezioni:

1. paratoia di erogazione modulare dell'acqua collegata a sensori di umidità del terreno wireless iMoisture in tecnologia LoraWAN, alimentata da pannelli solari e intelligenza basata su centralina iLogger;
2. sensore di livello posizionato all'interno del torrino di erogazione dell'acqua per il monitoraggio della portata erogata dalla paratoia e per il computo dei volumi complessivi impiegati per irrigare l'appezzamento sotteso;
3. sistema di telecontrollo realizzato con tecnologia WinNET7 per la gestione del manufatto.



Figura 12: Installazione della paratoia 4.0



Figura 13: Dimensioni indicative della paratoia

La paratoia risulta adattabile a molteplici tipologie di manufatti già esistenti nel territorio e grazie alle sue componenti consente di: (i) rilevare valori di umidità del terreno attraverso un set di sensori wireless in tecnologia Lora (modello prodotto da ETG iMoisture) da posizionare opportunamente

negli appezzamenti a prato stabile polifita; (ii) automatizzare la movimentazione e l'apertura degli organi di distribuzione delle acque sul campo, in funzione dei valori rilevati dai sensori; (iii) misurare la portata in uscita dalla paratoia con opportuni sensori di pressione e, con essa, monitorare i volumi erogati al campo (Figura 12). In pratica, è stato posto in opera il sistema automatizzato per la regolazione dell'erogazione delle acque modificando un sistema aziendale molto diffuso, basato su una linea interrata che preleva acqua dalla rete consortile e la distribuisce lungo la testata dell'appezzamento mediante cosiddetti "torrini" in cemento parzialmente fuori terra (posizionati sul lato corto dei due appezzamenti sperimentali). L'intervento effettuato su manufatti esistenti ha consentito così di automatizzare sia il movimento della paratoia che regola l'apertura sommitale sia la paratoia che gestisce il moto dell'acqua verso il torrino seguente, in modo da modulare l'erogazione sulla coltura e assecondare le variazioni di portata relative alla fonte (pozzo aziendale o rete consortile).

Per quanto riguarda i sensori di umidità posti sul campo, questi sono tre e hanno visto una distribuzione analoga a quella descritta al capitolo precedente (Figura 6). I primi due sensori a monte sono stati posizionati a profondità 30cm, per ottimizzare la stima dell'umidità nello strato maggiormente esplorato dalle radici. Viceversa, l'ultimo sensore è stato posto a profondità 15cm, per rispondere in maniera rapida al passaggio della lama d'acqua e fornire l'input per la chiusura della paratoia (vd. capitolo successivo). Il posizionamento dei sensori è stato calibrato con l'obiettivo di intercettare il flusso idrico in avanzamento, sia in profondità nel terreno, sia lungo la superficie dell'appezzamento. Ciò ha consentito di mantenere un livello di umidità adeguato nello strato di terreno esplorato dalle radici senza generare perdite in profondità, puntando all'equilibrio tra le varie porzioni dell'appezzamento. Parallelamente, sono state evitate sovra irrigazioni nelle parti prossime al punto di erogazione e bagnature sub ottimali nelle parti distali, innalzando l'efficienza di distribuzione che è il vero punto debole dei sistemi a scorrimento. Si segnala che per identificare ulteriori soluzioni che minimizzassero l'intralcio posto dal sensore stesso, il sensore mediano e la relativa antenna sono stati posti in un tombino appena sotto il piano campagna. Le prove condotte sul campo hanno tutta evidenziato come il passaggio della lama d'acqua può costituire una barriera per le onde radio (tecnologia LoraWAN) trasmesse dall'antenna del sensore verso la paratoia. La soluzione, pertanto, è stata scartata a favore di un montaggio tradizionale con antenna posta a +20/30cm dal piano campagna.

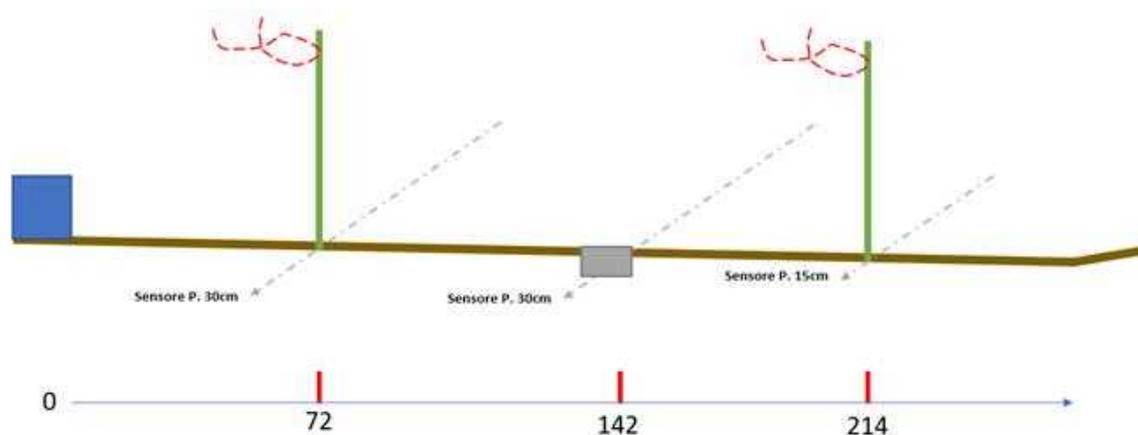


Figura 14: Sensori connessi alla paratoia

Per quanto riguarda il sistema di telecontrollo con tecnologia WinNET7 finalizzato alla gestione in remoto dei manufatti, risulta analogo a quelli abilitanti per la gestione delle reti consortili di consegna delle acque. Il portale finalizzato alla gestione risulta specifico per ogni azienda che lo volesse attivare e contiene le seguenti informazioni (Figura 15):

- Monitoraggio dei valori di umidità del terreno nei diversi punti
- Controllo dello stato della paratoia
- Monitoraggio dei livelli di acqua nel torrino
- Computo dei volumi erogati
- Modalità di azionamento della paratoia (automatico vs. manuale)
- Presenza di eventuali avarie



Figura 15: Portale di gestione della paratoia

Oltre alle funzionalità principali, il portale consente di elaborare i dati archiviati, producendo grafici esportabili in formato .xls particolarmente utili per finalità sperimentali (vd. esempio in Figura 16 e Figura 17)

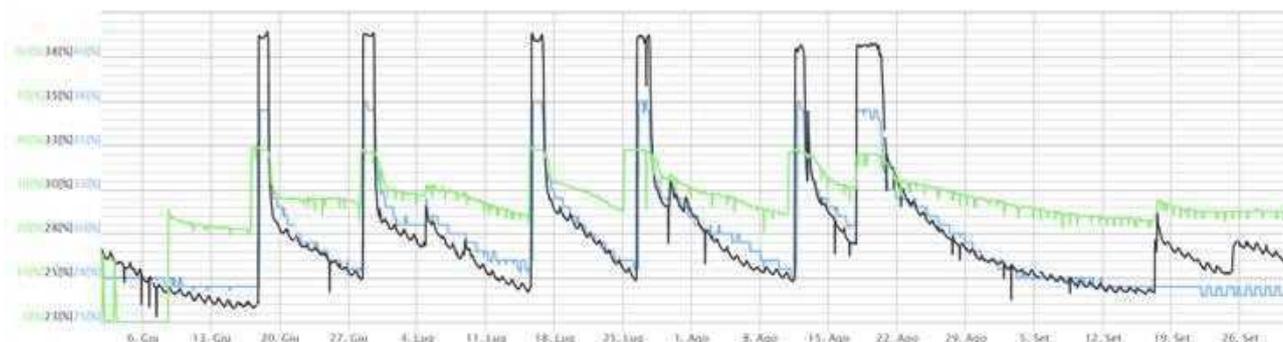


Figura 16: Andamento dell'umidità del terreno 2022 nelle diverse postazioni

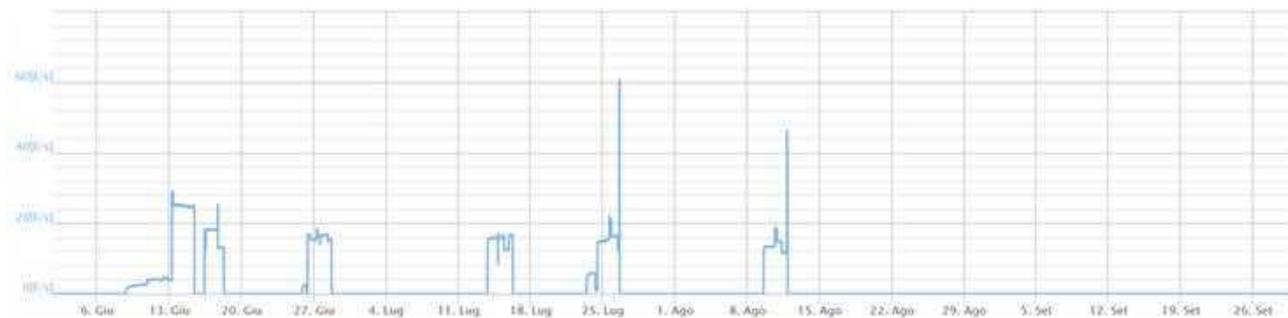


Figura 17: Portate erogate - 2022

Infine, attraverso l'impostazione di opportuni parametri sui quali si basa l'algoritmo di automazione della paratoia, è possibile inserire una o più irrigazioni automatiche utilizzando l'apposita maschera riportata in Figura 18. Per ulteriori dettagli circa i parametri e il funzionamento degli algoritmi di calcolo si rimanda al capitolo seguente.

Figura 18: Maschera per l'inserimento dell'irrigazione automatica

Metodologia di calcolo della portata uscente dalla paratoia

Al fine di monitorare la portata uscente dalla paratoia, sono state implementate metodologie specifiche. Tale misura risulta infatti necessaria per ottimizzare gli interventi irrigui e raccogliere in maniera puntuale le informazioni sui volumi erogati. Dai rilievi effettuati sulla paratoia e sul manufatto esistente è stato possibile osservare che appena si solleva lo scudo della paratoia si perde il battente idraulico a monte dello stesso. Il tubo di erogazione dell'acqua nel torrino si comporta così in maniera paragonabile ad un canale a pelo libero. È stato così possibile utilizzare formule di foronomia e, nello specifico, la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler. Tale formula si riferisce alla portata di una condotta circolare a pelo libero e assume l'assenza di perdite di carico significative dovute alla presenza dello scudo della paratoia. In questo modo il modello idraulico risulta semplificato, riducendo al tempo stesso i fattori di incertezza. Quindi, è stato possibile ricreare una scala delle portate tipica della condotta interessata utilizzando i seguenti dati: il diametro della condotta all'ingresso del pozzetto dove installato l'idrometro (dato misurato, 230

mm); la pendenza della condotta nel tratto prossimo all'ingresso del pozzetto dove installato l'idrometro (dato misurato nel punto esatto di uscita, e stimato per il tratto immediatamente a monte, da cui è stata fatta una media: 0,1%); il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler (80, tipico dei Tubi con lievi incrostazioni). A questo punto, poiché il datalogger che gestisce la paratoia utilizza una formula per il calcolo della portata è del tipo:

$$Q \left[\frac{L}{s} \right] = a * (\text{livello acqua [m]}^b)$$

è stato necessario riproiettare la scala di deflusso sopra indicata e calcolata con l'equazione di Chezy per adattarla all'equazione di cui sopra (Figura 19). Nello specifico i valori di a e b che minimizzassero l'errore rispetto alla scala delle portate di cui sopra corrispondono a: a=154,64 e b=1,4392.

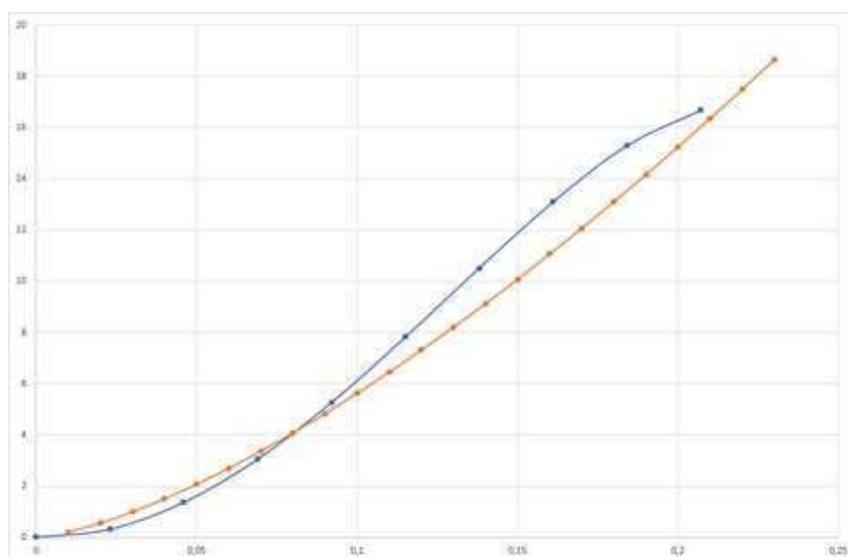


Figura 19: Scale di deflusso (in ascissa il livello dell'acqua [m] e in ordinata la portata [L/s]) della paratoia calcolate con l'equazione di Chezy (azzurro) e in arancione la portata calcolata dal datalogger

Approccio teorico per il calcolo del tempo di scorrimento

Lo scopo principale della soluzione prototipale di paratoia “intelligente” per PRATISMART è quello di ridurre più possibile i consumi idrici nell'irrigazione a scorrimento e lo squilibrio tra quantitativo di acqua erogata in prossimità del punto di erogazione e quello che raggiunge la porzione più lontana di appezzamento. Questo si può ottenere con gli specifici algoritmi che consentono la gestione automatizzata degli organi di distribuzione delle acque sul campo (paratoie ‘intelligenti’). Lo sviluppo di tali algoritmi non può prescindere da una modellazione empirica specifica per l'irrigazione a scorrimento, che sulla base delle caratteristiche del sistema irriguo, dell'appezzamento, dei volumi erogati e della portata erogabile possa permettere l'ottimizzazione del singolo intervento.

Ipotizzando un appezzamento di area $A = B * L$ (Figura 20) l'efficienza dell'irrigazione a scorrimento è definita da due variabili: m : volume d'acqua; K_i : velocità di infiltrazione. A seconda del

valore di queste variabili, si si manifestano tre condizioni teoriche:

- $m = K_i A$: l'acqua viene totalmente assorbita dal terreno e la portata nel fosso di scolo è nulla.
- $m > K_i A$: l'infiltrazione è insufficiente ad assorbire tutta l'acqua immessa e una parte di questa si riversa nel fosso di scolo.
- $m < K_i A$ il corpo d'acqua viene assorbito da una parte del terreno e la porzione inferiore non viene bagnata.



Figura 20: Appezzamento teorico

Per quanto riguarda la velocità di infiltrazione, questa risulta specifica per ogni tipologia di terreno, ma grazie ad opportuni dati tabellari è possibile identificare il valore di riferimento.

Tipologia di suolo Velocità di infiltrazione (mm/ora)

Sabbioso	< 30
Franco Sabbioso	20 - 30
Franco	10 - 20
Franco Argilloso	5 - 10
Argilloso	1 - 5

Tabella 1: Velocità di infiltrazione (fonte: Quaderno n. 5, FAO, 1990)

Data i come la pendenza del terreno (Figura 21), coincidente con la pendenza della lama d'acqua, se vale la relazione $m = K_i A$, alla fine dell'appezzamento la lama d'acqua avrà spessore 0.

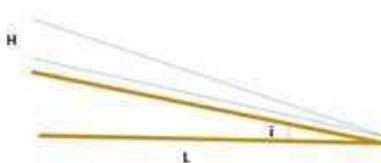


Figura 21: Pendenza dell'appezzamento

La velocità dell'acqua dipende dalla pendenza, dallo spessore della lama e dalla scabrezza della superficie sulla quale avviene lo scorrimento. Per determinare tale velocità, Crevat propose una formula simile a quella di Chézy:

$$V = nh\sqrt{i}$$

Dove n è una costante dipendente dalla scabrezza della superficie ($n = 20$ per un prato appena falciato, $n = 5$ per un prato in pieno sviluppo). Attraverso opportune semplificazioni e assumendo che a fine appezzamento $h = 0$, Crevat è arrivato a determinare l'altezza ottimale della lama d'acqua ad

inizio appezzamento:

$$H = \sqrt{\frac{K_i L}{n\sqrt{i}}}$$

Se consideriamo l'equazione precedente si ha che $h\sqrt{i} = \frac{v}{n}$, è possibile determinare il tempo di scorrimento ottimale:

$$T = 2 \sqrt{\frac{L}{K_i n \sqrt{i}}}$$

L'equazione, tuttavia, assume condizioni morfologiche dell'appezzamento perfette. In caso di disuniformità, è necessario procedere con volumi maggiori. A tale fine, si agisce sui tempi di scorrimento, identificando due principali variabili su cui è necessario intervenire:

- Tempo di Avanzamento (TA): tempo necessario affinché la lama d'acqua raggiunga un determinato obiettivo
- Tempo di Recessione (TR): tempo necessario affinché la lama d'acqua avendo raggiunto un determinato punto, receda una volta terminata l'erogazione
- Intake Opportunity Time (IOT): tempo di contatto tra l'acqua e il suolo, è determinato dalla differenza tra il TR e il TA. IOT determina a sua volta il volume infiltrato al suolo ($Adacquata = K_i IOT$) (Figura 22).

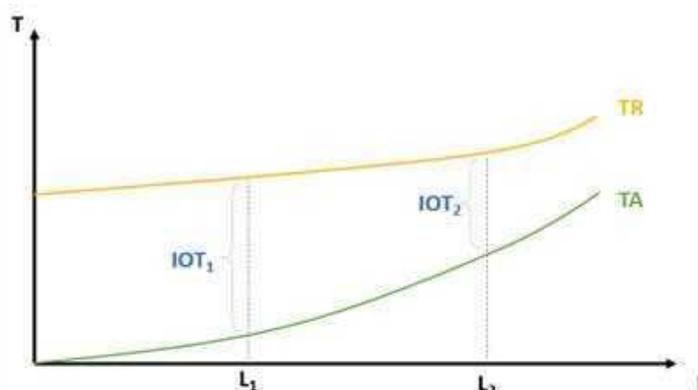


Figura 22: Schematizzazione dell'IOT (fonte: Falciari, 1993)

Come si nota dalla figura riportata sopra, nel caso di appezzamenti lunghi, come quello del progetto, il volume applicato a fine appezzamento risulta estremamente inferiore rispetto a quello di inizio appezzamento. Per evitare che le parti di prato poste in fondo all'appezzamento fruiscono di volumi insufficienti, si adotta un **Tempo di Mantenimento (TM)**, che prevede il mantenimento della portata per tempi maggiori. Questo è ovviamente a scapito dell'efficienza di distribuzione.

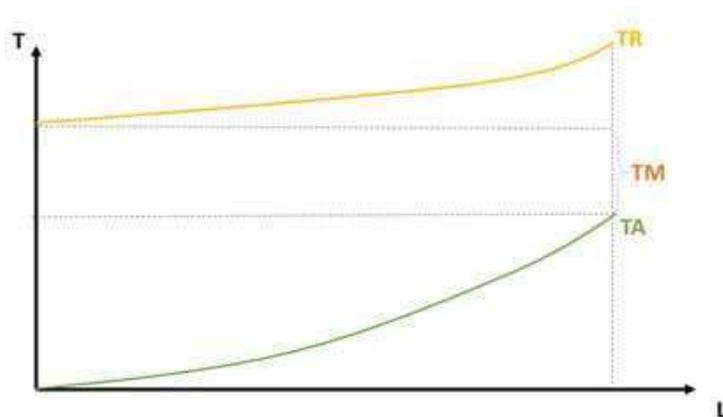


Figura 23: Schematizzazione del TM (fonte: Falciai, 1993)

Alternativamente, spesso si eseguono alla fine dell'appezzamento tratti livellati senza pendenza o in contro pendenza per aumentare il tempo di contatto a fine appezzamento.

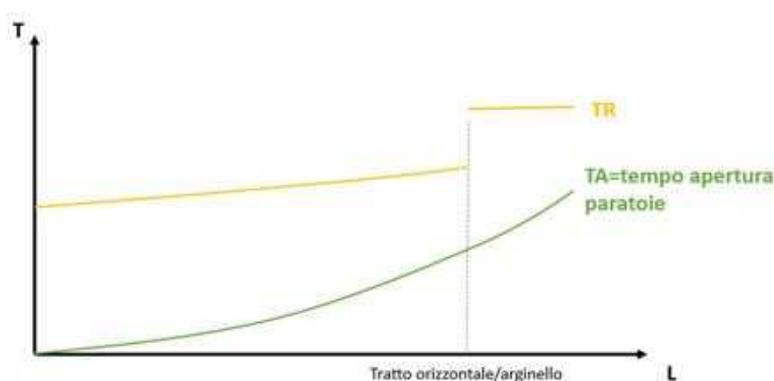


Figura 24: Calcolo del tempo di apertura della paratoia (fonte: Falciai, 1993)

Per ogni soluzione presentata, la modalità di verifica dell'uniformità di distribuzione dell'acqua si basa sull'indice di Rawitz:

$$C = 100 \left(1 - \frac{\sqrt{I - m^2}}{m} \right)$$

dove m è la media degli IOT e I la media dei quadrati degli stessi IOT. I valori dell'indicatore possono ritenersi accettabili solo se maggiori di 80. Inoltre, l'indice di Rawitz ha senso solo quando la velocità di infiltrazione sia omogenea in tutti i punti dell'appezzamento.

L'algoritmo di automazione sviluppato

Capitalizzando sul modello teorico per il calcolo dei tempi di scorrimento, descritto al capitolo precedente, è stato sviluppato l'algoritmo per la determinazione del momento ottimale di apertura e chiusura della paratoia. Il fattore agente che regola la paratoia è il valore di umidità del terreno in varie porzioni dell'appezzamento, rilevato dai sensori interrati nello strato interessato dalle radici delle piante. Grazie ad opportuni rilievi sul campo svolti attraverso l'utilizzo di droni e strumenti per il rilievo della conducibilità elettromagnetica apparente del suolo (Figura 25, presso l'azienda

Pelosi; analoghi rilievi sono stati condotti presso l'azienda Podere Querceto), è stato possibile tarare i parametri tipici del prato stabile per ottenere i valori di input che, integrati con i dati di umidità del suolo permettono di identificare il momento ottimale per interrompere l'irrigazione. Nel dettaglio, le misurazioni sul campo hanno permesso di identificare alcune variabili fondamentali per applicare l'approccio teorico descritto al capitolo precedente e quindi sviluppare l'algoritmo di automazione. Le principali variabili su cui questo algoritmo è basato sono relative a: i volumi erogati dalla paratoia, la variazione della portata erogata dalla paratoia automatica durante l'intervento irriguo, e soprattutto la velocità di avanzamento della lama d'acqua lungo l'appezzamento.



Figura 25: Digital Terrain Model – Quota relativa rispetto al torrino (A) e Rilievi della conducibilità elettromagnetica apparente (B)

Al fine di valutare la velocità di avanzamento della lama d'acqua e la relativa uniformità di distribuzione, durante le stagioni irrigue sono state condotte prove differenti. La prima ha avuto luogo durante l'intervento irriguo del 10 e 11/08/2021 ed ha visto l'utilizzo di 7 trasduttori di pressione tipo Diver prodotti dall'azienda olandese Eijkelkamp. Questi, se posizionati a livello del piano di campagna in un apposito piezometro forato (Figura 26), permettono di misurare l'altezza della lama d'acqua che interessa una parte dell'appezzamento. I piezometri con i relativi Diver sono stati montati secondo lo schema di Figura 27 e hanno permesso di valutare i tempi di avanzamento della lama d'acqua e il relativo tempo di recessione; ottenendo in questo modo i parametri tipici dell'irrigazione a scorrimento, così come evidenziato al capitolo precedente (Figura 28). Per la prova gli strumenti sono stati posizionati sul campo il giorno prima dell'intervento irriguo, la prova è quindi durata oltre la fine dell'intervento stesso per valutare il tempo di recessione della lama d'acqua e la velocità d'infiltrazione dell'acqua nel suolo.



Figura 26: Utilizzo dei Diver per la prova del 10 e 11/08/2021



Figura 27: Schema di posizionamento dei Diver

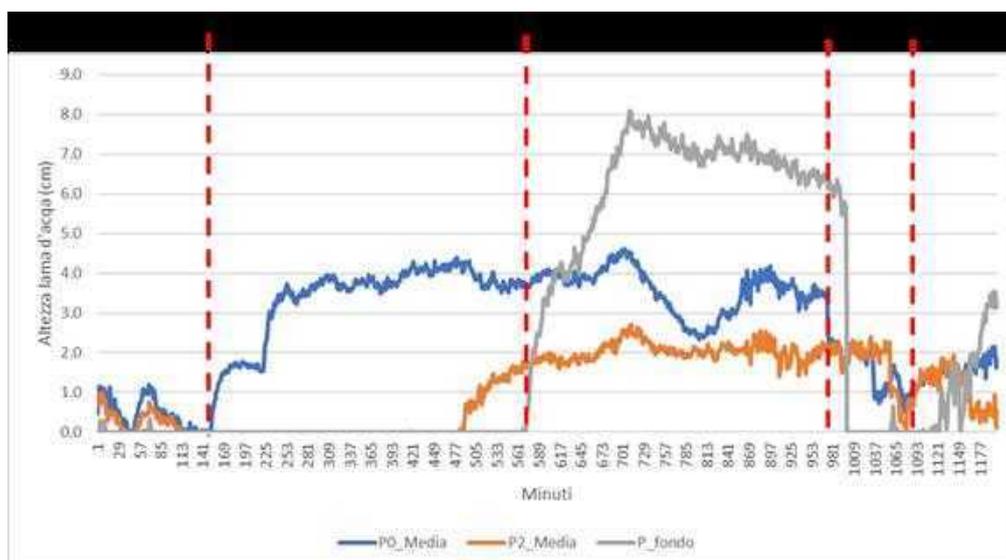


Figura 28: Tempi della lama d'acqua misurati con i Diver

Una seconda prova è stata ripetuta un anno dopo in data 11/08/2022 in concomitanza con l'intervento irriguo e utilizzando un drone modello Anafi Thermal, dotato di termocamera per la stima della temperatura della superficie del terreno. In questo caso l'intervento irriguo è cominciato alle ore 8 di mattina, dopo due ore dall'inizio è stato effettuato un volo di drone, quindi ripetuto alle ore 13. Dal confronto delle due immagini, appare evidente un ovvio aumento delle temperature durante la mattinata. Oltre a questo, è tuttavia rilevabile l'avanzamento della lama d'acqua, che più fredda rispetto al terreno e al prato, permette di essere misurata e identificata (Figura 29).



Figura 29: Confronto tra le temperature al suolo rilevate con drone Anafi Thermal

Sulla base dei dati rilevati e considerate le caratteristiche dell'azienda in oggetto, è stato così impostato l'algoritmo per l'automazione della paratoia. Nel dettaglio, con l'avanzare della lama d'acqua uscente dalla paratoia i sensori sul campo rilevano variazioni di umidità nel terreno. Quando la lama d'acqua raggiunge l'ultimo sensore, posto a $\frac{3}{4}$ dell'appezzamento (nel caso di studio a 200m dalla paratoia automatizzata) questo rileva una variazione di umidità e attiva l'algoritmo di calcolo della velocità di avanzamento media dell'acqua sulla superficie del prato per identificare il momento ottimale di chiusura della paratoia. Il principio di calcolo si basa sulla misura della velocità dell'acqua dal punto P0 al punto P1, questa velocità è quindi proiettata fino al punto P2 e alla fine del campo, così da chiudere la paratoia prima che la lama d'acqua raggiunga il fosso finale di scolo. In questo modo sono evitate le perdite dovute alle così dette *colatizie*.

AZIONE 2 – Rilievo di dati agronomici, ambientali, economici

Presso le due aziende agricole ove è stata condotta l'attività sperimentale, Az. Pelosi Pier Antonio e Podere Querceto Soc. Agr. (di Govi), sono stati raccolti i dati relativi a:

- operazioni agronomiche e relative attrezzature impiegate,
- caratterizzazione degli effluenti di allevamento utilizzati ai fini fertilizzanti (volumi e caratteristiche chimiche),
- produzioni vegetali (quantità/qualità),
- caratterizzazione del terreno e monitoraggio della dinamica dei nutrienti (N, P),

Per ogni azienda, all'inizio delle sperimentazioni, è stato realizzato un campionamento rappresentativo dell'appezzamento oggetto di prova, per la caratterizzazione generale del terreno.

Tabella 2 - Caratteristiche del terreno dei siti di sperimentazione

Parametri	Pelosi Pier Antonio 0-30 cm	Podere Querceto 0-30 cm
Argilla (%)	33,8	31,7
Limo (%)	44,3	48,8
Sabbia (%)	21,9	19,5
pH (H₂O)	7,43	7,35
pH (CaCl₂)	7,01	6,97
Calcare Totale (%)	<1	1,9
Conducibilità (µS/cm)	340	340
Sostanza Organica (g/kg)	52,7	57,9
Azoto totale (g/kg)	2,7	3,8
Fosforo Assimilabile (g/kg)	60,6	41,2
Potassio scambiabile (g/kg)	357	208
C.S.C. (meq/kg)	27,4	27,4

In entrambi i casi la tessitura è risultata limoso-argillosa, con pH vicini alla neutralità e calcare assente o molto scarso, mentre i tenori di sostanza organica sono piuttosto elevati (>5%), indice di prati affrancati da almeno qualche decina di anni. Tutti e tre i macronutrienti si collocano su livelli medio alti.

Apporti fertilizzanti

Si è proceduto alla quantificazione degli apporti di fertilizzanti (liquami e letami di origine bovina) e alla loro caratterizzazione chimica. Complessivamente sono stati effettuati n. 3 interventi fertilizzanti sia per l'appezzamento dell'azienda Pelosi Pier Antonio (con soli liquami) che per l'appezzamento dell'azienda Podere Querceto (sia con liquame che con letame).

Tabella 3 - Caratteristiche degli effluenti di allevamento distribuiti presso l'azienda Pelosi Pier Antonio

Parametri	Unità di misura	08 febbraio 2022	23 febbraio 2022	09 luglio 2022
		Liquame bovino	Liquame bovino	Liquame bovino
Solidi Totali	[g/kg tq]	14,07	16,64	9,19
	[%tq]	1,41	1,66	0,92
Solidi Volatili	[g/kg tq]	8,15	10,54	4,12
	[%ST]	57,92	63,34	44,83
Azoto Totale	[mg/kg tq]	1076	985	719
	[%ST]	7,65	5,92	7,82
Azoto Ammoniacale	[mg/kg tq]	579	674	523
	[%NTK]	53,81	68,43	72,74
Carbonio Organico Totale	[%ST]	50,476	47,96	28,69
	C/N	6,60	8,10	3,67
Fosforo Totale	[mg/kg tq]	148	75,92	106
	[%ST]	1,05	0,46	1,16

Gli interventi con liquami bovini (scolo di letamaia) sono stati effettuati con classico carrobotte dotato di piatto deviatore; all'inizio del 2022 sono stati apportati rispettivamente 7 e 4 l/m² nei giorni 08 e 23 febbraio. In entrambi i casi si è trattato di liquami piuttosto diluiti. L'apporto complessivo di azoto dovuto ai due interventi è stato di 115 kg N/ha, di cui oltre la metà in forma ammoniacale prontamente disponibile e il resto in forma organica a più lenta cessione.

Un altro intervento con liquame ancora più diluito è stato effettuato dopo il secondo taglio (luglio).

La sostanza secca media dei liquami è risultata dell' 1,3%, l'azoto totale medio quasi 1 g/kg, gli apporti di azoto annui di circa 170 kg/ha.

Tabella 4 - Caratteristiche degli effluenti di allevamento distribuiti presso l'azienda Podere Querceto

Parametri	Unità di misura	28 giugno 2021	14 dicembre 2021	23 maggio 2022
		Liquame bovino	Letame bovino	Liquame bovino
Solidi Totali	[g/kg tq]	37,98	191,95	43,28
	[%tq]	3,80	19,20	4,30
Solidi Volatili	[g/kg tq]	24,23	142,57	29,57
	[%ST]	63,80	74,27	68,32
Azoto Totale	[mg/kg tq]	2312	5649	2334
	[%ST]	6,09	2,94	5,39
Azoto Ammoniacale	[mg/kg tq]	1306	60	1179
	[%NTK]	56,49	1,06	50,51
Carbonio Organico Totale	[%ST]	46,605	43,99	47,85
	C/N	7,66	14,95	8,87
Fosforo Totale	[mg/kg tq]	639	2221	652
	[%ST]	1,68	1,16	1,51

Gli apporti di effluenti zootecnici sono stati sia con liquami bovini chiarificati, dopo il primo o il secondo taglio, che in periodo autunnale con letame.

La sostanza secca media dei liquami chiarificati è risultata attorno al 4%, mentre per il letame al 19%. L'azoto totale medio dei liquami 2,3 g/kg (letame 5,6), per apporti annui anche in questo caso attorno a 170 kg/ha (con una liquamazione ed una letamazione)

Apporti irrigui e caratteristiche delle acque

Tabella 5 - Irrigazioni condotte presso l'azienda Pelosi Pier Antonio (anno 2021)

Data	Origine	Portate	Calcoli dei quantitativi				Modalità
			L/min	L/ora	L totali	mm	
09/06/2021	pozzo	36 h con 55 L/s	3300	198000	7128000	237,6	scorrimento
21/06/2021	pozzo	28h con 55 L/s	3300	198000	5544000	184,8	scorrimento
03/07/2021	pozzo	19h con 55 L/s	3300	198000	3762000	125,4	scorrimento
22/07/2021	pozzo	19h con 55 L/s	3300	198000	3762000	125,4	scorrimento
26/07/2021	pozzo	18h con 55 L/s	3300	198000	3564000	118,8	scorrimento
11/08/2021	pozzo	24h con 50 L/s	3000	180000	4320000	144	scorrimento
29/08/2021	pozzo	17h con 50 L/s	3000	180000	3060000	102	scorrimento
16/09/2021	pozzo	6h con 50 L/s	3000	180000	1080000	36	scorrimento
						1074	

Tabella 6 - Irrigazioni condotte presso l'azienda Podere Querceto (anno 2021)

Data	Origine	Portate	Calcoli dei quantitativi			Modalità
			L/min	L/biolca	mm	
31/05/2021	Enza	240L/s per 50min/biolca	14400	720000	246	scorrimento
09/06/2021	Enza	220L/s per 40min/biolca	13200	528000	181	scorrimento
11/06/2021	Enza+pozzo	160L/s per 60min/biolca	9600	576000	197	scorrimento
26/06/2021	pozzo	65 mm media 3 pluviometri			65	aspersione
12/07/2021	pozzo consortile	75 mm media 3 pluviometri			75	aspersione
02/08/2021	Enza+pozzo consortile	70mm			70	aspersione
15/08/2021	pozzo	75mm			75	aspersione
29/08/2021	pozzo	65mm			65	aspersione
13/09/2021	pozzo	60mm			60	aspersione
					1034	

Tabella 7 - Irrigazioni condotte presso l'azienda Podere Querceto (anno 2022)

Data	Origine	Portate	mm	Modalità
18/03/2022	Enza	250L/s per 60min/biolca	308,01	scorrimento
11/04/2022	Enza	240L/s per 50min/biolca	246,41	scorrimento
24/05/2022	Enza	200L/s per 60min/biolca	246,41	scorrimento
13/06/2022	Enza	130L/s per 90min/biolca	205,12	scorrimento
01/07/2022	Enza+pozzo	90L/s per 120min/biolca	221,77	scorrimento
08/07/2022	Enza+pozzo	75L/s per 120min/biolca	157,79	scorrimento

14/07/2022	Enza+pozzo	70L/s per 120min/biolca	172,48	scorrimento
31/07/2022	Enza+pozzo	100 mm media 3 pluviometri	100	aspersione
09/08/2022	Enza+pozzo	100 mm media 3 pluviometri	100	aspersione
07/10/2022	Enza	115L/s per 105min/biolca	247,95	scorrimento
			2005	

Di seguito vengono presentate le principali caratteristiche di qualità delle acque irrigue, campionate nel corso delle due stagioni irrigue per entrambe le aziende e derivanti da diverse fonti. I dati sono nella norma per acque di buona qualità, se si fa eccezione per l'elevato livello di nitrati (al limite della potabilità) nelle acque di pozzo.

Tabella 8 - Caratteristiche delle acque irrigue distribuite presso l'azienda Pelosi Pier Antonio (anno 2021)

		Pozzo	Pozzo	Pozzo
		09/06/2021	22/07/2021	16/09/2021
pH	-	7,68	6,75	7,28
Conducibilità	mS/cm	0,86	0,68	0,91
ST	g/kg	0,4	0,56	0,67
SST	g/l	NR	0,1	0,0005
COD	mg O ₂ /l	16,4	18,6	NR
NTK	mg/kg	6,18	8,41	10,46
N-NH ₄ ⁺	mg/kg	NR	0,018	NR
NO ₃ ⁻	mg/kg	41,6	46,9	43,1
P	mg/kg	NR	NR	NR

Tabella 9 - Caratteristiche delle acque irrigue distribuite presso l'azienda Podere Querceto (anno 2021)

		Enza	Enza + pozzi
		09/06/2021	11/06/2021
pH	-	8,03	7,85
Conducibilità	mS/cm	0,26	0,527
ST	g/kg	0,25	0,579
SST	g/l	0,04	0,021
COD	mg O ₂ /l	20,2	28,6
NTK	mg/kg	3,92	10,275
N-NH ₄ ⁺	mg/kg	0,08	0,381
NO ₃ ⁻	mg/kg	0,99	24,724
P	mg/kg	NR	NR

Tabella 10 - Caratteristiche delle acque irrigue distribuite presso l'azienda Pelosi Pier Antonio (anno 2022)

		Pozzo	Pozzo	Pozzo	Pozzo
		17/06/2022	28/06/2022	15/07/2022	11/08/2022
pH	-	6,75	7,18	7,16	7,29
Conducibilità	mS/cm	0,805	0,848	0,827	0,64
ST	g/kg	0,63	0,68	0,56	0,54
SST	g/l	0,01	0,01	0,01	0,09
COD	mg O ₂ /l	17,4	9,85	21,2	21,4
NTK	mg/kg	3,52	2,11	1,55	0,26
N-NH ₄ ⁺	mg/kg	NR	NR	NR	NR
NO ₃ ⁻	mg/kg	41,08	36,47	37,88	37,22
P	mg/kg	NR	NR	NR	NR

Tabella 11 - Caratteristiche delle acque irrigue distribuite presso l'azienda Podere Querceto (anno 2022)

		Enza	Enza	Enza	Enza + pozzi	Enza + pozzi	Enza + pozzi	pozzi	Enza
		12/04/22	24/05/22	17/06/22	05/07/22	09/07/22	15/07/22	31/07/22	07/10/22
pH	-	8,09	7,93	8,01	7,8	7,7	7,41	8,06	7,62
Conducib.	mS/cm	0,33	0,434	0,455	0,345	0,638	0,677	0,818	0,397
ST	g/kg	0,26	0,35	0,43	0,21	0,48	0,49	0,67	0,23
SST	g/l	0,007	0,001	0,01	0,08	0,004	0,002	0,005	0,031
COD	mg O ₂ /l	18	NR	21	11,5	8,18	23	29,2	22,6
NTK	mg/kg	7,76	9,93	NR	0,21	NR	NR	0,41	1,06
N-NH ₄ ⁺	mg/kg	NR	NR	NR	0,08	NR	NR	NR	0,03
NO ₃ ⁻	mg/kg	1,38	1,36	2,09	8,59	13,31	15,43	23,47	1,087
P	mg/kg	NR	NR	NR	0,07	NR	NR	NR	NR

Produzioni vegetali

Per ciascuno dei tagli di foraggio sono state determinate le produzioni di sostanza secca e le asportazioni di azoto e fosforo, con 3 campionamenti a distanze crescenti dal lato di immissione delle acque irrigue (vedi schemi di campo, a ¼, ½ e ¾ della lunghezza totale), con il fine di verificare se e in che misura la qualità dei foraggi risulti influenzata da diverse condizioni di bagnatura. Sono stati effettuati un totale di: 2 anni x 5 prelievi x 3 distanze = 30 campioni di foraggio, sui quali sono state condotte, oltre alle analisi di laboratorio di cui sopra, anche le caratterizzazioni qualitative complete con metodologia NIRS (che include umidità, ceneri, proteine grezze, fibre grezze e frazioni delle fibre, grassi, amido, zuccheri, vari elementi minerali).

- Azienda Pelosi Pier Antonio, anno 2021

Nell'anno 2021 sono stati effettuati 5 tagli, da fine maggio e sino ai primi di novembre, con produzioni decrescenti nel corso del periodo, per un totale di circa 15 t SS/ha. I dati per ciascun taglio, incluse le concentrazioni e le asportazioni di azoto e fosforo, sono riassunti nelle seguenti tabella e figura.

N. taglio	Data taglio	Produzioni	Azoto		Fosforo	
		t SS/ha	% SS	Kg N/ha	% SS	Kg P/ha
1	26/05/2021	6,00	0,93	55,6	0,21	12,8
2	01/07/2021	3,88	1,52	59,0	0,33	12,8
3	06/08/2021	2,33	1,81	42,2	0,43	9,9
4	10/09/2021	1,66	2,00	33,1	0,56	9,4
5	10/11/2021	1,11	2,57	28,5	0,55	6,1
Totali		14,98		218,4		51,0

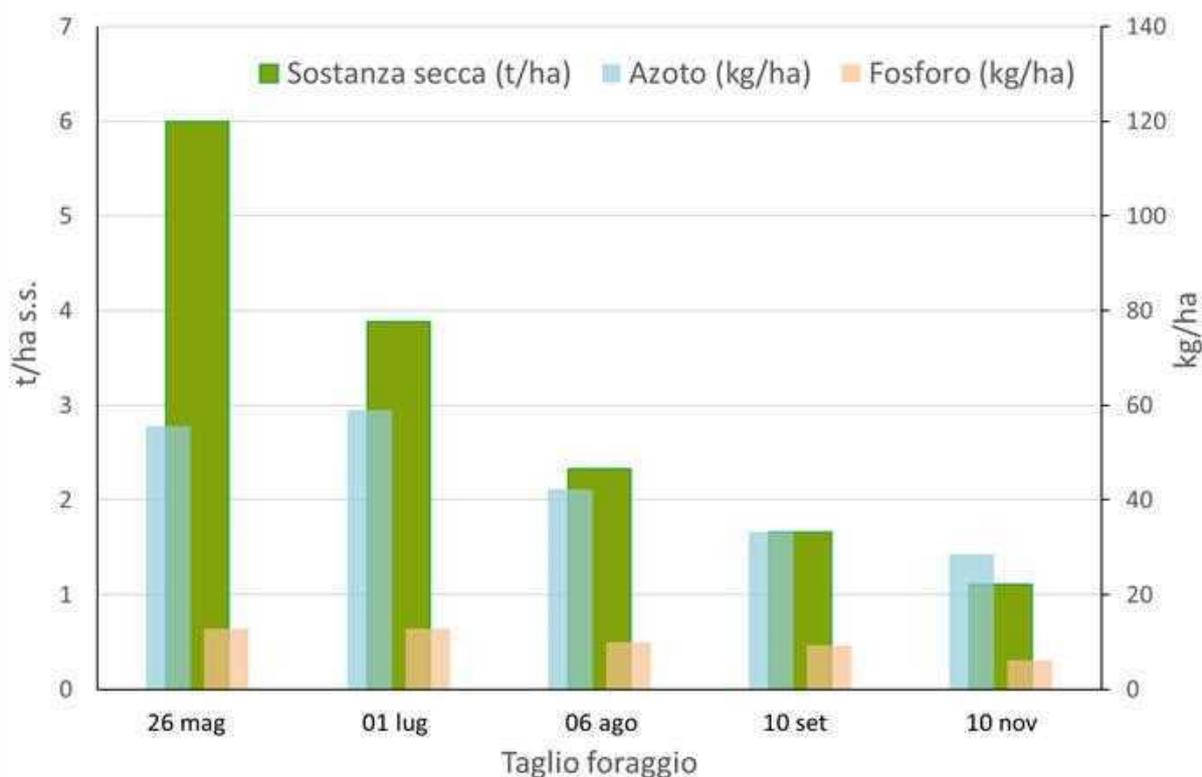


Tabella 12 e Figura 30 - Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

- Azienda Podere Querceto, anno 2021

Nell'anno 2021 sono stati effettuati 5 tagli, da fine maggio e sino ai primi di novembre, con produzioni decrescenti nel corso del periodo, per un totale di circa 17,5 t SS/ha. I dati per ciascun taglio, incluse le concentrazioni e le asportazioni di azoto e fosforo, sono riassunti nella seguente tabella e figura.

N. taglio	Data taglio	Produzioni t SS/ha	Azoto		Fosforo	
			% SS	Kg N/ha	% SS	Kg P/ha
1	26/05/2021	7,71	1,12	86,1	0,28	21,3
2	21/06/2021	2,94	1,66	48,9	0,44	12,8
3	29/07/2021	2,40	2,01	48,2	0,35	8,3
4	03/09/2021	2,40	2,17	52,0	0,51	12,2
5	10/11/2021	2,18	2,00	43,4	0,54	11,7
Totali		17,63		278,7		66,5

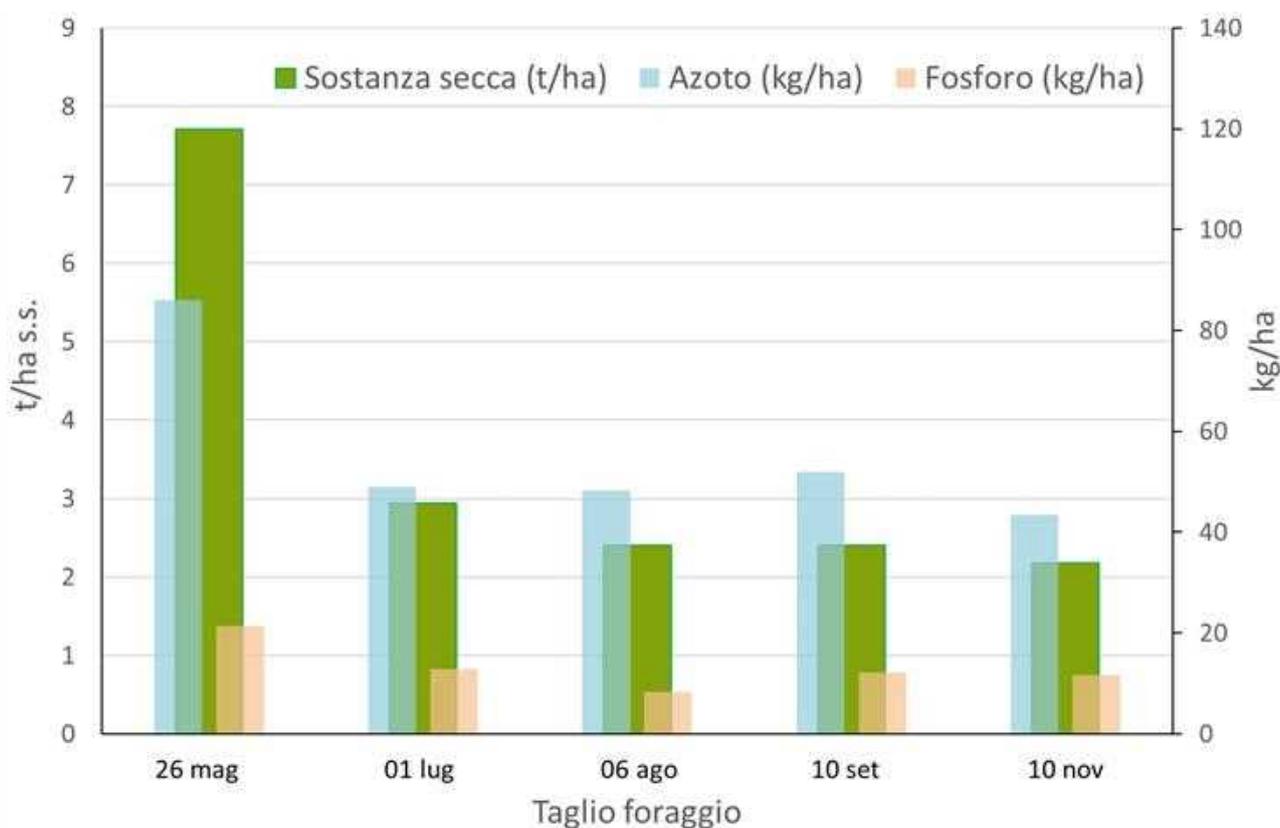


Tabella 13 e Figura 31 - Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

- Azienda Pelosi Pier Antonio, anno 2022

Anche nell'anno 2022 sono stati effettuati 5 tagli, da fine maggio e sino a fine ottobre, con produzioni decrescenti nel corso del periodo, per un totale di circa 15 t SS/ha. I dati per ciascun taglio, incluse le concentrazioni e le asportazioni di azoto e fosforo, sono riassunti nelle seguenti tabella e figura.

N. taglio	Data taglio	Produzioni	Azoto		Fosforo	
		t SS/ha	% SS	Kg N/ha	% SS	Kg P/ha
1	20/05/2022	6,46	1,20	77,5	0,31	20,0
2	01/07/2022	2,34	1,72	40,3	0,35	7,3
3	22/08/2022	1,75	1,72	30,2	0,44	7,8
4	21/09/2022	3,28	1,90	62,4	0,56	18,3
5	28/10/2022	1,30	2,57	33,54	0,57	7,4
Totali		15,13		243,8		61,7

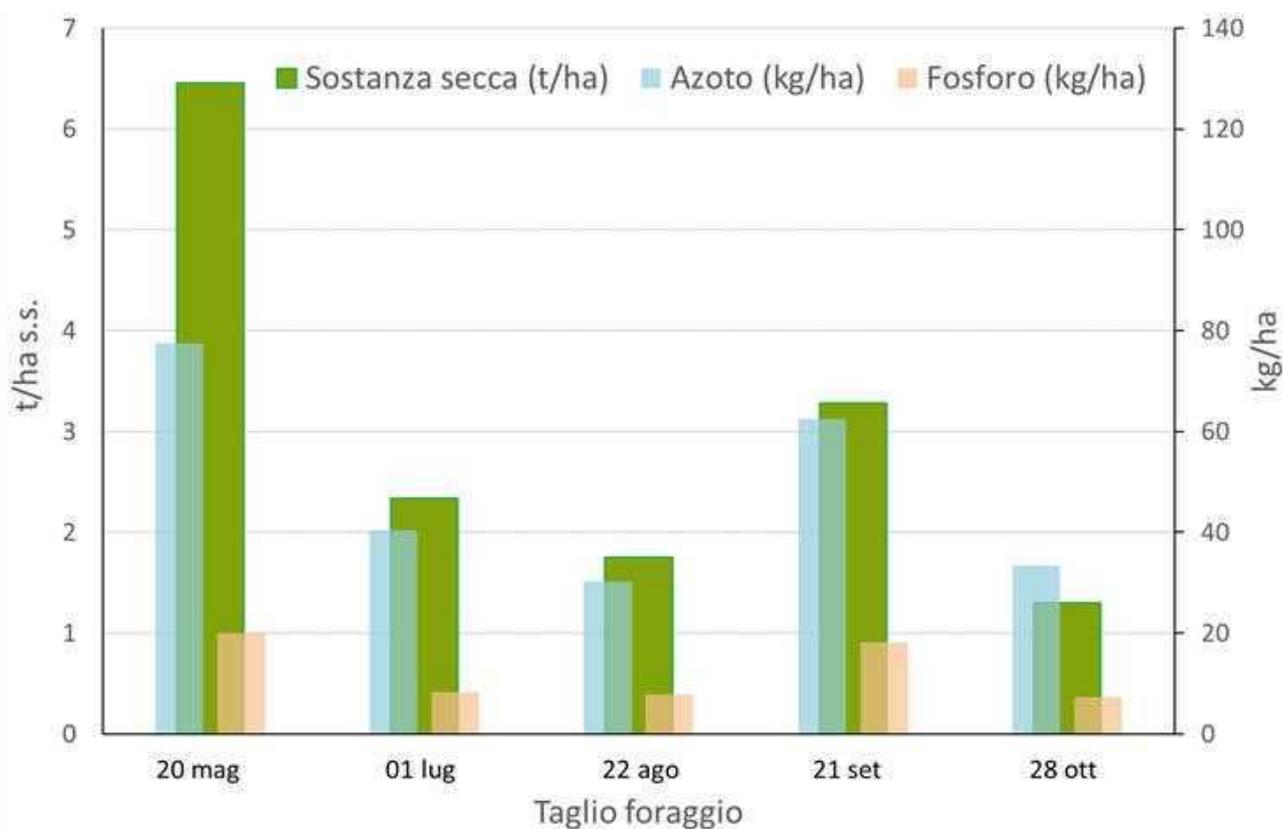


Tabella 14 e Figura 32 - Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

- Azienda Podere Querceto, anno 2022

Nell'anno 2022 sono stati effettuati 5 tagli, da metà maggio e sino a fine ottobre, con produzioni decrescenti nel corso del periodo, per un totale piuttosto elevato di circa 18,7 t SS/ha, giustificato da elevato impiego di acqua ai fini irrigui. I dati per ciascun taglio, incluse le concentrazioni e le asportazioni di azoto e fosforo, sono riassunti nella seguente tabella e figura.

N. taglio	Data taglio	Produzioni t SS/ha	Azoto		Fosforo	
			% SS	Kg N/ha	% SS	Kg P/ha
1	15/05/2022	7,17	1,11	79,8	0,24	17,4
2	20/06/2022	4,32	1,67	72,1	0,39	16,8
3	24/07/2022	2,65	1,82	48,2	0,39	10,4
4	04/09/2022	2,76	1,84	50,8	0,47	12,9
5	27/10/2022	1,79	2,50	44,7	0,57	10,1
Totali		18,69		295,7		67,7

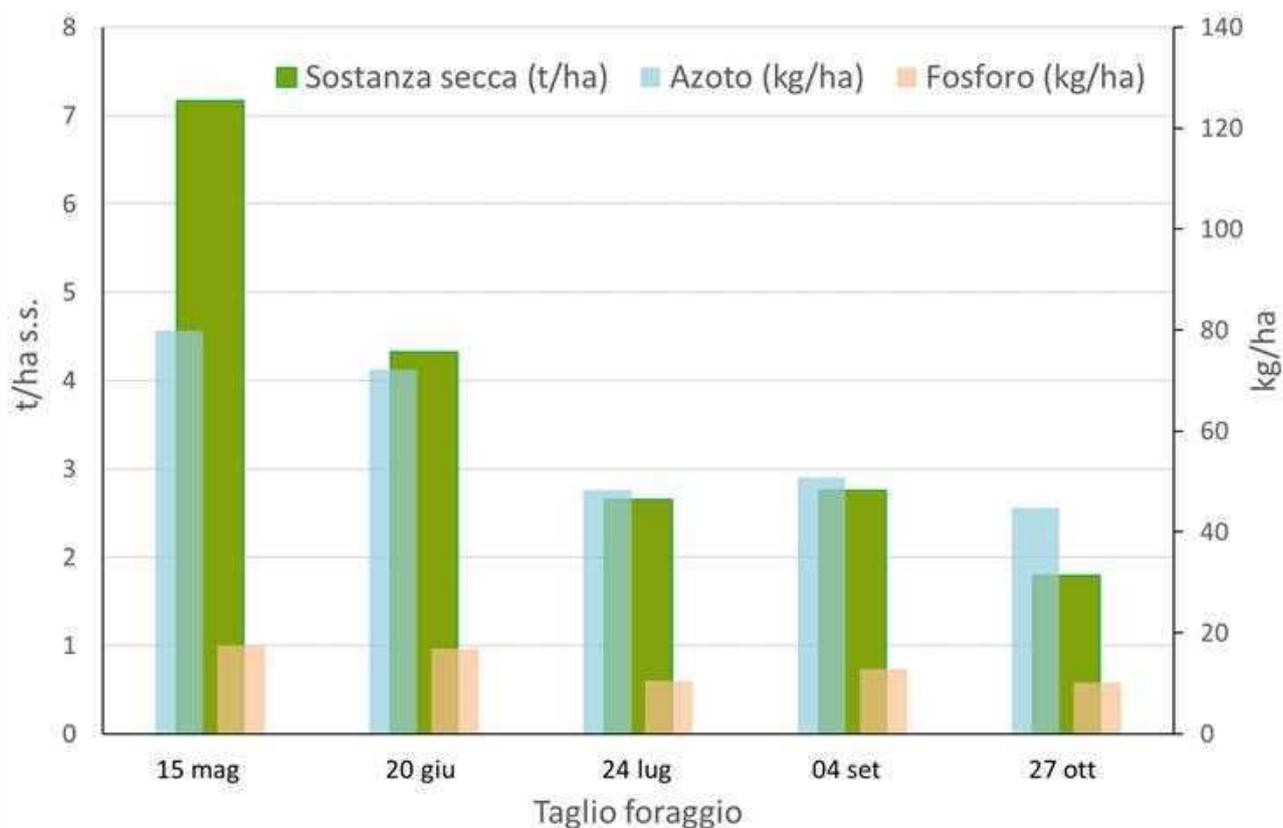


Tabella 15 e Figura 33 - Produzioni di foraggio e asportazioni di azoto e fosforo, per ciascun taglio e totali

Riguardo alla qualità dei foraggi, dai dati di azoto totale si è calcolato il contenuto proteico, che è risultato generalmente crescente dal primo al quinto taglio, per la maggiore presenza di essenze leguminose e ben correlato ai valori stimati con la tecnica NIRS, come illustrato nei due grafici che seguono (rif. anno 2021, Azienda Pelosi e Podere Querceto).

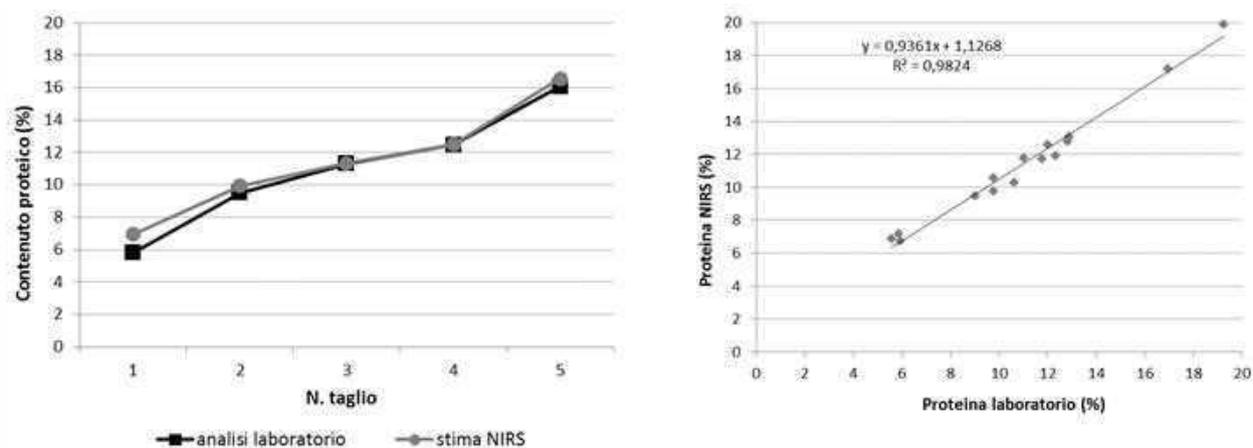


Figura 34 – Contenuti proteici dei foraggi dalle analisi di laboratorio e confronto con stime NIRS

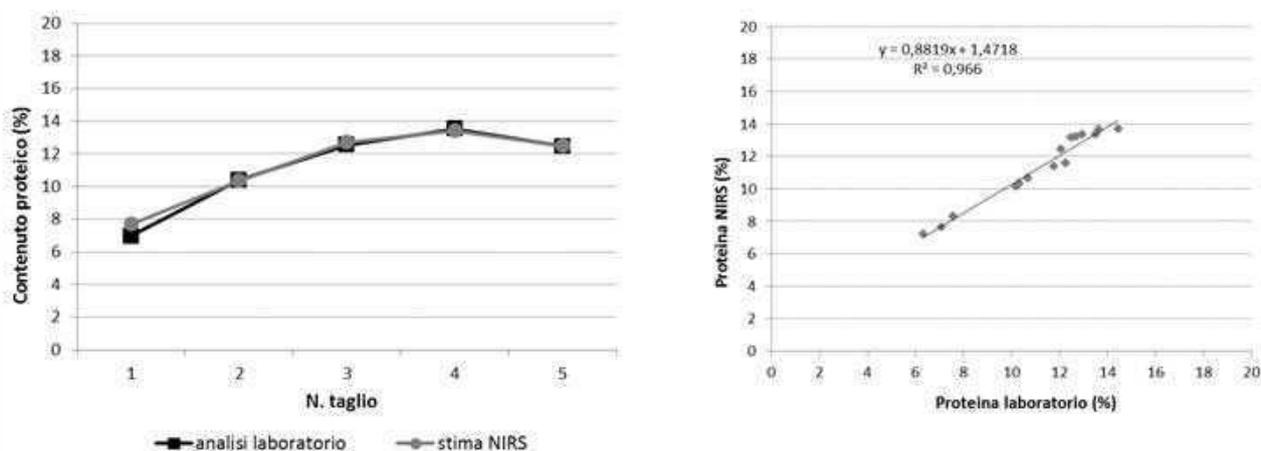


Figura 35 – Contenuti proteici dei foraggi dalle analisi di laboratorio e confronto con stime NIRS

Dinamica dei nutrienti

È stata condotta un'attività di campionamento periodico dei terreni per determinare la dinamica dei due principali nutrienti vegetali a distanze crescenti dal lato di immissione delle acque irrigue, con il fine di verificare se e in che misura le concentrazioni risultano influenzate sia da diverse condizioni di bagnatura ma soprattutto dal periodo di campionamento. Per 3 volte nell'arco di ciascuna delle stagioni irrigue sono stati prelevati campioni di terreno a 3 diverse distanze dal lato di immissione delle acque irrigue (vedi schema di campo, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ della lunghezza totale), a due profondità (0-30 e 30-60 cm) e con 3 ripetizioni per ogni distanza (due laterali ed una centrale). Su ciascun campione sono state determinate le concentrazioni di N nitrico, N ammoniacale e P assimilabile (Olsen) su un numero totale di 108 campioni di terreno (2 anni x 3 prelievi x 3 distanze x 2 profondità x 3 ripetizioni).

I dati di azoto nitrico, seppure sempre rientranti in un range di normalità (< 50 mg/kg), in genere hanno mostrato i valori più elevati nel secondo campionamento, quello eseguito nei mesi più caldi (luglio-agosto), per probabile elevata mineralizzazione incentivata anche dalle frequenti irrigazioni ma assorbimento ridotto per presenza di leguminose e scarso vigore vegetativo dovuto alle alte temperature. Unica eccezione i dati di Podere Querceto per l'anno 2022, probabile causa le frequenti e abbondanti irrigazioni che possono avere lisciviato i nitrati presenti in estate. In ogni caso i valori dello strato 0-30 cm sono risultati sempre più alti di quelli dello strato sottostante (30-60 cm), seppur con lo stesso andamento.

I dati di azoto ammoniacale si collocano generalmente un ordine di grandezza al di sotto di quelli dell'azoto nitrico, ma con alcuni valori più elevati riscontrati in particolare a inizio giugno 2022, in entrambe le aziende, probabilmente da collegare alle fertilizzazioni primaverili.

I dati di fosforo Olsen sono risultati piuttosto elevati presso entrambe le aziende, ma in particolare all'Azienda Pelosi, con valori che per lo strato 0-30 cm si sono generalmente collocati tra 100 e 200 mg/kg mentre presso Podere Querceto sono sempre rimasti sotto i 100 mg/kg. Si tratta senz'altro di un elemento da attenzionare, in particolare per il possibile rischio di trasferimento di fosforo alle acque di scorrimento che escono dai campi ed alimentano la rete di canali superficiale.

Per nessuno dei tre elementi sembra esservi una correlazione delle concentrazioni con la distanza dal torrino di irrigazione, anche se la maggior parte dei valori più elevati di fosforo assimilabile sono stati riscontrati a metà campo presso Podere Querceto.

- Azienda Pelosi Pier Antonio, anno 2021

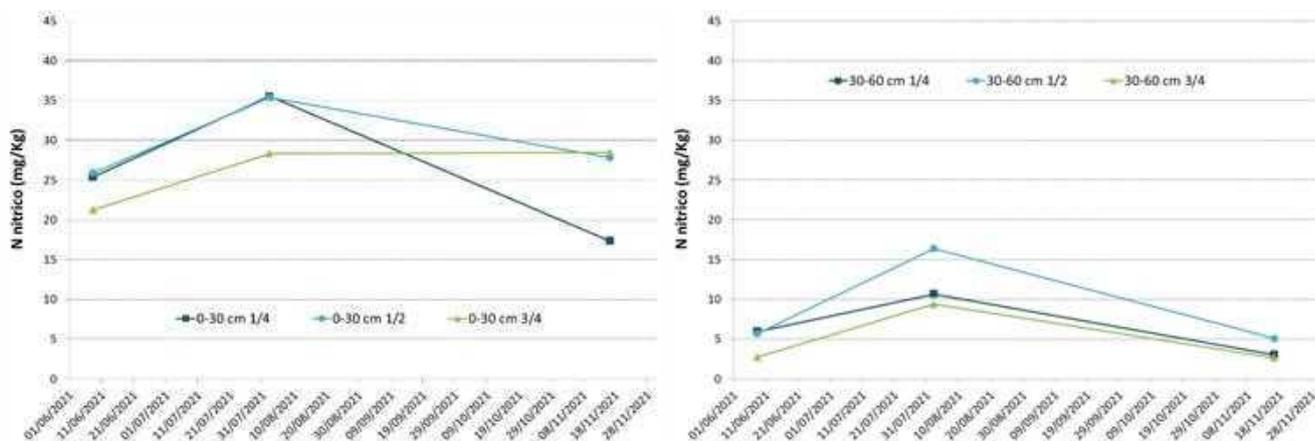


Figura 36 – Concentrazioni di azoto nitrico nei terreni, a due profondità (anno 2021)

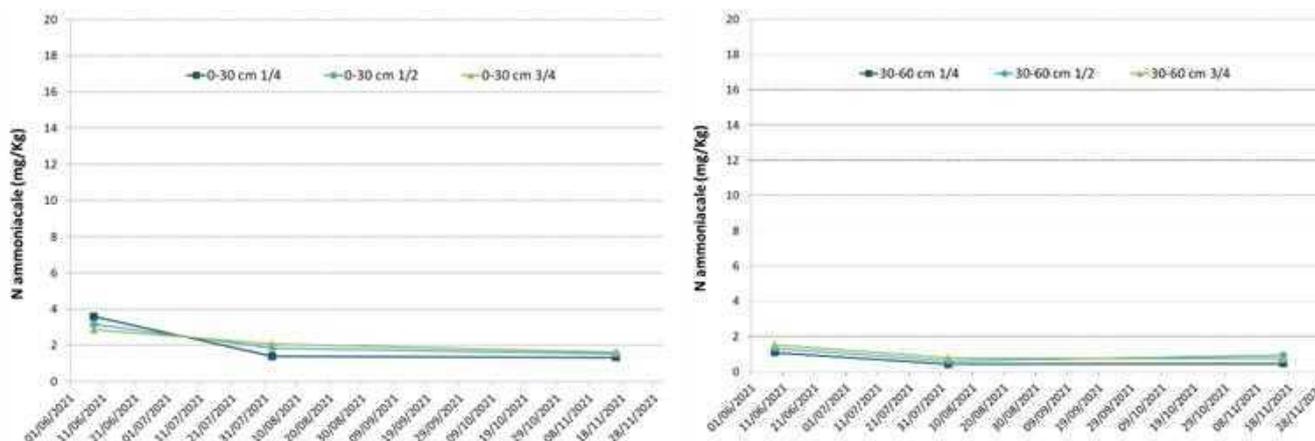


Figura 37 – Concentrazioni di azoto ammoniacale nei terreni, a due profondità (anno 2021)

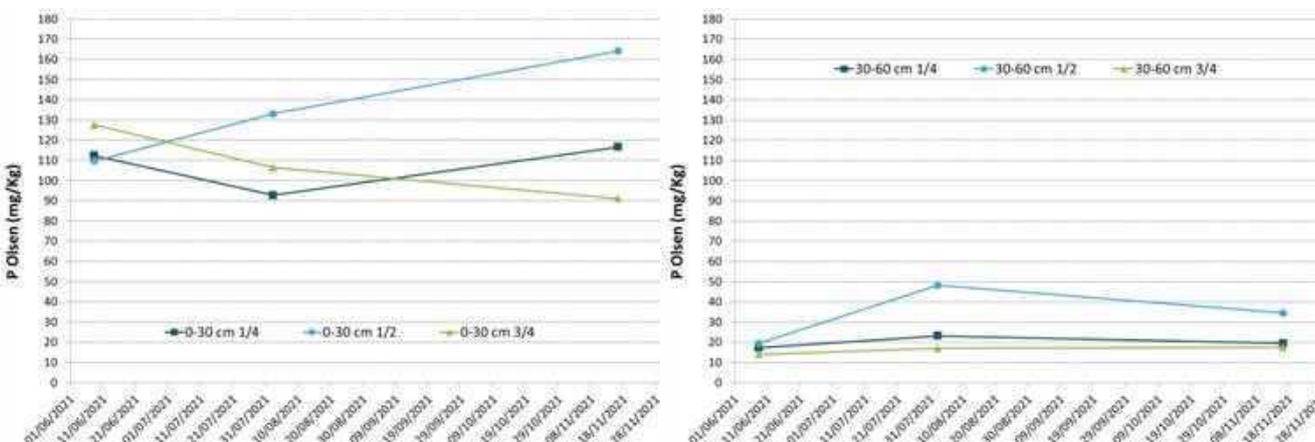


Figura 38 – Concentrazioni di fosforo assimilabile nei terreni, a due profondità (anno 2021)

- Azienda Podere Querceto, anno 2021

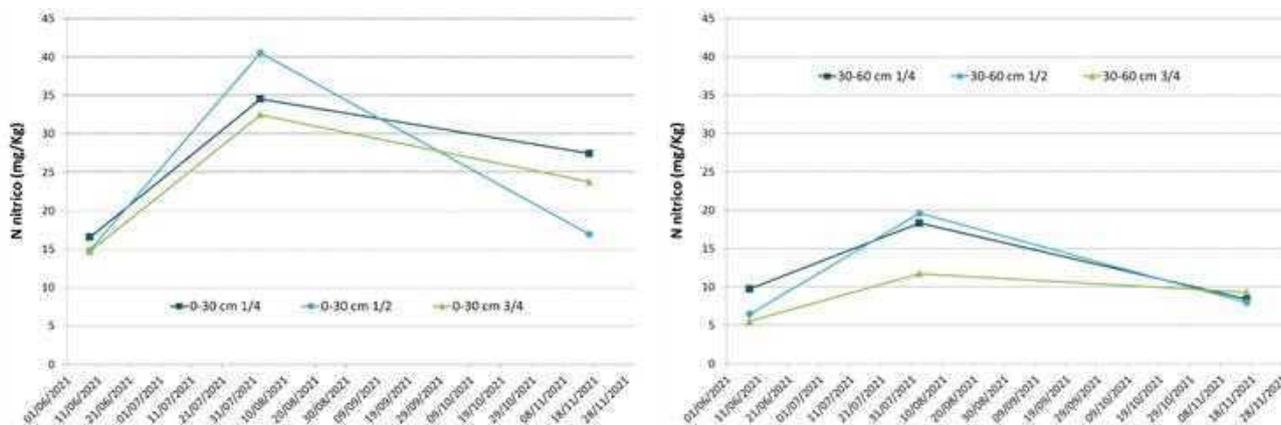


Figura 39 – Concentrazioni di azoto nitrico nei terreni, a due profondità (anno 2021)

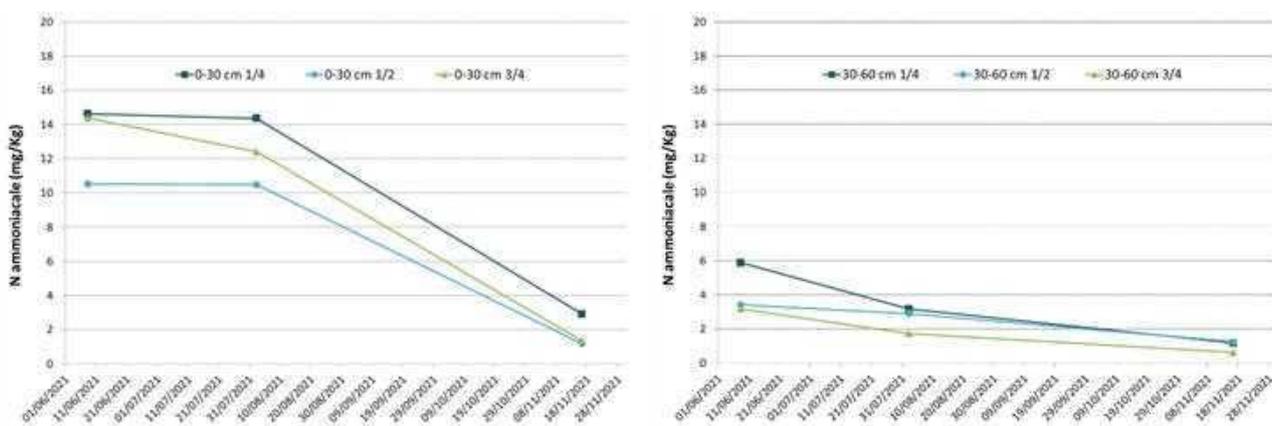


Figura 40 – Concentrazioni di azoto ammoniacale nei terreni, a due profondità (anno 2021)

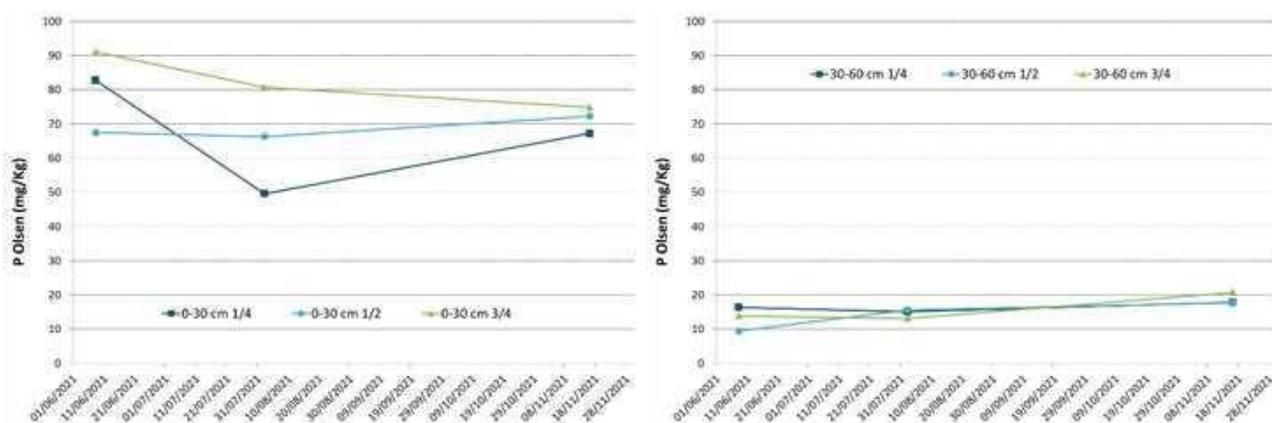


Figura 41 – Concentrazioni di fosforo assimilabile nei terreni, a due profondità (anno 2021)

- Azienda Pelosi Pier Antonio, anno 2022

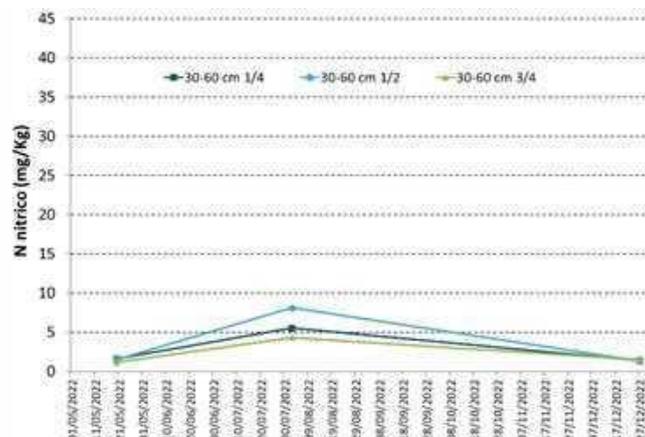
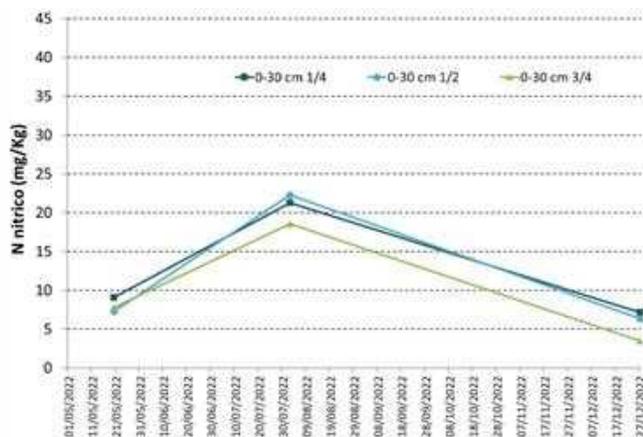


Figura 42 – Concentrazioni di azoto nitrico nei terreni, a due profondità (anno 2022)

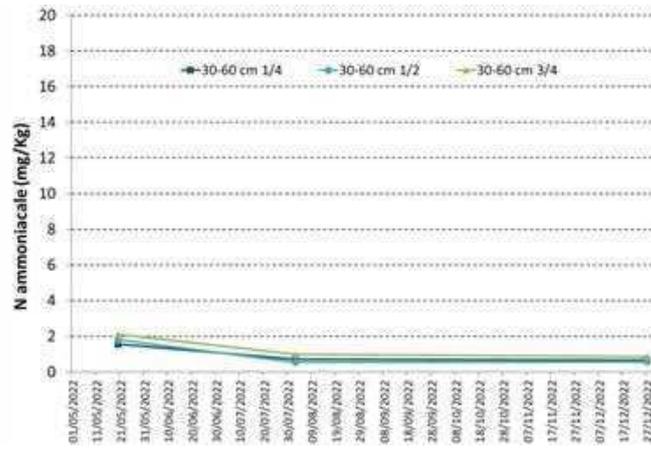


Figura 43 – Concentrazioni di azoto ammoniacale nei terreni, a due profondità (anno 2022)

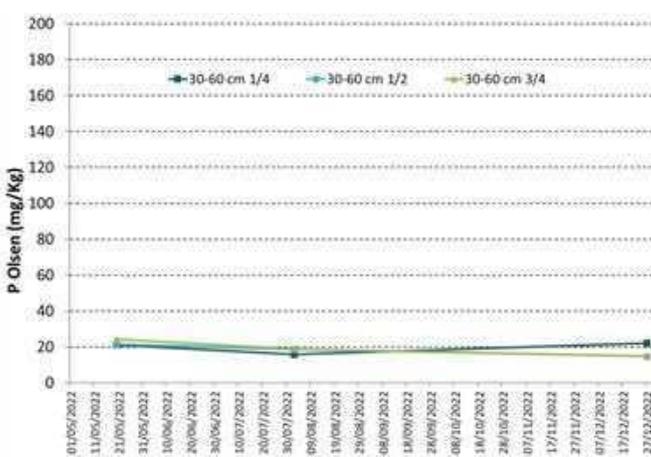
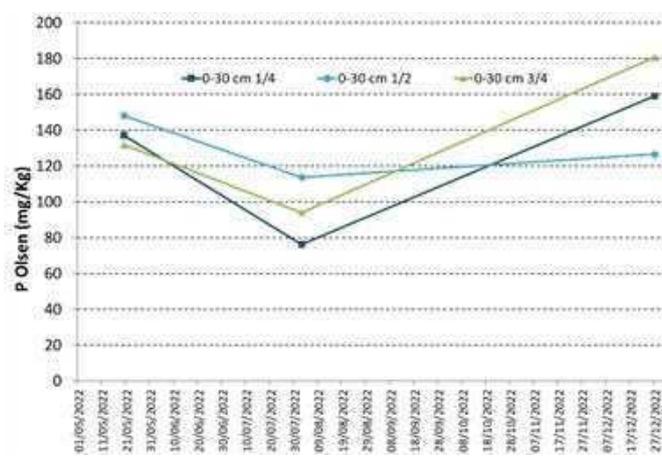


Figura 44 – Concentrazioni di fosforo assimilabile nei terreni, a due profondità (anno 2022)

- Azienda Podere Querceto, anno 2022

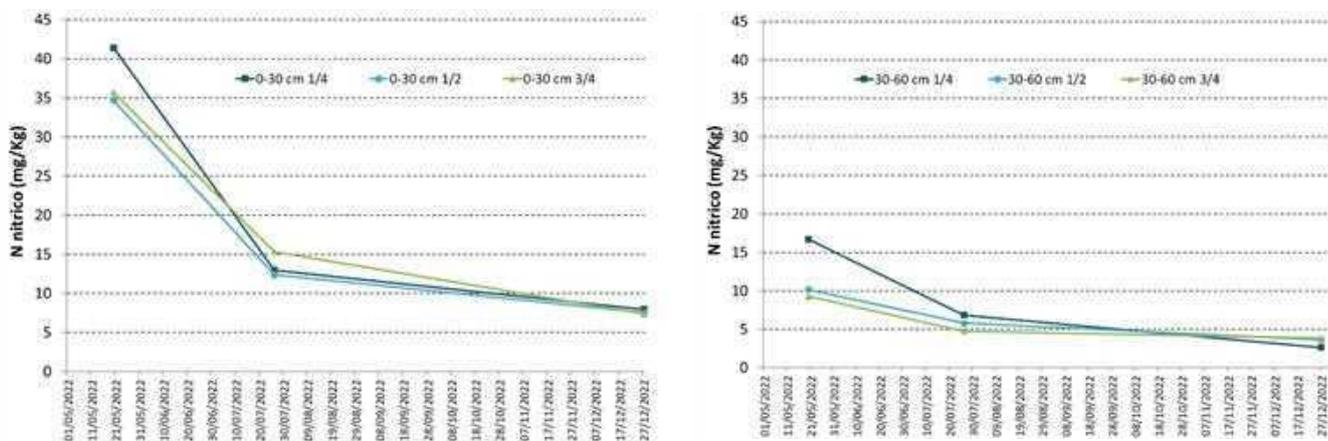


Figura 45 – Concentrazioni di azoto nitrico nei terreni, a due profondità (anno 2022)

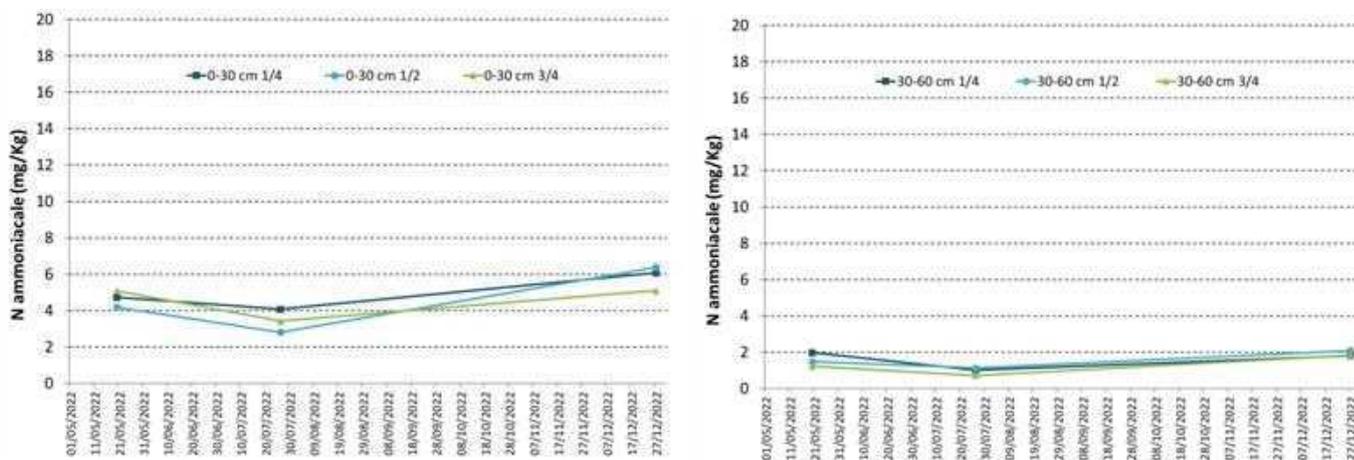


Figura 46 – Concentrazioni di azoto ammoniacale nei terreni, a due profondità (anno 2022)

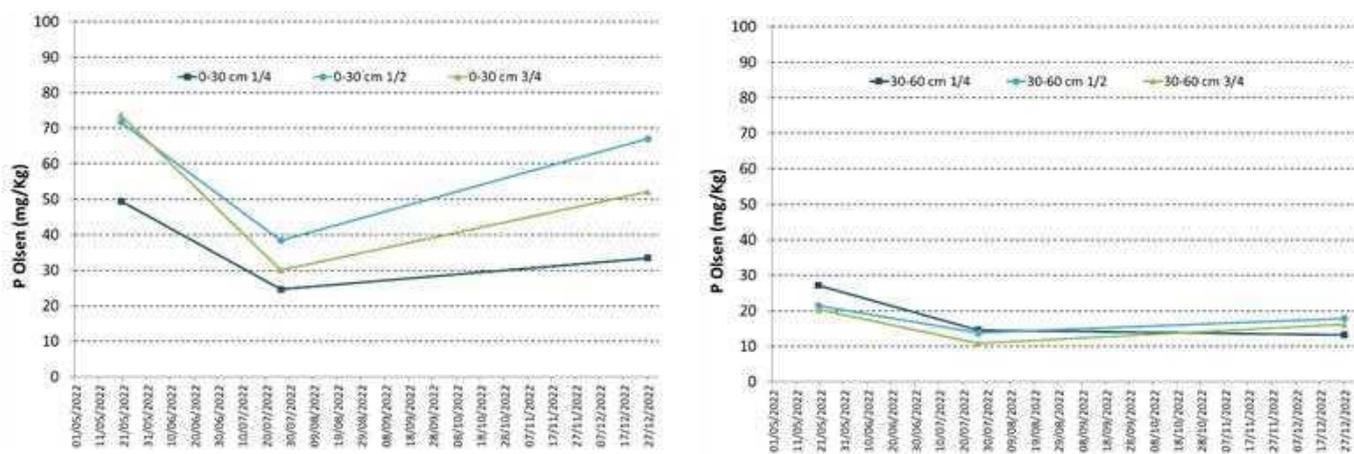


Figura 47 – Concentrazioni di fosforo assimilabile nei terreni, a due profondità (anno 2022)

AZIONE 3 – Valutazioni di sostenibilità economica e di scenario

Stima dell'impatto economico dell'uso delle paratoie automatizzate

Al fine di ottenere una quantificazione economica dei benefici generati dall'introduzione di paratoie automatizzate, è stata realizzata un'analisi ad hoc. Questa ha permesso di fornire indicazioni specifiche sulla validità e adattabilità degli strumenti proposti ad agricoltori, decisori politici e consorzi di bonifica interessati. I metodi a gravità sono molto vantaggiosi in termini energetici perché non richiedono pompaggi, ma necessitano di una attenta preparazione del terreno per consentire una omogenea distribuzione della lama d'acqua, richiedono volumi molto maggiori rispetto agli altri metodi, dovuti ai quantitativi di acqua che percolano nel terreno in profondità al di sotto dello strato occupato dalle radici delle colture, soprattutto nelle porzioni iniziali dell'appezzamento, questo per avere la certezza che l'acqua giunga fino alla fine del campo. Tali limiti possono essere ridotti automatizzando la distribuzione dell'acqua sul campo in modo da razionalizzare la distribuzione e ridurre i tempi morti dovuti all'intervento manuale. Per tali ragioni, le superfici irrigate con metodi a gravità sono tutt'altro che trascurabili, di fatto grazie alle favorevoli pendenze del terreno costituiscono l'asse portante della distribuzione irrigua in sinistra Po.

Le potenzialità della paratoia 4.0 sono emerse anche analizzando l'aspetto dei benefici perseguibili grazie alle innovazioni di progetto. Questi si realizzano attraverso i sopracitati risparmi energetici, ma anche con un risparmio significativo di acqua e manodopera. Da un'analisi di sensitività effettuata presso le aziende pilota del progetto, risulta innanzitutto evidente come, con disponibilità d'irrigue sufficienti per il fabbisogno del prato polifita, all'aumentare dei prezzi dell'energia, incrementi anche il divario nei costi di distribuzione dell'acqua alla pianta tra metodi a scorrimento e metodi per aspersione. Questo è reso evidente nel grafico della Figura 48, frutto di un'analisi di sensitività che vede l'aumento del costo medio annuo per l'irrigazione legato ai fabbisogni energetici del sistema irriguo di distribuzione oltre che ai costi di pompaggio delle acque di falda tipici delle due aziende selezionate.

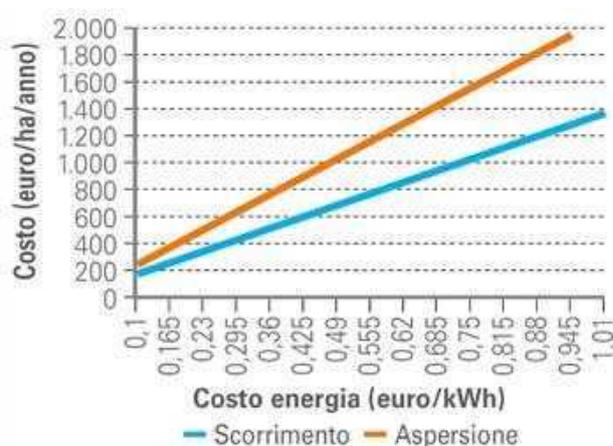


Figura 48 - Andamento del costo medio annuo per l'irrigazione a scorrimento e per aspersione

Per quanto riguarda i risparmi di manodopera, questi si realizzano sia grazie alla minimizzazione degli interventi di movimentazione manuale della paratoia sia grazie alla sensoristica applicata sul

campo che permette una supervisione dell'intervento da remoto. Quest'ultimo fattore riduce in maniera rilevante i tempi morti e i trasferimenti nei vari appezzamenti aziendali legati alla necessità di monitorare l'avanzamento della lama d'acqua lungo l'appezzamento irrigato. I risparmi di manodopera e quelli di energia, ogni anno generano un beneficio economico diretto, espresso come minori costi di produzione. Questi minori costi, se attualizzati in un orizzonte temporale opportuno per infrastrutture aziendali 4.0 come quelle oggetto di studio, si traducono un risparmio economico, in un anno, pari a 582 euro/ha, suddivisi tra acqua ed energia 307 euro e manodopera 275 euro (Figura 49). Questi valori dovranno essere corretti con i valori di ammortamento dell'attrezzatura attualmente non calcolabili con precisione in quanto nelle prove è stato utilizzato un prototipo. Come detto, i fattori considerati in questa stima si riferiscono al risparmio di acqua, energia e manodopera aziendale.

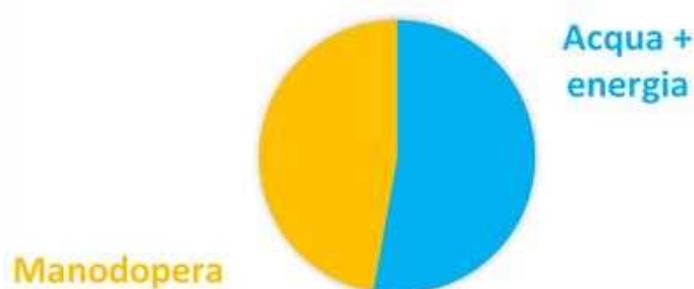
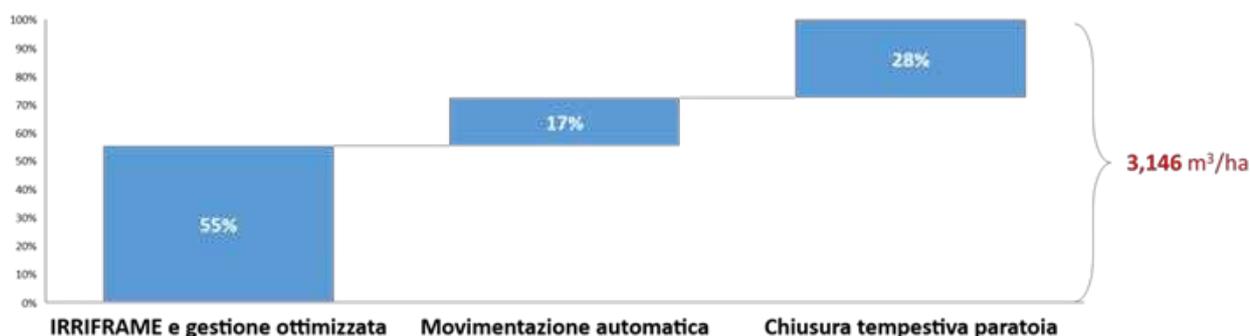


Figura 49 - Ripartizione dei benefici del sistema introdotto

Nel dettaglio dei benefici derivanti dal risparmio idrico perseguibile grazie ai sistemi di irrigazione a scorrimento con paratoia automatizzata è stato stimata una riduzione degli usi pari al 31,5% per l'annata 2022. Questo calcolo considera come riferimento una condizione irrigua standard e utilizzando come benchmark di riferimento le concessioni irrigue della Regione Emilia-Romagna per l'irrigazione dei prati polifiti, al netto dell'efficienza del sistema di distribuzione utilizzato. Attraverso opportune simulazioni e confronti tra la pratica irrigua aziendale con paratoia 4.0 e benchmark di riferimento, tale risparmio idrico è scomponibile in 3 categorie: utilizzo di IRRIFRAME e gestione ottimizzata dei manufatti grazie ai sensori; movimentazione automatica delle paratoie e chiusura tempestiva delle paratoie stesse al termine dell'intervento irriguo



A questi benefici stimati all'interno del progetto, si sommano ulteriori fattori difficilmente stimabili o intangibili. Tra i primi si sottolinea che l'automazione dell'irrigazione a scorrimento consente interventi notturni e sequenziali, con conseguente ottimizzazione della logistica nella gestione dei turni irrigui. Questo fattore risulta particolarmente rilevante nei periodi centrali della stagione irrigua dove l'elevata domanda evapotraspirativa da parte del prato richiede interventi irrigui frequenti. Infine, risulta opportuno evidenziare come l'automazione della gestione irrigua comporti benefici anche per la qualità del lavoro dell'imprenditore agricolo, fattore di prioritaria importanza, ma che si è ritenuto opportuno non includere nella stima economica per la difficoltà di ottenere valori oggettivi.

Più in generale sono stati messi a confronto i risultati derivanti dalle operazioni agronomiche delle due aziende in cui si sono svolte le prove di irrigazione per scorrimento su prati stabili relative all'annata 2022.

La metodologia adottata per l'analisi economica ha previsto il calcolo del costo delle operazioni colturali svolte negli anni di prova, comprensive dei costi delle macchine agricole, che risulta formato da due componenti: le voci di spesa fisse indipendenti dall'utilizzo e le voci di spesa variabili legate all'impiego. Nella componente fissa sono comprese la reintegrazione del capitale investito, gli interessi (costo d'uso del capitale), le spese inerenti le assicurazioni, il ricovero. La componente variabile comprende: riparazioni, manutenzioni, consumo di materiali, manodopera addetta alla conduzione e al servizio della macchina. I materiali di consumo includono i carburanti e i lubrificanti, le spese per concimi, diserbanti e sementi. I costi di esercizio sono stati calcolati prendendo come riferimento il tempo di utilizzo della macchina, considerando, quindi, costi orari. Per poter confrontare le vari tesi, questi costi sono stati convertiti in costi per ettaro, attraverso la stima delle capacità operative delle macchine.

Reintegrazione.

La reintegrazione rappresenta la quota annuale da accantonare per poter recuperare il capitale investito nella macchina. Per il calcolo della quota di reintegrazione è stata utilizzata la seguente formula:

$$\text{Quota di reintegrazione} = (A-R)/n$$

Dove A=valore a nuovo

R= valore di recupero

N= durata in anni della macchina

Per il valore di recupero è stato fissato un valore del 20% sul valore a nuovo. La durata delle macchine è stata fissata in 10.

Interessi

Rappresentano gli interessi del costo del capitale investito e sono stati calcolati sul valore medio investito

$$\text{Interessi} = [(A+R)/2] * r$$

Dove:

A=valore a nuovo

R= valore di recupero

R=saggio di interesse. Nel nostro caso è stato applicato un saggio del 3%.

Assicurazioni e ricoveri

Nel calcolo si è adottata un'aliquota dello 1,5% sul valore a nuovo delle macchine.

Manutenzioni e riparazioni

Per le manutenzioni è stata considerata 1 ora di manutenzione ogni 10 ore di utilizzo. Mentre per le riparazioni si è stimata per tutta la vita della macchina una percentuale del 70% sul valore a nuovo. Per la quantificazione del costo orario di manutenzione, limitato alla manodopera è stato applicato il costo orario di 19,5 €/ora.

Carburanti e lubrificanti

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

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

dove:

Q = quantità di gasolio consumata in l/h

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

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

Ppdp = potenza del motore in kW misurata alla presa di potenza (si è assunto un rendimento alla presa di potenza del 95%, considerando che dai test effettuati sui motori dei trattori a veicolo fermo la differenza tra la potenza al motore e la potenza alla presa di potenza, a parità di tutti gli altri parametri, è generalmente intorno al 5%)

$$\text{Costo gasolio} = P_m * C_m * C_s * P / 1000$$

dove:

P_m=potenza motrice (kW)

C_m=carico motore (%)

C_s=consumo specifico (g/kWh)

P=prezzo del gasolio agevolato (€/kg) (1,3 €/litro /0.84 = 1,55 €/kg)

Il carico motore è stato stimato in base alla gravosità dell'operazione

Per i lubrificanti è stata utilizzata una formula specifica in base alla potenza motrice

$$(\text{kg/h} = \text{kW} * 0.0004956 + 0.01822)$$

Nell'azienda Pelosi il sistema di irrigazione è stato basato sul sistema innovativo di paratoie automatizzate e sensori di controllo del volume di irrigazione. Nell'azienda Querceto il sistema si è basato sulla tradizionale apertura manuale delle paratoie.

Oltre ai costi di irrigazione sono stati stimati i costi di raccolta del foraggio. Le rese di foraggio e gli apporti irrigui sono già stati presentati nei paragrafi precedenti.

Le analisi dei costi del CER (Canale Emiliano Romagnolo) hanno stimato un risparmio in termini di manodopera di 275 €/ha e di 307 €/ha per acqua ed energia del sistema a paratoia automatizzata contro il sistema tradizionale per un totale di 582 €/ha. Sono state 7,5 le ore di manodopera necessarie con il sistema innovativo contro le 21,6 ore del sistema tradizionale.

In questo calcolo però non è stato considerato il costo di ammortamento delle strutture in quanto il costo dell'attrezzatura, essendo un prototipo è di difficile quantificazione.

Sono state comunque fatte delle stime ipotizzando un costo della paratoia automatica di 10.000 €/ha.

Da queste stime è risultato che il sistema innovativo ha ottenuto un costo di 1162,64 €/ha contro i 1345,58 €/ha del sistema tradizionale con una differenza di -182,94 €/ha a favore del sistema innovativo.

Nella Figura 50 vengono descritti diversi importi di possibili costi dell'attrezzatura e, nel caso specifico, si sarebbe potuto "soportare" un investimento inferiore ai 20.000 €/ha.

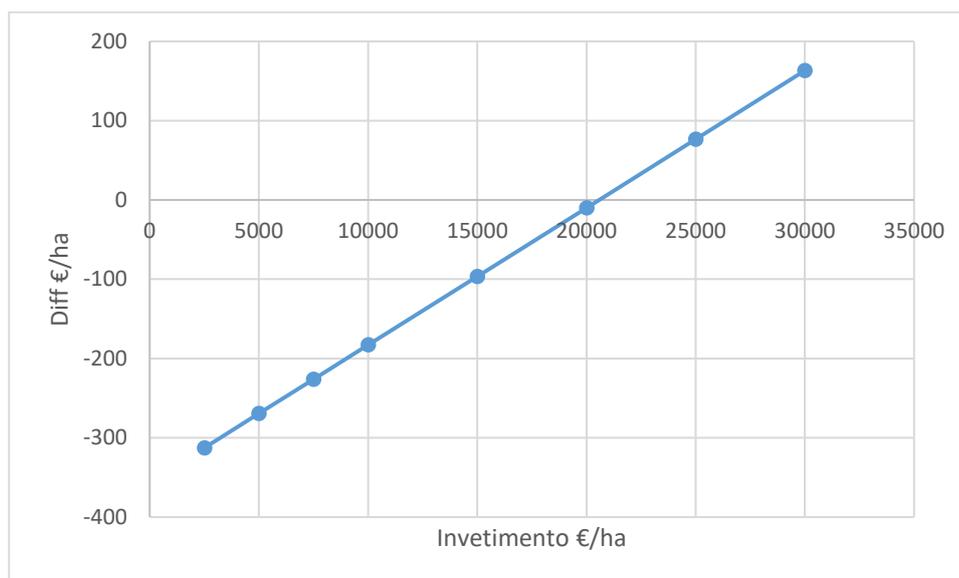


Figura 50 - Investimento ipotizzato per la paratoia automatica vs manuale

Se si confrontano anche i dati comprensivi di tutte le operazioni (irrigazioni sfalci, rivoltamenti ecc) si stima un costo di 2203 €/ha per il sistema innovativo contro i 2189 €/ha del sistema tradizionale e considerando anche le rese si sono ottenuti costi di 145.58 €/t SS per il sistema innovativo contro i 117.12 €/t SS per il sistema tradizionale (essenzialmente per le rese più alte del sito Podere Querceto).

La maggiore produttività riscontrata nel sistema tradizionale ha di fatto ridotto il costo della fienagione nel sistema tradizionale. La maggiore resa è probabilmente derivata dal maggior apporto idrico 2068 mm vs 685 mm e dall'annata (2022) particolarmente siccitosa.

Considerando però il sempre più importante valore del risparmio idrico si vede come nel sistema innovativo sono stati utilizzati 45,29 mm / t SS contro i 110,64 mm / t SS del sistema tradizionale con una elevata efficienza di intervento idrico a favore del sistema innovativo.

In conclusione, il sistema automatizzato se ben gestito può consentire un notevole risparmio idrico, con alta efficienza di intervento idrico, unitamente al significativo risparmio di manodopera e tutto sommato a costi di esercizio competitivi.

Questi valori si riferiscono però ad una sola annata e per due situazioni aziendali particolari per cui sono da prendere con la dovuta cautela. Per questo non possono essere generalizzate per qualsiasi tipo di coltura o di cantieri di meccanizzazione. Spesso in agricoltura, a causa delle numerose variabili coinvolte nel processo, le situazioni possono mutare anche radicalmente e sovvertire i risultati attesi.

Dai risultati effettuati sul campo durante la stagione irrigua 2021 e 2022 sono emerse rilevanti opportunità per l'irrigazione a scorrimento automatizzata. Da un lato è possibile raggiungere risparmi idrici grazie alla presenza stessa di sensori in campo assieme all'implementazione di Irriframe, sistema di supporto alle decisioni per la pianificazione dell'irrigazione sviluppato dal Canale Emilianoromagnolo e gestito dall'Associazione Nazionale Consorzi di Gestione e Tutela del Territorio e Acque Irrigue. Dall'altro, la possibilità di automatizzare la paratoia consente, oltre che risparmi idrici, riduzioni di manodopera significative per la gestione delle paratoie. Stagioni irrigue sempre più siccitose ed ondate di calore sempre più frequenti costringono l'agricoltore ad implementare turni irrigui serrati e prolungati. Qui la pianificazione, il monitoraggio e la gestione dell'irrigazione su tutti gli appezzamenti aziendali risulta complessa e richiede un notevole sforzo in termini di manodopera. In questo contesto, la possibilità di iniziare e terminare gli interventi irrigui in maniera automatica permette all'imprenditore agricolo irrigazioni tempestive ed evita usi inefficienti della risorsa causati da imprevisti, difficoltà logistiche, dimenticanze nella chiusura delle paratoie, allungamento dei tempi delle irrigazioni connessi con gli spostamenti per recarsi sul posto e arrestare l'impianto. L'automazione permette di impostare cicli continui sulle 24 ore, consentendo così di superare il collo di bottiglia della disponibilità di manodopera ed aumentare le superfici gestite e, conseguentemente, di incrementare il numero di capi, proiettando l'azienda in una nuova e accresciuta capacità produttiva

Tutto questo risulta a beneficio della sostenibilità ambientale ed economica della coltivazione del prato polifita, senza contare il contributo alla qualità della vita dell'imprenditore che vede notevolmente ridotti gli spostamenti in azienda per la movimentazione delle paratoie. Migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua è verosimile auspicare il superamento a livello nazionale, come già

avvenuto in Emilia-Romagna, dei vincoli posti sull'irrigazione a scorrimento per l'accesso ai finanziamenti destinati alla sostenibilità delle produzioni agricole e all'ammodernamento degli impianti di irrigazione. Nella Regione che ha co-finanziato la ricerca tecnologica, la soluzione irrigua proposta e testata da PRATISMART è entrata a far parte dei disciplinari di Produzione Integrata, di fatto superando l'esclusione dei prati stabili dai contributi previsti per la Produzione integrata stessa.

Analisi territoriale e di scenario

Le caratteristiche del territorio a sud della via Emilia favoriscono da sempre la distribuzione irrigua per gravità, sia per l'adduzione dalle fonti idriche di approvvigionamento, siano esse da pozzo o da torrente appenninico, sia per la distribuzione sugli appezzamenti. Queste condizioni hanno reso necessaria una rigida e capillare distribuzione delle acque che ha forgiato il paesaggio, rendendolo unico nel suo genere in regione Emilia-Romagna. Se da un lato questo costituisce un elemento di valore, dall'altro vincola il territorio a una certa rigidità nella gestione idrica che parte dalla rete di vettoriamento delle acque dei consorzi di bonifica e a cascata condiziona la distribuzione sul campo, indirizzandola verso l'irrigazione a scorrimento. Dunque, è inevitabile focalizzare l'innovazione tecnologica per rendere efficienti i metodi irrigui a gravità e ottenere un'irrigazione «efficace»; d'altronde si parla di un metodo che vale il 18% (Istat, 2010) della distribuzione irrigua della regione Emilia-Romagna e ha una diffusione assai rilevante nel resto d'Italia (

Figura 51). Lo scorrimento risulta inoltre una pratica che in Emilia-Romagna è significativamente applicata con tutte le forme di approvvigionamento (

Figura 51).

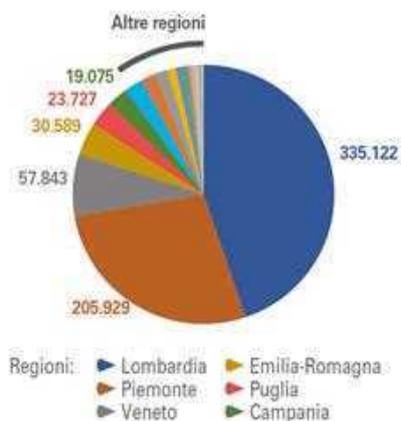


Figura 51 - Utilizzo dei sistemi irrigui per gravità nelle regioni italiane (elaborazioni CER su dati ISTAT, 2010)

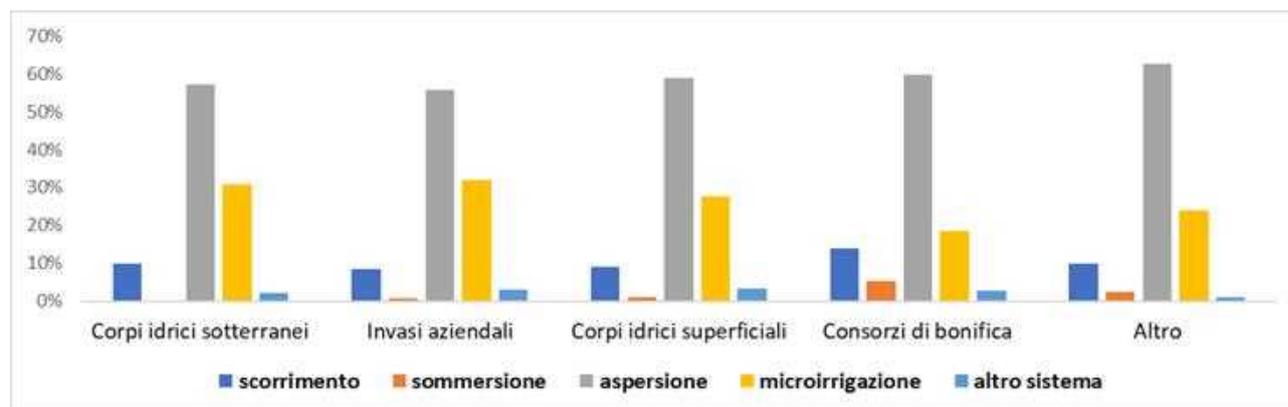


Figura 52 - Sistemi di irrigazione per fonti di approvvigionamento (elaborazioni CER su dati ISTAT, 2010)

Entrando nel dettaglio della zona di focus del progetto, ossia la val d'Enza, qui è possibile rilevare un andamento delle superfici coltivate a prato polifita che risulta variabile, con minimi nelle annate 2014 e 2022 (Figura 52). I distretti irrigui che ricadono in questa zona vedono come fonte di approvvigionamento principale la traversa sul fiume Enza che serve l'alta pianura delle provincie di Reggio Emilia e Parma in Val d'Enza. Qui i prelievi vedono un andamento riportato in Figura 53 al netto dei fabbisogni dei settori civile e industriale.

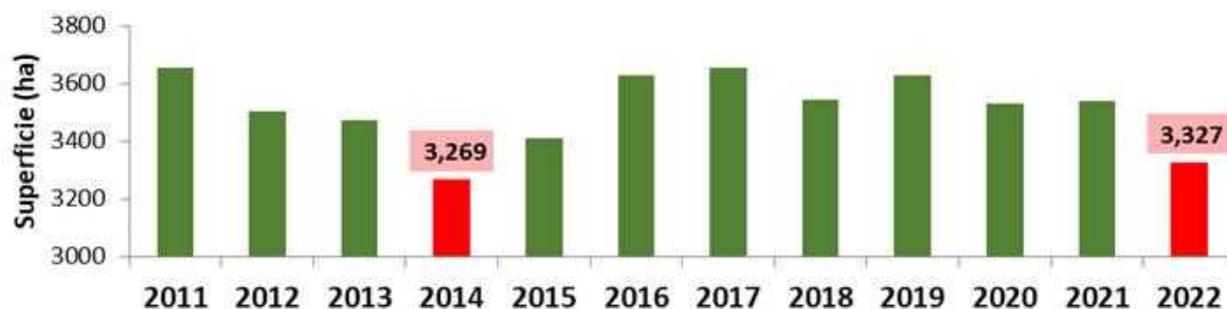


Figura 53 - Superfici coltivate a prato polifita in val d'Enza (fonte: elaborazioni CER su dati AGREA)

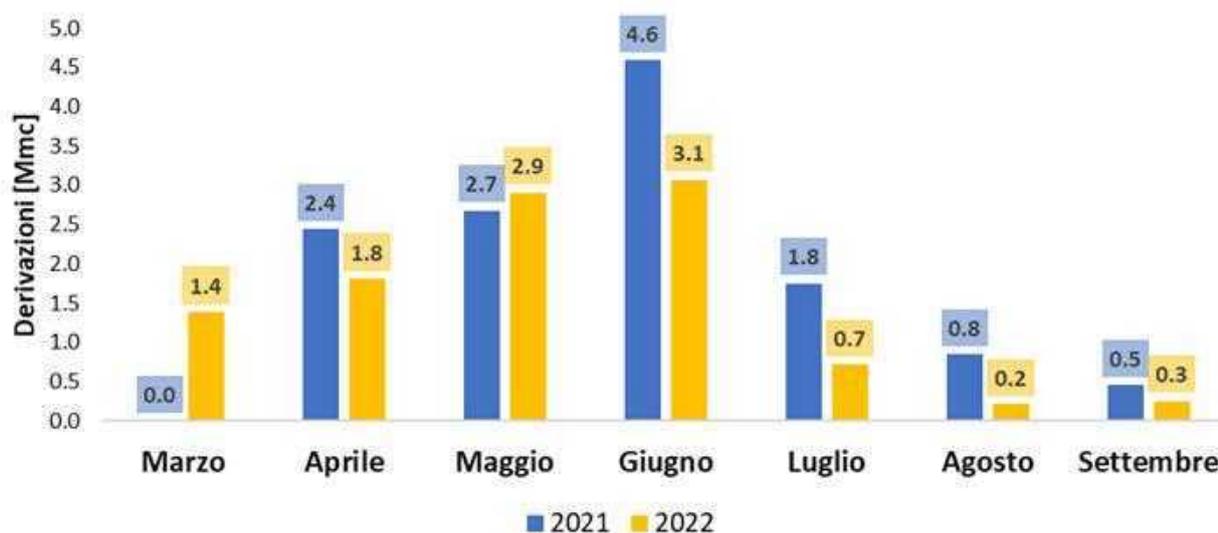


Figura 54 - Derivazioni da traversa su Enza per finalità irrigue (fonte: elaborazioni CER su dati Consorzio di Bonifica Parmense e Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale)

Per un'opportuna valutazione dell'andamento di tali fabbisogni irrigui, risulta interessante consultare il report conclusivo dello studio “La risorsa idrica in Val d'Enza” condotto nel 2020 dall'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po e dalla Regione Emilia-Romagna. Tale studio ha come focus proprio la risorsa idrica in Val d'Enza ed è stato finalizzato all'individuazione di strategie atte a contemperare disponibilità naturale di risorsa idrica, domanda di risorsa idrica e il raggiungimento degli obiettivi ambientali. Tale studio identifica le possibili trasformazioni nella domanda di acqua per settore (Tabella 16 - Fabbisogni ed evoluzioni in Val d'Enza), sottolineando un trend in “evoluzione” per il settore irriguo, i cui driver sono influenzati dalle colture in atto, dall'implementazione di tecnologie efficienti e da fenomeni meteo-climatici che inevitabilmente possono influenzare la domanda evapotraspirativa delle colture.

Settore	Fabbisogno in Mm ³ /anno	Evoluzione
Industriale	47,8	In aumento
Civile – potabile	1,1	Stabile
Irriguo	59,3	In evoluzione

Tabella 16 - Fabbisogni ed evoluzioni in Val d'Enza

Tenendo opportunamente conto dei risultati di risparmio idrico perseguibili con le innovazioni di progetto e stimati per la campagna 2022 presso l'azienda Pelosi, è possibile valutare uno scenario

ipotetico di efficientamento dei sistemi irrigui praticati per la coltura del prato polifita. Qui, per i 3.327ha coltivati, il risparmio ipotetico è stimabile a 10.5Mm³/ha/anno tenuto conto dell'efficientamento descritto al capitolo precedente. Questo volume di acqua corrisponde al 17.6% del fabbisogno irriguo in Val d'Enza. Tale risultato, benché derivante da un solo anno di sperimentazione presso una sola azienda, e quindi non rappresentativo, è tuttavia utile per identificare le potenzialità dei sistemi 4.0 che esplicano i loro benefici non solo nell'azienda in cui implementati, ma anche per l'intero territorio.

Per ottenere una valutazione completa dei benefici territoriali sopracitati e valutare il trend futuro degli stessi, è necessario valutare i possibili decrementi nella disponibilità della risorsa che potrebbero verificarsi per diverse traiettorie delle concentrazioni di gas serra (scenari RCP – Representative Concentration Pathways di IPCC) che conducono a cambiamenti climatici. Tali scenari vanno inoltre confrontati con opportuni scenari di adattamento ai cambiamenti climatici tramite infrastrutture come impermeabilizzazione canali, utilizzo serbatoi ENEL a scopi irrigui, nuovo invaso in zona collinare. Questi scenari sono stati analizzati nello studio “*La risorsa idrica in Val d'Enza*” e riportata nella figura di seguito (Figura 55). Allo stato attuale (Scenario 1), caratterizzato dall'assenza di ulteriori azioni per lo stoccaggio della risorsa idrica, le sole azioni di risparmio idrico, come quelle proposte dal presente progetto, appaiono non sufficienti in uno scenario di cambiamenti climatici. Risulta tuttavia opportuno evidenziare la complementarità di diversi approcci come quelli per lo stoccaggio ed efficientamento della risorsa implementati sia a livello territoriale, che aziendale. In quest'ottica, ogni iniziativa che miri a riequilibrare eventuali disallineamenti tra domanda della risorsa e relativa disponibilità deve senz'altro considerare l'implementazione di soluzioni 4.0 come quelle sviluppate in PRATISMART.

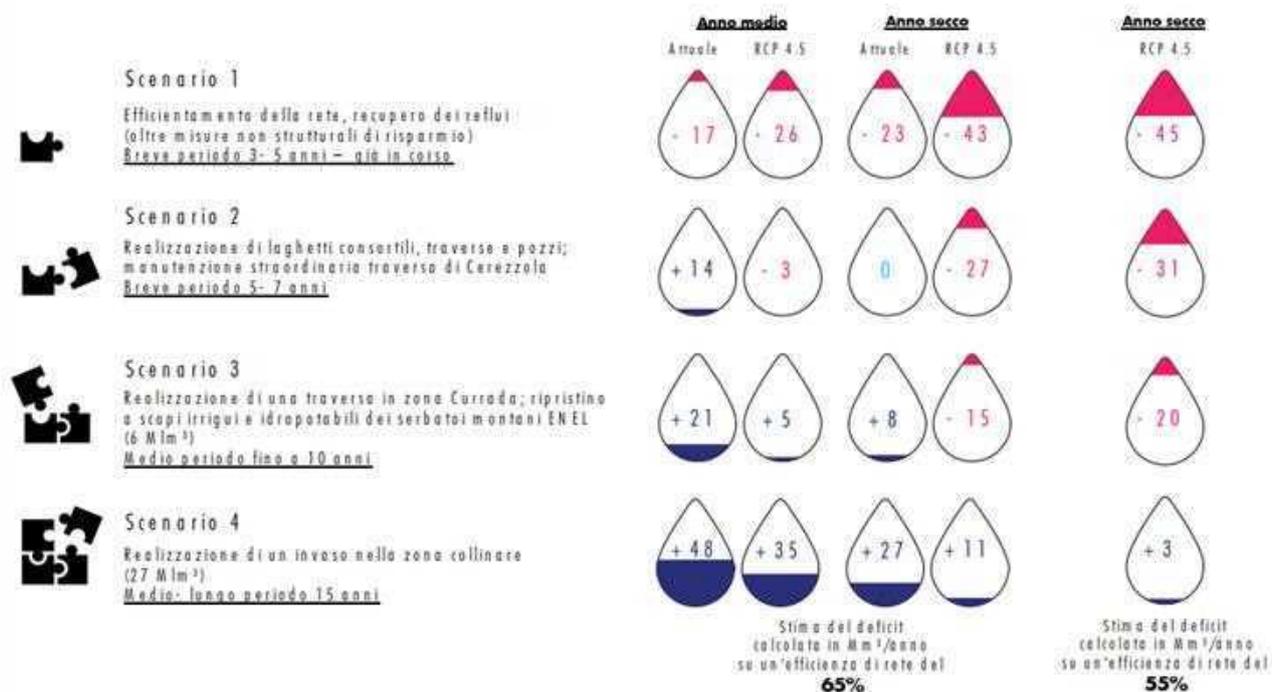


Figura 55 - Stima del deficit idrico in Val d'Enza in 4 diversi scenari (fonte: Report “*La risorsa idrica in Val d'Enza*”, 2020)