

TIPO DI OPERAZIONE

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

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 754 DEL 16/05/2022

FOCUS AREA 4 B

RELAZIONE TECNICA

DOMANDA DI SOSTEGNO 5516364

DOMANDA DI PAGAMENTO 5844097

Titolo Piano	APPLICA - Applicazione laboratori in campo agricolo per un servizio di diagnosi dello stato di salute dei suoli e della pianta
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Astra Innovazione e Sviluppo S.r.l. Via Tebano 45, Faenza (RA)
Partner del Gruppo Operativo	I.ter Soc. coop. Ri.Nova Soc. coop. Università Cattolica del Sacro Cuore Società Agricola Deltabio Consorzio Di Cooperative L'Arcoiaio - Cooperativa Sociale Dinamica Soc. cons. a r.l.

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	15
Data inizio attività	01 Gennaio
Data termine attività (includere eventuali proroghe già)	05 Agosto 2024

Relazione relativa al periodo di attività dal	01 Gennaio	05 Agosto
---	------------	-----------

Data rilascio relazione	01/10/2024
-------------------------	------------

Autori della relazione	
telefono	email cselmi@rinova.eu
PEC	elisabetta.baldassarri@pec.astrainnovazione.it

Sommario

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO.....	2
1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO.....	4
2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	6
2.1.1 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 1.....	6
2.2.1 PERSONALE AZIONE 1.....	9
2.5.1 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 1.....	10
2.1.2 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 2.....	11
2.2.2 PERSONALE AZIONE 2.....	22
2.1.3 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.1.....	24
2.2.3 PERSONALE AZIONE 3.1.....	45
2.5.2 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 3.1.....	45
2.1.4 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.2.....	46
2.2.4 PERSONALE AZIONE 3.2.....	86
2.5.3 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 3.2.....	87
2.1.5 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.3.....	88
2.2.5 PERSONALE AZIONE 3.3.....	91
2.1.6 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.4.....	92
2.2.6 PERSONALE AZIONE 3.4.....	112
2.5.4 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 3.4.....	113
2.1.7 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.5.....	114
2.2.7 PERSONALE AZIONE 3.5.....	131
2.1.8 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 3.6.....	132
2.2.8 PERSONALE AZIONE 3.6.....	142
2.5.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 3.6.....	143
2.1.9 ATTIVITÀ E RISULTATI AZIONE 4.....	143
2.2.9 PERSONALE AZIONE 4.....	149
2.5.6 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI AZIONE 4.....	150
2.6 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE.....	150
2.7 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA.....	151
3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ.....	152
4 - ALTRE INFORMAZIONI	152
5 - CONSIDERAZIONI FINALI.....	152

1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano

In sintesi, le attività svolte nel corso del Progetto sono state le seguenti:

- L'**Azione 1** di cooperazione è stata realizzata, come previsto, seguendo i percorsi e utilizzando i diversi strumenti indicati nel Piano.
- Con l'**Azione 2** (Analisi organizzativa delle aziende agricole coinvolte finalizzata a definire la rete di monitoraggio) si sono individuati i siti in cui realizzare le attività di monitoraggio delle azioni del Piano e definiti i protocolli di campionamento da utilizzare. Nella scelta dei siti, si è tenuto conto della situazione determinata dall'alluvione del maggio 2023, introducendo nella rete di monitoraggio un'azienda alluvionata.
- L'**Azione 3.1** (Sito dimostrativo sull'utilizzo di matrici organiche in colture orticole nelle zone vulnerabili ai nitrati) ha proseguito le attività, già avviate con il GO SOSFERA, nel sito dimostrativo presso l'azienda Deltabio a Codigoro (FE), rappresentativo dei suoli sabbiosi tipici della pianura costiera emiliano-romagnola, con particolare attenzione sull'effetto dell'impiego di diverse tipologie di matrici organiche.
- Nell'ambito dell'**Azione 3.2** (Servizio di diagnosi dello stato di salute dei suoli), realizzata presso i 4 siti individuati nell'ambito dello studio preliminare (Azione 2), sono stati condotti i monitoraggi volti a conoscere lo stato di salute dei suoli in correlazione con le diverse tipologie di suoli, colture e tecniche di gestione. I siti monitorati sono stati 4 come da Piano operativo; per le specie frutticole, è stato selezionato un sito interessato dalla alluvione del maggio 2023, per verificare lo stato di salute dei suoli alluvionati e un sito non alluvionato. I risultati hanno consentito di trarre delle considerazioni e definire delle linee guida di buona gestione dei suoli sia in situazioni alluvionate che non.
- L'**Azione 3.3** (Servizio suolo: servizio pilota per condividere le conoscenze pedologiche e le soluzioni tecniche per mantenere il suolo in salute) ha consentito l'attivazione di un servizio pilota che ha portato alla formazione del Gruppo di Lavoro "Emergenza Terreni Alluvionati" per condividere con ricercatori, tecnici e agricoltori la gestione dei suoli alluvionati e non; inoltre è stato attivato un canale su Telegram volto a fornire informazioni e a raccogliere documenti inerenti al suolo, rivolgendosi ai tecnici agricoli e agli agricoltori interessati alla conoscenza del suolo, per individuare la migliore gestione.
- Nell'**Azione 3.4** (Monitoraggio delle risposte vegeto-produttive e delle tecniche colturali in correlazione alle condizioni di fertilità del suolo) sono stati svolti i monitoraggi presso gli altri 3 siti dimostrativi, oltre a quanto previsto nell'Azione 3.1 per l'azienda Deltabio, in termini di risposte

vegetative e fitosanitarie delle colture e delle tecniche colturali adottate e loro sostenibilità ambientale.

- Nell’**Azione 3.5** (Innovazione: utilizzo di tecnologie di sensoristica prossimale per conoscere la variabilità spaziale delle proprietà dei suoli) si è sperimentato, nei 4 siti di monitoraggio, l’uso delle più avanzate tecnologie di mappatura prossimale dei suoli agricoli, volte a conoscere la variabilità spaziale delle principali proprietà chimiche e fisiche dei suoli, a confronto con i rilievi pedologici e le analisi eseguite da I.TER. Tali metodiche si ritengono essenziali per poter verificare e monitorare l’impatto di pratiche agronomiche (ad es. carbon farming) su vasta scala e poter ottimizzare le potenzialità aziendali in termini di qualità e quantità delle produzioni.
- Nell’ambito dell’**Azione 3.6** (Linee guida per la buona gestione del suolo e delle acque e per ridurre le avversità con tecniche a basso impatto), in particolare, sono state definite delle Linee Guida al fine di individuare le tecniche consigliabili nel territorio agricolo di pianura della regione interessata dagli eccezionali eventi alluvionali di maggio 2023, oltre a condividere tecniche per migliorare la salute del suolo.
- Nell’ambito dell’**Azione 4** (Divulgazione) è stata svolta sia un’ articolata attività di divulgazione tecnica (Azione 4.1), rivolta al mondo produttivo, che un’attività di divulgazione per le scuole e l’inclusione sociale (Azione 4.2).
- L’**Azione 5** (Formazione) ha previsto la realizzazione di un corso di formazione (n. 5518005) dal titolo “La gestione del suolo e della pianta negli ecosistemi agricoli” (29 ore) per trasferire ai partecipanti elementi propedeutici per comprendere e valutare le tecniche di gestione sostenibile del suolo e della coltura, analizzando l’importante ruolo che svolge l’agricoltore in qualità di custode che presidia il territorio.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività reale	Mese termine attività previsto	Mese termine attività reale
1 - Cooperazione	I.ter e Ri.Nova	Esercizio della cooperazione	1	1	15	19

2 - Analisi organizzativa delle aziende agricole coinvolte finalizzata a definire la rete di monitoraggio	I.ter	Studi necessari alla realizzazione del piano	1	1	3	4
3.1 - Sito dimostrativo sull'utilizzo di matrici organiche in colture orticole nelle zone vulnerabili ai nitrati	Astra	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	4	4	12	12
3.2 - Servizio di diagnosi dello stato di salute dei suoli	I.ter	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	4	4	15	18
3.3 - Servizio suolo: servizio pilota per condividere le conoscenze pedologiche e le soluzioni tecniche per mantenere il suolo in salute	I.ter	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	4	4	15	19
3.4 - Monitoraggio delle risposte vegeto-produttive e delle tecniche colturali in correlazione alle condizioni di fertilità del suolo	Astra	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	4	4	12	15

3.5 - Innovazione: utilizzo di tecnologie di sensoristica prossimale per conoscere la variabilità spaziale delle proprietà dei suoli	UCSC	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	4	4	12	19
3.6 - Linee guida per la buona gestione del suolo e delle acque e per ridurre le avversità con tecniche a basso impatto	I.ter	Azioni specifiche dirette alla realizzazione del piano	7	7	15	18
4 - Divulgazione	Ri.Nova	Divulgazione	1	1	15	19
5 - Formazione	Dinamica	Corso	10	10	18	15

2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

2.1.1 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

Unità aziendale responsabile: Ri.Nova e I.ter

Descrizione dell'attività

Ri.Nova e I.ter hanno assunto, di comune accordo, il ruolo di coordinatori del GO, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano. Per questo si sono avvalsi di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale.

Ri.Nova e I.ter, tramite proprio personale e avvalendosi di collaboratori, hanno seguito regolarmente e gestito con le necessarie e opportune documentazioni, tutte le fasi di sviluppo, dall'attivazione anche formale, all'attuale rendicontazione conclusiva, del GO e del relativo Piano per assicurarne il corretto funzionamento e svolgimento.

In particolare, sono di seguito descritte le diverse attività svolte da Ri.Nova e I.ter.

A seguito dell'approvazione del Piano (Determina Reg. Emilia Romagna n° 25325 del 27/12/2022) è stata gestita la fase di costituzione dell'ATS con tutti i partner del Gruppo Operativo (GO) fino alla sua completa formalizzazione. Nell'ATS sono anche descritti i ruoli di ciascun partner nell'ambito del GO.

In fase preliminare di avvio, i partner sono stati informati dell'approvazione della domanda e della conseguente attivazione del piano per mezzo di e-mail.

In aprile 2023 si è tenuto un incontro con tutto il GO dove sono state illustrate le varie fasi del Piano e si è proceduto alla pianificazione delle diverse attività per il 2023. L'incontro ha rappresentato anche il momento di costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO. Il CP è quindi composto:

- Responsabile Organizzativo del Piano (RP), anche detto Responsabile del Piano (collaboratore di Ri.Nova);
- Responsabile Scientifico (RS), (I.ter);
- un rappresentante del settore divulgazione per Ri.Nova;
- Astra Innovazione e Sviluppo;
- Di.Pro.Ve.S. Università Cattolica Sacro Cuore di Piacenza;
- Dinamica.

Nel corso del Progetto si sono poi tenuti diversi incontri di coordinamento delle attività di innovazione; in particolare:

- 31 ottobre 2023 coordinamento tra Ri.Nova e I.ter.

- febbraio 2024 il GO si è riunito per la verifica dello stato di avanzamento delle attività e per la pianificazione dei lavori da svolgere nel corso del 2024.

Il RP e la RS si sono quindi occupati di coordinare nel complesso tutte le attività, animando il GO, seguendone il percorso e verificandone la coerenza e buon sviluppo (attraverso contatti telefonici ed e-mail).

Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti, in caso di scostamenti, sono state valutate le necessarie azioni correttive.

Al termine del Piano, il RP e il RS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno completato l'analisi dei risultati finali ottenuti e predisposto la relazione tecnica oltre alle altre documentazioni necessarie per la rendicontazione amministrativo-economica. Ri.Nova si è occupato della gestione e predisposizione della documentazione e format e ha opportunamente informato e supportato i partner nella fase di rendicontazione tecnica ed economica.

Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, Ri.Nova ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia al progetto, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il progetto;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il progetto.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il Responsabile di Progetto ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa di Ri.Nova. In particolare sono state espletate le attività di seguito riassunte.

Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento dell'intero progetto si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Attività di controllo

La verifica dell'attuazione progettuale è avvenuta periodicamente; più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti ed è stata condotta nell'ambito degli incontri collegiali di coordinamento prima descritti:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda Progetto.

Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

Non si sono verificate situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.

Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità di Ri.Nova.

Il Sistema Qualità Ri.Nova, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).

E' stata richiesta una proroga di 90 giorni (approvata con determina 5282 del 14/03/24) giustificata dall'inserimento nella rete di monitoraggio sullo stato di salute dei suoli di un'azienda agricola frutticola, in provincia di Ravenna (Bagnacavallo), che è stata vittima di danni da alluvione nel corso del maggio 2023, ritenendo di particolare interesse la valutazione dell'effetto sul suolo di eventi calamitosi come quello verificatosi. L'abbondante sedimento depositatosi nel frutteto monitorato, la necessità di lasciarlo asciugare, le successive lavorazioni e la semina di un nuovo prato interfilare, hanno comportato uno slittamento delle attività, afferenti all'"Azione 3.5 - Innovazione: utilizzo di tecnologie di sensoristica prossimale", che prevedevano il passaggio nell'interfilare di macchine attrezzate con appositi sensori.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate

Gli obiettivi del piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate criticità nella fase di cooperazione del GO.

2.2.1 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia media	Gestione	43,00	32	1.376,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	Segreteria	27,00	40	1.080,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	Amministrazione	27,00	98	2.646,00

	Personale dipendente: costi standard fascia media	Amministrazione	43,00	62	2.666,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	Gestione e coordinamento	43,00	74	3.182,00
	Personale non dipendente	Amministrazione			2.167,00
	Personale non dipendente	Amministrazione			2.505,00
Totale:					15.622,00

2.5.1 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze persone fisiche

Nominativo del consulente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	25.164,00	Responsabile del Progetto	4.320,00
Totale			4.320,00

2.1.2 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 2 - STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO:

Unità aziendale responsabile: I.TER

L'azione ha previsto l'avvio di una raccolta di informazioni inerenti l'organizzazione e la gestione dei suoli nelle aziende al fine della definizione e scelta dei siti di monitoraggio, nonché la volontà di ottimizzare l'organizzazione delle attività previste nel Piano Operativo.

I siti selezionati, come da Piano, sono 4 e collocati all'interno di aziende agricole collegate ai soci di RI.NOVA (Granfrutta Zani, Agrintesa, Orogel Fresco, CIO-Consorzio Interregionale Ortofrutticoli e APOFRUIT) che con lettera hanno manifestato interesse al progetto e a collaborare nel promuovere il progetto ai propri soci.

La scelta delle date e tempistiche dei monitoraggi è stata individuata in allineamento con le disponibilità e gli impegni delle aziende agricole, ma è stata condizionata anche dagli eventi collegati all'alluvione del maggio 2023. La scelta dei siti è stata eseguita dopo specifici colloqui con le OP dando la preferenza ai siti condotti con tecniche rappresentative delle colture e degli ambienti pedologici tipici di produzione e dando continuità a siti sperimentali avviati in GO o prove precedenti. In funzione degli eventi piovosi eccezionali dello scorso maggio 2023 e di quanto emerso nelle attività del Servizio Suolo, si è deciso che uno dei siti di monitoraggio interessasse una azienda alluvionata, caratterizzata dal deposito di importanti spessori di fango. In funzione delle informazioni raccolte sulle caratteristiche dei suoli aziendali e sulla gestione agronomica delle colture e grazie a specifici sopralluoghi condotti in campo, si sono selezionati i seguenti 4 siti:

- 1) Un sito presso l'azienda partner SOC. AGR. DELTABIO, localizzato nei suoli sabbiosi della pianura costiera del Basso Ferrarese che corrisponde al sito monitorato nel GO SOSFERA di circa 3,5 ettari composto da 3 tesi di gestione di matrici organiche (compost, biodigestato e letame).
- 2) Un sito, collocato nell'ambiente dei "dossi alluvionali" tipico della frutticoltura della pianura romagnola, presso l'azienda RICCARDO BALLARDINI su pero alluvionato e interessato da un importante deposito di fango; i rilievi hanno testato lo stato di salute del suolo sia nel sottofila che nell'interfila.
- 3) Un sito coltivato a pesco presso GRANFRUTTA ZANI, collocato nell'ambiente dei "dossi alluvionali" tipico della frutticoltura della pianura romagnola che corrisponde al sito monitorato nel GO FRUTTIFICO; i rilievi hanno testato lo stato di salute del suolo sia nel sottofila, trattato con diserbo chimico, che nell'interfila inerbito.
- 4) Un sito presso l'azienda FILIPPI, coltivato a seminativi in rotazione, già seguito da sperimentazioni condotte dall'Università Cattolica del Sacro Cuore (UCSC-PC) presso azienda afferente a CIO.

Inoltre questa azione ha previsto la definizione del seguente protocollo di campionamento che è stato utilizzato dai pedologi I.TER per il monitoraggio dei suoli.

SCOPO DEL PROTOCOLLO DI CAMPIONAMENTO

La volontà di prevenire i rischi potenziali e di un miglioramento continuo è parte integrante dell'approccio metodologico e partecipativo utilizzato nei vari processi aziendali amministrativi e produttivi. Questa modalità aiuta a identificare le opportunità di miglioramento. Infatti, la comunicazione e il continuo confronto tra il personale di I.TER consentono di individuare, condividere, monitorare e identificare i rischi potenziali dei processi aziendali. Attraverso momenti continui di scambio e la definizione, utilizzo e applicazione di protocolli operativi specificatamente realizzati all'inizio delle principali attività tecniche è possibile condividere le attività da realizzare, controllare reciprocamente nei processi produttivi e prendere coscienza dei rischi presenti o potenziali non appena si verificano o si possano manifestare.

Potenziali rischi	Intervento preventivo
Dimenticare di portare in campo gli strumenti utili al monitoraggio	Seguire la check list
Scorretta esecuzione del campionamento previsto nel piano operativo	Tabella di sintesi inerente l'individuazione delle aree di campionamento e schema di campionamento
Scorretta localizzazione geografica dei siti	Definizione della procedura di registrazione su GPS collegata a precisa denominazione dei siti
Perdita di campioni di suolo o etichettature errate	Seguire l'esecuzione e lo schema di campionamento comprensivo delle regole di etichettamento e controllo in campo, in ufficio e prima della consegna al laboratorio

PROTOCOLLO CAMPIONAMENTO E STUDIO DEL SUOLO

Organizzazione monitoraggio

La qualità e l'efficienza dei rilevamenti effettuati da I.TER dipende anche dall'aver tutto il materiale necessario in campo. Per questo motivo è stata predisposta una "check list", cioè l'elenco inerente al materiale necessario per il rilevamento ed il campionamento da eseguire in campo e idonea strumentazione che i rilevatori devono avere:

Manuale di campagna	Martello da geologo
Scheda campagna per trivellate	Lente
Supporto rigido per scrivere	Cordella metrica
Carta dei suoli delle aree interessate	Lavagnetta e gessetti

Schede descrizione tipi di suolo	Sacchetti PE grandi
Schede rilievi precedenti fatti nel sito	Sacchetti PE piccoli
GPSMAP 66s GARMIN	Etichette prestampate per sacchetti
Macchina fotografica o Cellulare con fotocamera	Elastici
Dispositivi di protezione individuale (mascherine, guanti, tute, ecc)	Penne e cancelleria
Trivella olandese	Tesserino di riconoscimento
Canaletta per appoggiare campioni trivella	Pinzatrice con graffette
Vanga/Vanghetta	Forbici
Munsell Soil Color chart + gley	Ombrellone
Spruzzetta acqua	Punti GPS su Google Maps
Bocchetta HCl	Striscia bianco-rossa da cantiere
Bocchetta pH + scala colorimetrica + piastra in ceramica	Tanica d'acqua
Rotolo carta scottex	3 Secchi Rossi per campionare opportunamente siglati (0-15 cm; 15-30 cm; 0-30 cm)
Coltello da pedologo	

Monitoraggio suolo

Al centro di ogni area di campionamento è stata realizzata un'osservazione pedologica (trivellata) fino alla profondità di almeno 110 cm per la caratterizzazione del suolo rappresentativo del sito di monitoraggio. La trivellata è stata descritta seguendo le norme della "Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche" ed. 2020 della Regione Emilia-Romagna ed utilizzando la scheda standard utilizzata dalla regione Emilia-Romagna.

Nomenclatura su scheda: per ciascun punto sulla scheda è stato riportato il codice della trivellata formata dalla sigla T e dal numero della trivellata (partendo dal numero 1, continuando in maniera progressiva).

Fotografie eseguite in campagna: ogni trivellata è stata corredata da fotografie digitali riguardanti sia la stazione (secondo le direzioni nord, sud, est ed ovest) sia la trivellata stessa con i dettagli delle carote.

In particolare, il metro è stato posto sulla sinistra della trivellata intera, la lavagnetta (siglata come da foto successiva) sulla destra.



Esempio foto della trivellata ripresa integralmente, con corretta disposizione del metro e della lavagnetta

Monitoraggio della sostanza organica e della fertilità dei suoli

Per ciascuna azienda all'interno delle singole tesi è previsto lo studio del suolo tramite trivella olandese fino a 110 cm di profondità ed eseguito il campionamento composto tramite il prelievo di 9 sub campioni a due diverse profondità (0-15 cm e 15-30 cm) per analisi della sostanza organica e alla profondità 0-30 cm per le analisi routinarie. Lo schema di campionamento varia a seconda dei siti dimostrativi e viene descritto successivamente.

In fase di campionamento è necessario scartare i primi 2-3 cm di terreno che si rilevano nella parte alta del carotatore della trivella olandese; ciò consente di eliminare eventuali foglie o apparati radicali al fine di eliminare la cotica erbosa e gli eventuali detriti superficiali presenti o di eliminare terreno che ricade dalle parti alte durante l'esecuzione della trivellata.

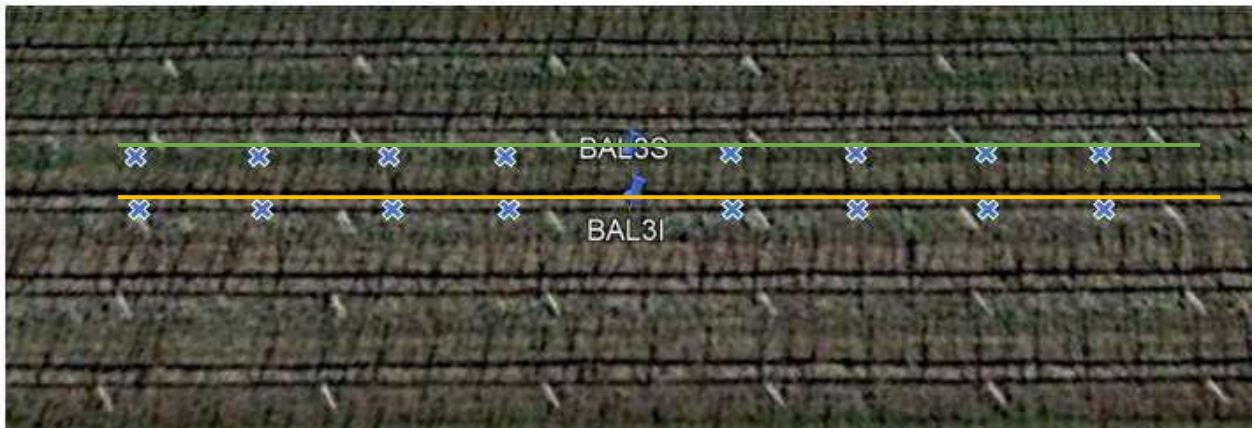
Per ogni sito di campionamento è necessario raccogliere nei secchi rossi siglati 0-15 cm e 15-30 cm gli opportuni sub-campioni. Al termine della raccolta si mescola la terra contenuta all'interno di ciascun secchio.

Si preleva dal secchio 0-15 cm un campione di terreno di almeno 0.5 kg di terra e si colloca in apposito sacchetto siglato di conseguenza. La stessa operazione viene svolta prelevando il terreno dal secchio siglato 0-30 cm. La parte di terreno restante nei due secchi (almeno 1 kg) viene unita, miscelata e quindi collocata in apposito sacchetto siglato per l'invio in laboratorio per l'esecuzione delle analisi routinarie.

In generale, ogni campione composto sarà sistemato in un sacchetto di polietilene opportunamente siglato con pennarello indelebile (sigla progetto, codice rilevamento, data, tipologia di campione). Il campione sarà poi sistemato in un secondo sacchetto contenente la relativa etichetta compilata, usando una penna (evitare uso di matita e pennarelli che "sbavano" a contatto con superfici umide o bagnate), infine sigillato con elastico.

L'immagine successiva evidenzia lo schema campionamento che è stato eseguito nei due siti frutticoli (Azienda Ballardini e Granfrutta Zani) per ciascuna area di Campionamento all'interno del

sotto fila e interfila: precisamente 4 prelievi a destra e 4 prelievi a sinistra rispetto al punto centrale in cui è stata eseguita la trivellata



Mentre l'immagine successiva evidenzia lo schema di campionamento che eseguito nei due siti a seminativo (Azienda Filippi e Deltabio) per ciascuna area di campionamento: precisamente 8 prelievi a croce attorno al punto centrale in cui è stata eseguita la trivellata.



Monitoraggio della qualità delle acque superficiali e di falda

Tale studio prevede:

- Monitoraggio dei nitrati nelle acque di falda collocando 1 piezometro all'interno di ciascuna tesi più un testimone esterno al sito dimostrativo: per un totale di 4 piezometri da cui saranno prelevati campioni di acqua per due stagioni per due anni.
- Monitoraggio delle acque irrigue tramite la raccolta di 2 campioni di acqua per due stagioni per due anni; la localizzazione e la tempistica del prelievo terrà conto della gestione idraulica del Consorzio di Bonifica (es. stagione di maggior effetto drenante e nella stagione irrigua).

Le analisi realizzate dal laboratorio Gruppo CSA S.p.A., selezionato da I.TER in base al raffronto di tre preventivi, interessano i seguenti parametri: Cloruri, Fosfati, Nitrati, Azoto nitrico, Azoto ammoniacale, Boro, pH, Conducibilità elettrica, COD, BOD.

Il campionamento delle acque di falda prevede l'installazione di 4 piezometri seguendo la procedura Q ISO 9001 di I.TER. Inoltre, si prevede il prelievo di campioni di acque superficiali in 2 siti opportunamente selezionati. La descrizione dettagliata dello schema di campionamento e dell'epoca è riportata di seguito all'interno della descrizione azione 3.2 del sito dimostrativo dell'Azienda DELTABIO.

Epoca di studio e campionamento

L'epoca di studio con trivella deve essere scelta in funzione dello stato di umidità del terreno, che non deve essere né troppo secco né troppo umido, in modo tale da garantire il raggiungimento di almeno 110 cm di profondità.

Mentre il campionamento del suolo deve essere eseguito a sufficiente distanza di tempo dalle ultime lavorazioni e soprattutto dalle concimazioni (chimiche ed organiche) preferibilmente nel periodo autunno invernale.

Il campionamento delle acque avviene nelle stagioni:

- stagione estiva
- stagione autunno invernale.

Controllo campioni prelevati

Controllo in campo

I rilevatori controllano e verificano durante il campionamento e il carico dei campioni in auto, che non ci siano errori nella trascrizione delle etichette e nel relativo contenuto dei sacchetti.

Controllo in ufficio dei campioni prelevati

Un ulteriore controllo viene eseguito presso la sede I.TER mettendo in ordine i campioni negli appositi scaffali riverificando, che non ci siano errori nella trascrizione delle etichette e nel relativo contenuto dei sacchetti.

Consegna al laboratorio dei campioni

Al termine di ogni campionamento, nella fase di sistemazione dei campioni come precedentemente definito, è necessario compilare l'elenco dei campioni prelevati.

PROTOCOLLO PER POSA PIEZOMETRI

Strumentazione

- **Piezometro:** si tratta di un tubo in PVC parzialmente forato con un trapano elettrico con punta dal diametro di 2 mm; indicativamente si realizzano 8-10 livelli di fori, distanti circa 10 cm l'uno dall'altro, a partire dalla parte inferiore del piezometro che sarà collocata nel terreno. Ciascun livello è composto da 4 fori equidistanti lungo il diametro; ciascun livello di fori è ruotato di 90 gradi rispetto al precedente e successivo. (vedi foto)

Materiale	Spessore mm	Diametro interno cm	Lunghezza a totale (cm)	Area forata (cm)	Tara sporgente dal terreno (cm)
PVC	5	5.7	200	80	60



Figura 1 – Esempio foratura tubo PVC

- Scotch americano;
- Tessuto non tessuto 30 g /m²;
- Forbici;
- Pennarello indelebile;
- Trivella componibile con prolunghe da 0.50 m e da 1.00 m con punte da 4 cm e 6 cm.

Posa degli strumenti

1. Preparazione dei piezometri

Linearmente lungo la parte forata del piezometro viene fissato il tessuto non tessuto con lo scotch americano, fino a 10cm al di sotto degli ultimi fori, viene poi avvolto per una volta e mezzo e fissato con lo scotch americano in 3 parti al termine dell'operazione.

Nell'estremità esterna inferiore del piezometro, cioè quella che sarà collocata nella terra, viene lasciato maggior tessuto, così da permettere con maggiore facilità l'entrata dell'acqua nel piezometro, che sarà poi annodato ed inserito all'interno del piezometro stesso.



2. Posizionamento della stazione di misura

Lo strumento viene collocato, nell'ambito dell'azienda, in funzione di caratteri tecnici e logistici. Vengono considerati i seguenti fattori:

- lontananza da canali, maceri, sorgenti, ecc;
- terreno in condizioni naturali dove non siano stati effettuati sbancamenti o accumuli;
- vicinanza a vie facilmente raggiungibili per una sufficiente comodità per la lettura del dato;
- disponibilità aziendale;
- tesi in corso all'interno dell'azienda.

3. Operazioni di messa in posa

Per sistemare i piezometri usualmente si impiegano trivelle a trazione manuale o meccanica.

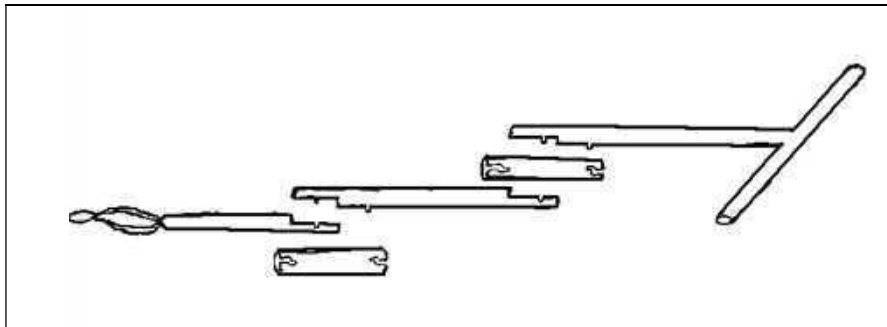


Figura 2 - Esempio di trivella con prolunghe

Attraverso queste ultime viene effettuata una trivellata ad una profondità di 1.70 m, inizialmente con la punta da 4cm poi, per allargare il foro e permettere l'entrata del piezometro, con la punta da 6 cm.

Una volta arrivati all'altezza della falda, viene effettuata un'ultima trivellata, a seguito della quale viene immediatamente inserito il piezometro con la parte del tessuto non tessuto rivolta verso il basso (figura A), all'interno del foro, fino al raggiungimento della profondità necessaria.

Una volta posto in sede finale il piezometro, viene chiuso con un tappo che verrà numerato progressivamente attraverso l'utilizzo di un pennarello indelebile.



I piezometri sono stati collocati al centro della Tesi di studio.



PROTOCOLLO PRELIEVO ACQUE

Strumentazione

- **Bailer:** si tratta uno strumento semplice ed efficace. Consiste in un tubo aperto all'estremità superiore, e con una valvola a sfera all'estremità inferiore. In fase di discesa nell'elemento liquido, la valvola viene sospinta verso l'alto e mantenuta aperta dalla pressione del liquido. In fase di risalita è il peso del campione prelevato a mantenere chiusa la valvola, con la complicità della pressione esercitata dagli strati liquidi superiori attraverso l'apertura al vertice. Se ne portano solitamente 2, uno viene utilizzato ed uno di ricambio nel caso succeda qualcosa.
- **Cordino da 5 m;**
- **Forbici;**
- **Bastoncino**
- **Acqua distillata 5 litri.**
- **Barattoli n° 6 da 250ml:** 1 per ogni piezometro, 2 di riserva.
- **Etichette;**
- **Scotch trasparente.**



Preparazione e posa

Preparazione dei Bailer

Il Bailer prima di essere utilizzato in campo per il prelievo dell'acqua deve essere accuratamente lavato. È importante questa operazione in quanto l'acqua che verrà prelevata dal piezometro dovrà essere portata ad analizzare e per questo non vi devono essere interferenze di altri elementi.

Il bailer deve essere sciacquato sia internamente che fuori con dell'acqua distillata, per eliminare eventuali residui. Questa operazione deve essere effettuata in campo.

Nell'estremità aperta del Bailer viene legato il cordino che sarà poi tagliato in base alla profondità della falda (nel nostro caso 1.50 m).

Preparazione Barattoli per raccolta acqua

Ad ogni barattolo verrà messa una targhetta con la data di campionamento ed il nome di riferimento per ogni punto in cui è stato posizionato il piezometro. La targhetta verrà incollata con dello scotch trasparente, su tutta l'area, così da renderla impermeabile all'acqua.

Prelievo dell'acqua

Dopo almeno una settimana dalla posa dei piezometri, il Bailer viene posto all'interno del piezometro stesso ed attraverso il cordino viene fatto scendere fino al raggiungimento dell'acqua di falda risalita dal piezometro; la procedura migliore è fare scendere il Bailer lentamente riempiendolo gradualmente, cercando di non smuovere troppo la sabbia. Solo nei casi in cui risulta difficile l'operazione, il Bailer viene fatto andare su e giù con dei movimenti decisi della mano, così che si possa riempire il più possibile di acqua. Una volta riempito, viene riportato su ed attraverso un bastoncino viene spinta la pallina lontana dal foro così da poter svuotare il Bailer all'interno del barattolo apposito. La stessa operazione dovrà essere fatta per ogni piezometro.

Etichettamento e stoccaggio campioni Acqua

I barattoli una volta riempiti dovranno essere etichettati con delle etichette preparate preventivamente in Ufficio. Le etichette vanno attaccate al barattolo con dello scotch da imballaggio trasparente così che si possa rendere l'etichetta impermeabile.

Conservazione campioni

I barattoli una volta etichettati, uno per uno al momento della raccolta dell'acqua, dovranno poi essere riposti all'interno di una borsa frigo. Appena si rientra in sede I.TER i campioni vanno collocati in frigo (No freezer) e mantenuti ad una temperatura di circa 4-5 gradi fino al loro arrivo in laboratorio. Avisare laboratorio che al momento del ritiro deve avere con sé borse termiche.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività.

2.2.2 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	Individuazione siti e protocolli	27,00	48	1.296,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	Individuazione siti e protocolli	43,00	64	2.752,00

	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	Individuazione siti e protocolli	27,00	64	1.728,00
				Totale	5.776,00

2.1.3 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.1: SITO DIMOSTRATIVO SULL'UTILIZZO DI MATRICI ORGANICHE IN COLTURE ORTICOLE NELLE ZONE VULNERABILI AI NITRATI

Unità aziendale responsabile: Astra Innovazione e Sviluppo – Ri.Nova

In questa azione sono proseguite le attività già avviate nel sito dimostrativo attivato con il GO SOSFERA presso l'azienda DELTABIO, partner effettivo, rappresentativo dei suoli sabbiosi tipici della pianura costiera emiliano-romagnola.

L'attività di monitoraggio dell'effetto dell'uso di matrici organiche sul suolo e sulle acque è specificata nell'azione 3.2 (I.TER).

L'obiettivo di mantenere in gestione il sito dimostrativo è duplice:

- 1) proseguire nel mettere a disposizione degli agricoltori siti dimostrativi che utilizzano matrici organiche derivate da biodigestori e compost e che vengono monitorati per gli effetti sul suolo, sulle acque superficiali, sulla falda ipodermica, sulla risposta vegeto-produttiva delle piante e sulla sostenibilità ambientale.
- 2) condividere tra agricoltori e ricercatori una strategia che porti all'incremento del contenuto di sostanza organica nel terreno.

1) Proseguimento gestione di 3 diverse tesi che utilizzano matrici organiche; è stato verificato l'effetto sulla coltura (stato fisiologico e risposte vegeto-produttive della pianta e qualitative dei prodotti), anche in considerazione delle nuove esigenze colturali imposte dal cambiamento climatico in atto. Le 3 tesi avevano lo stesso schema sperimentale già predisposto per il GO SOSFERA: ampie parcelle, per permettere l'applicazione delle matrici organiche e la gestione del suolo in coerenza con la realtà aziendale.

2) Monitoraggi sulla risposta vegeto-produttiva della pianta:

Materiali e metodi

L'attività svolta nell'ambito del Progetto, durante la stagione agricola 2023, aveva l'obiettivo di valutare l'eventuale correlazione tra l'apporto di matrici organiche al suolo e la risposta vegeto-produttiva delle colture oggetto di studio, ovvero il pomodoro da industria.

L'attività sul pomodoro da industria è stata svolta su un terreno sabbioso nella pianura ferrarese, presso l'Azienda Agricola Deltabio. Il motivo di tale scelta è la carenza di elementi nutritivi e di sostanza organica che caratterizza questi terreni, in modo tale da mettere in evidenza l'eventuale effetto delle matrici organiche. Il pomodoro è stato trapiantato a file binate, con una densità d'impianto di circa 33.000 piante/ha. Le matrici organiche oggetto della prova, distribuite con spandiconcime in pre-trapianto, in tre parcelloni differenti (11.000 m²), sono state: letame maturo

(20 t/ha), biodigestato (20 t/ha) e compost (6 t/ha). La coltura è stata condotta con metodo biologico. I rilievi vegeto-produttivi sono stati i seguenti: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SPAD, altezza della coltura (cm), analisi nutrizionale fogliare, sia metodologia ufficiale di laboratorio che kit rapido (Aquatwin), valutazione stato fitosanitario, produzione commerciale e scarto. Inoltre, in concomitanza del rilievo produttivo, è stato determinato il peso fresco della biomassa distinta tra apparato fogliare e radicale.

I rilievi sono stati eseguiti in tre diverse fasi fenologiche: allegazione - primo palco (23 giugno 2023), invaiatura - secondo palco (31 luglio 2023), e maturazione commerciale del prodotto (22 agosto 2023).

L'analisi statistica è stata svolta con il test di Duncan ($p < 0,05$); a lettere differenti corrispondono differenze statisticamente significative.

Risultati e discussione

In seguito si riportano i risultati dei rilievi svolti su pomodoro da industria. Le tabelle sottostanti mostrano i risultati del NDVI, SPAD e altezza della coltura, suddivisi per data del rilievo. Inoltre si riporta il punteggio della valutazione visiva sullo sviluppo vegetativo, risultato ottimo in tutti i rilievi senza particolari differenze tra le tesi.

Data	23/06/2023		23/06/2023		23/06/2023		23/06/2023
Tesi	NDVI		SPAD		Altezza pianta (cm)		Sviluppo vegetativo (0-5)
Compost	0,80	<i>a</i>	55,9	<i>b</i>	42	<i>a</i>	5
Biodigestato	0,81	<i>a</i>	52,6	<i>a</i>	43	<i>a</i>	5
Letame	0,82	<i>a</i>	53,4	<i>a</i>	46	<i>b</i>	5

Tabella n.1: NDVI, SPAD, altezza coltura, e valutazione sviluppo vegetativo.

Data	31/07/2023		31/07/2023		31/07/2023		31/07/2023
Tesi	NDVI		SPAD		Altezza pianta (cm)		Sviluppo vegetativo (0-5)
Compost	0,80	<i>a</i>	50,1	<i>a</i>	45	<i>a</i>	5

Biodigestato	0,80	<i>a</i>	54,3	<i>a</i>	49	<i>a</i>	5
Letame	0,80	<i>a</i>	54,7	<i>b</i>	46	<i>a</i>	5

Tabella n.2: NDVI, SPAD, altezza coltura, e valutazione sviluppo vegetativo.

Data	22/08/2023		22/08/2023		22/08/2023		22/08/2023
Tesi	NDVI		SPAD		Altezza pianta (cm)		Sviluppo vegetativo (0-5)
Compost	0,56	<i>a</i>	53,3	<i>a</i>	47	<i>a</i>	5
Biodigestato	0,55	<i>a</i>	55,9	<i>a</i>	45	<i>a</i>	5
Letame	0,55	<i>a</i>	53,4	<i>a</i>	45	<i>a</i>	5

Tabella n.3: NDVI, SPAD, altezza coltura, e valutazione sviluppo vegetativo.

Come si può osservare dalle tabelle (tab. 1, 2, 3) non ci sono differenze statistiche tra le tesi in tutte le date di rilievo. L'NDVI è rimasto costante tra il 23 giugno 2023 e il 31 luglio 2023, probabilmente perché la coltura aveva già coperto interamente il terreno, mentre il 22 agosto 2023, poco prima della raccolta, l'NDVI si è ridotto probabilmente a causa dell'avvio della senescenza della pianta. L'altezza della pianta è cambiata poco nei tre rilievi, in quanto la coltura aveva già raggiunto il massimo sviluppo vegetativo.

In seguito si riportano i risultati delle analisi fogliari nutrizionali, sia di laboratorio che kit rapido (Aquatwin). Come si può osservare nelle tabelle e grafici sotto riportati, il contenuto di elementi nutritivi fra le tre tesi è sostanzialmente simile e segue lo stesso andamento durante il ciclo colturale.

Data	Tesi	Azoto totale %	Azoto nitrico %	Fosforo %	Potassio %
23/06/2023	Compost	3,49	0,0400	0,44	2,25
	Biodigestato	4,77	0,0200	0,46	2,27
	Letame	4,57	0,1100	0,48	2,68
31/07/2023	Compost	2,97	0,0003	0,03	1,26
	Biodigestato	3,44	0,0003	0,03	1,38
	Letame	3,56	0,0060	0,03	1,23
22/08/2023	Compost	4,31	0,0003	0,04	1,41
	Biodigestato	5,21	0,0460	0,05	1,78
	Letame	4,87	0,0320	0,05	2,06

Tabella n.4: Analisi fogliari di laboratorio, pomodoro da industria (macroelementi).

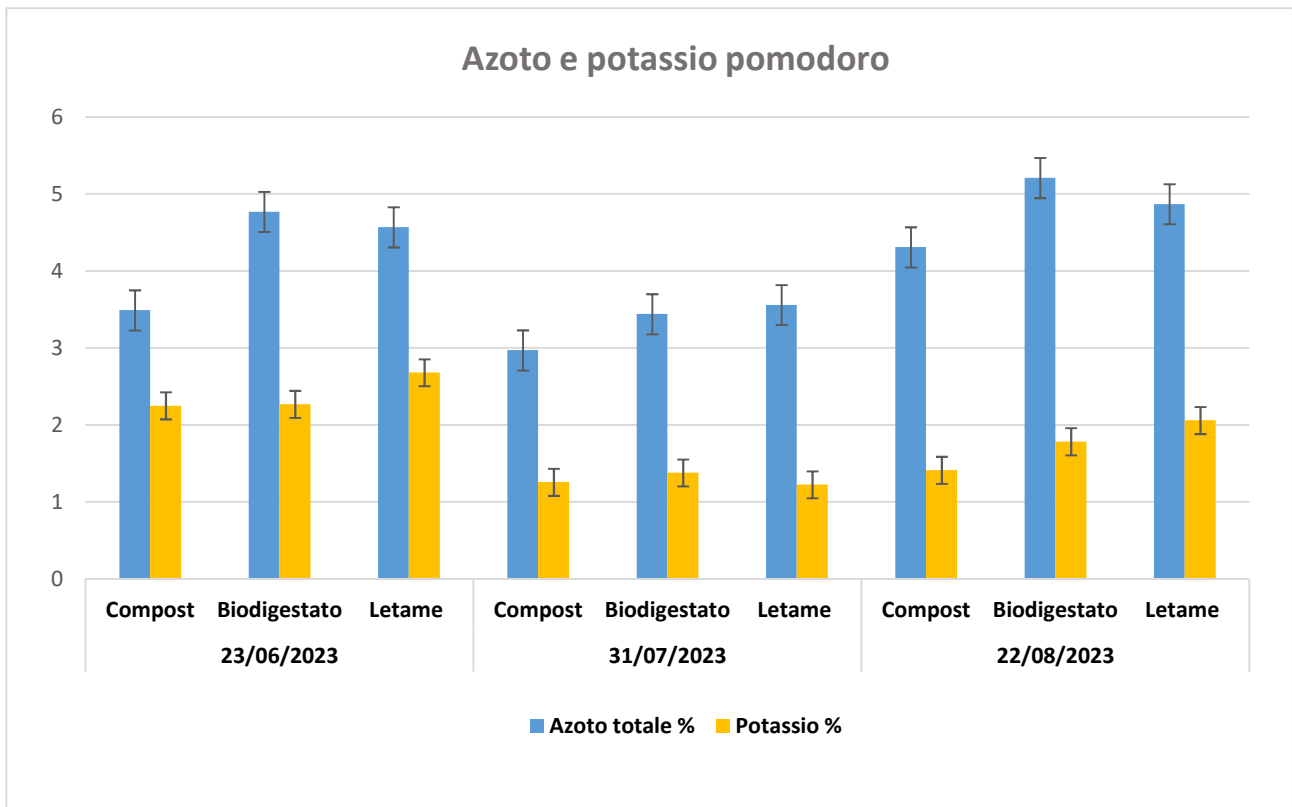


Grafico n.1: Azoto e potassio pomodoro.

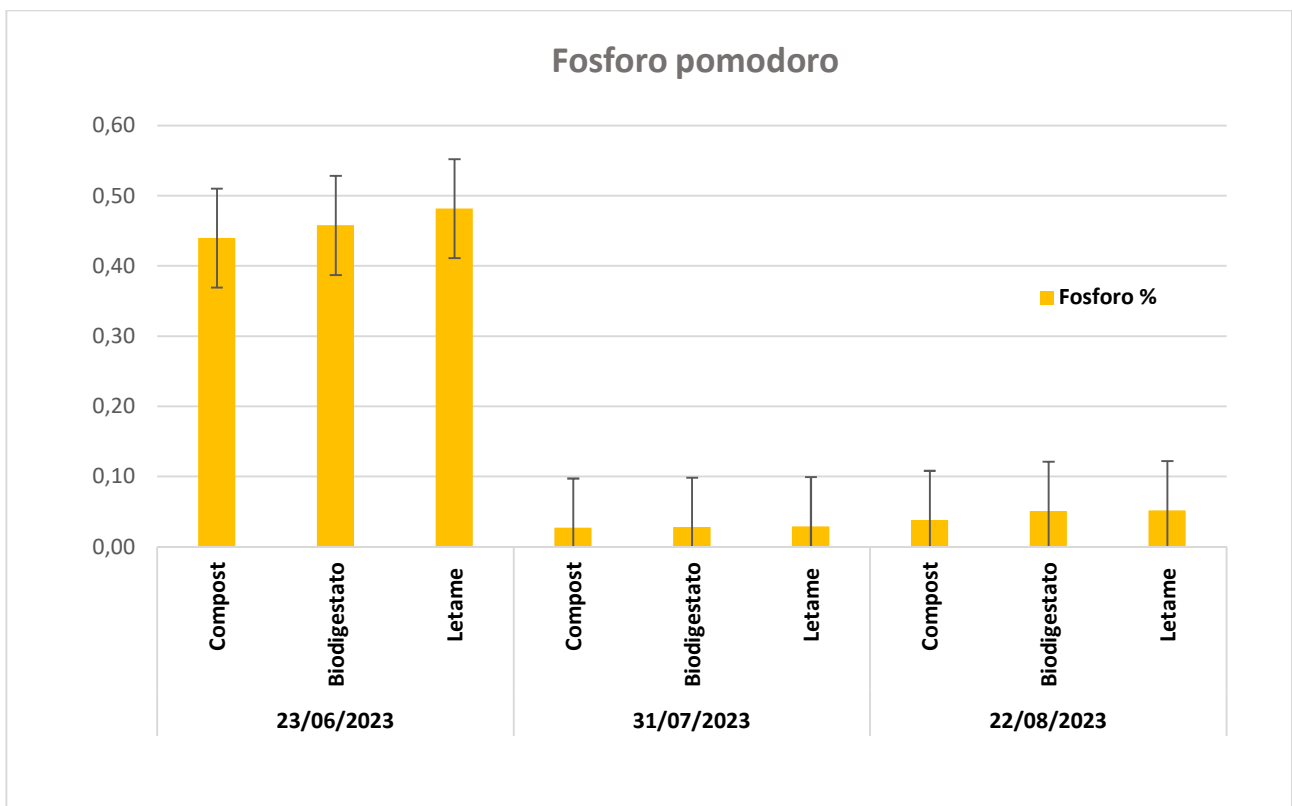


Grafico n.2: Fosforo pomodoro.

Data	Tesi	Calcio %	Magnesio %	Sodio %	Zolfo %
23/06/2023	Compost	2,14	0,48	0,16	0,89
	Biodigestato	2,26	0,51	0,22	0,93
	Letame	2,26	0,57	0,27	0,86
31/07/2023	Compost	0,37	0,27	0,21	0,17
	Biodigestato	0,31	0,25	0,27	0,15
	Letame	0,44	0,31	0,25	0,15
22/08/2023	Compost	0,32	0,26	0,27	0,14
	Biodigestato	0,35	0,29	0,28	0,11
	Letame	0,43	0,30	0,24	0,11

Tabella n.5: Analisi fogliari di laboratorio, pomodoro da industria (mesoelementi).

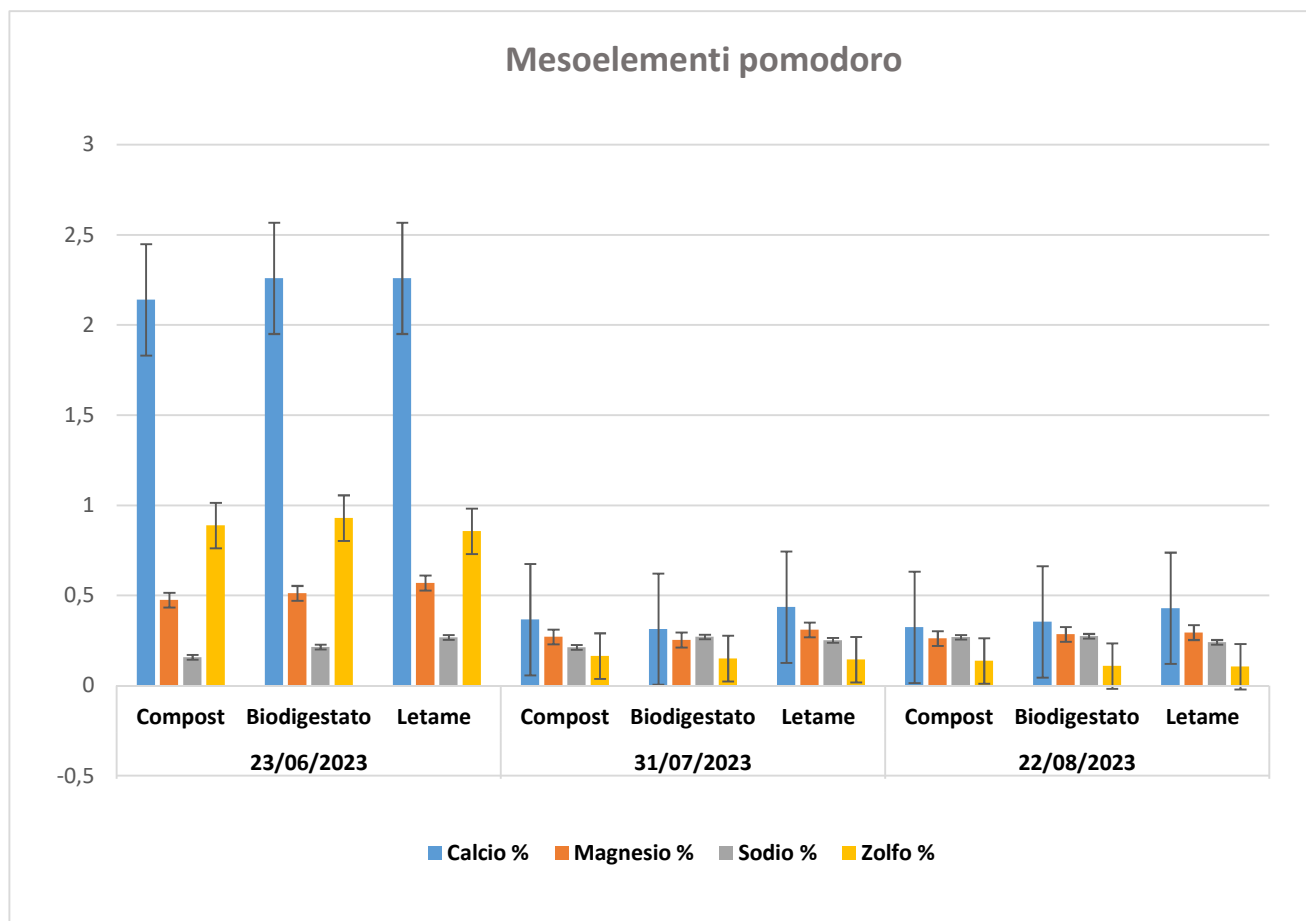


Grafico n.3: Mesoelementi pomodoro.

Data	Tesi	Boro ppm	Ferro ppm	Manganese ppm	Rame ppm	Zinco ppm
23/06/2023	Compost	25,3	456	30,70	314	21,7
	Biodigestato	19,4	317	31,70	352	21,1
	Letame	17,9	323	31,40	239	23,5
31/07/2023	Compost	67,9	469	29,80	1281	50,9
	Biodigestato	58,9	394	28,10	1191	48,6
	Letame	57,9	785	38,00	1251	54,0
22/08/2023	Compost	49,1	325	33,50	860	40,60
	Biodigestato	42,8	177	29,30	319	32,90
	Letame	36,6	327	26,50	410	38,10

Tabella n.6: Analisi fogliari di laboratorio, pomodoro da industria (microelementi).

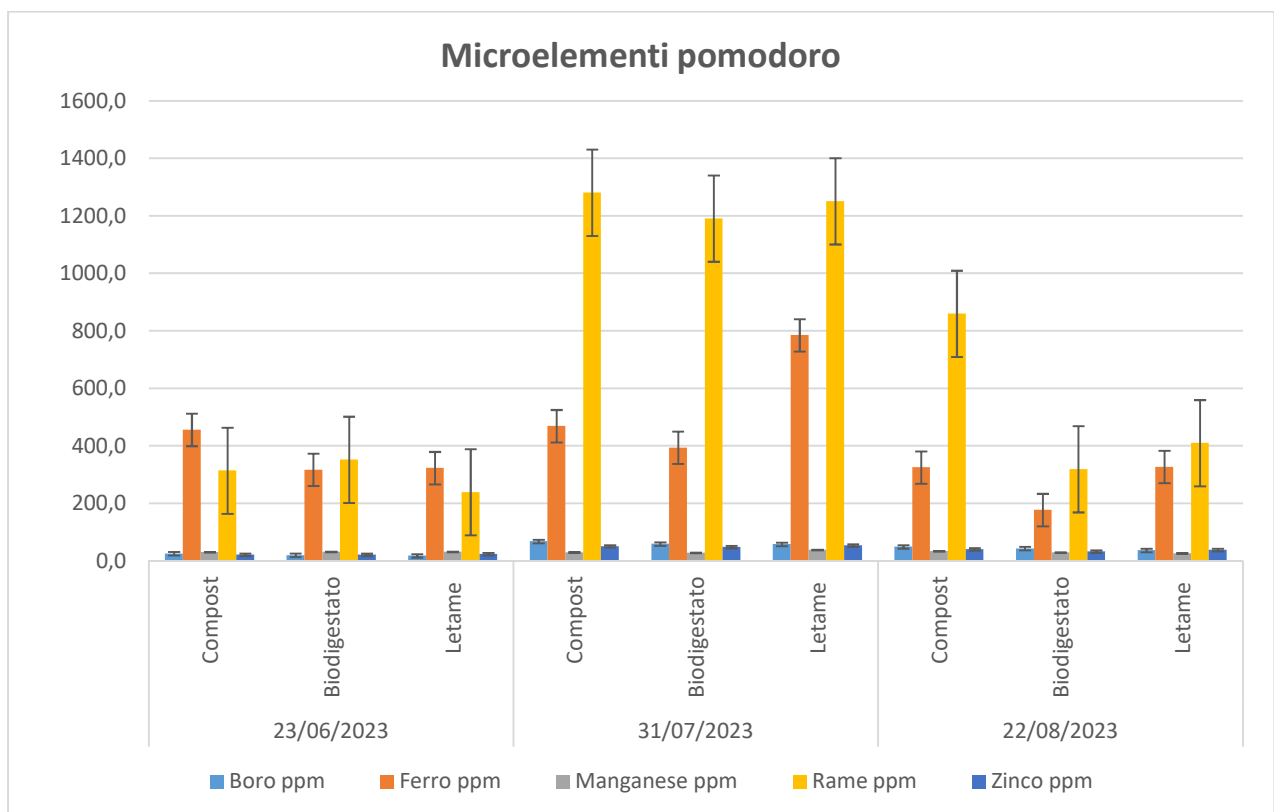


Grafico n.4: Microelementi pomodoro.

La tabella sotto riportata (tab. 7) mostra la concentrazione degli elementi nutritivi fogliari, misurati con l'Aquatwin. Si può osservare che fra le tesi non ci sono particolari differenze, specialmente per potassio, calcio e sodio. Per i nitrati, in quanto elementi molto mobili all'interno della pianta, si

può notare una differenza statistica fra le tesi al rilievo del 23 giugno 2023, mentre successivamente tale differenza si annulla.

Data	Tesi	Nitrati (ppm)		Potassio(ppm)		Calcio (ppm)		Sodio (ppm)	
23/06/2023	Compost	3825	<i>a</i>	5225	<i>b</i>	188	<i>a</i>	273	<i>a</i>
	Biodigestato	4400	<i>b</i>	5325	<i>b</i>	153	<i>a</i>	255	<i>a</i>
	Letame	4675	<i>c</i>	4625	<i>a</i>	320	<i>b</i>	273	<i>a</i>
31/07/2024	Compost	1300	<i>a</i>	5575	<i>a</i>	300	<i>a</i>	440	<i>ab</i>
	Biodigestato	1350	<i>a</i>	6175	<i>a</i>	285	<i>a</i>	403	<i>a</i>
	Letame	1350	<i>a</i>	4825	<i>a</i>	440	<i>a</i>	533	<i>b</i>
22/08/2024	Compost	2600	<i>a</i>	5900	<i>a</i>	673	<i>a</i>	980	<i>b</i>
	Biodigestato	2050	<i>a</i>	5925	<i>a</i>	390	<i>a</i>	793	<i>ab</i>
	Letame	2050	<i>a</i>	5675	<i>a</i>	388	<i>a</i>	633	<i>a</i>

Tabella n.7: Analisi nutrizionali pomodoro da industria con kit rapido (Laquatwin).

Le tabelle sottostanti (tab. 8-9) riportano la correlazione tra le analisi nutrizionali di laboratorio e kit rapido. L'elemento che mostra una buona correlazione tra i due metodi di analisi è l'azoto nitrico, mentre gli altri elementi sono maggiormente soggetti a variabilità, pertanto risulta più difficile individuarne una correlazione

		Laboratorio	Aquatwin	Laboratorio	Aquatwin
Data	Tesi	Azoto nitrico %	NO3 ppm	Potassio %	Potassio ppm
23/06/2023	Compost	0,0400	3825	2,25	5225
	Biodigestato	0,0200	4400	2,27	5325
	Letame	0,1100	4675	2,68	4625
31/07/2023	Compost	0,0003	1300	1,26	5575
	Biodigestato	0,0003	1350	1,38	6175
	Letame	0,0060	1350	1,23	4825
22/08/2023	Compost	0,0003	2600	1,41	5900
	Biodigestato	0,0460	2050	1,78	5925
	Letame	0,0320	2050	2,06	5675

Tabella n.8: Correlazione analisi nutrizionali fogliari pomodoro da industria tra laboratorio e kit rapido (Laquatwin).

		Laboratorio	Aquatwin	Laboratorio	Aquatwin
Data	Tesi	Calcio %	Calcio ppm	Sodio %	Sodio ppm
23/06/2023	Compost	2,14	188	0,16	273

	Biodigestato	2,26	153	0,22	255
	Letame	2,26	320	0,27	273
31/07/2023	Compost	0,37	300	0,21	440
	Biodigestato	0,31	285	0,27	403
	Letame	0,44	440	0,25	533
22/08/2023	Compost	0,32	673	0,27	980
	Biodigestato	0,35	390	0,28	793
	Letame	0,43	388	0,24	633

Tabella n.9: Correlazione analisi nutrizionali fogliari pomodoro da industria tra laboratorio e kit rapido (Laquatwin).

Come si può notare nel grafico sottostante (graf. 5) la correlazione, del contenuto in azoto nitrico fogliare del pomodoro da industria, tra le due tipologie di analisi (kit rapido e laboratorio) è abbastanza evidente, e ciò è messo in evidenza dal valore di R^2 . Situazione ben diversa per gli altri elementi nutritivi, per i quali non è stata riscontrata una correlazione altrettanto evidente come per l'azoto (graf. 6,7,8).

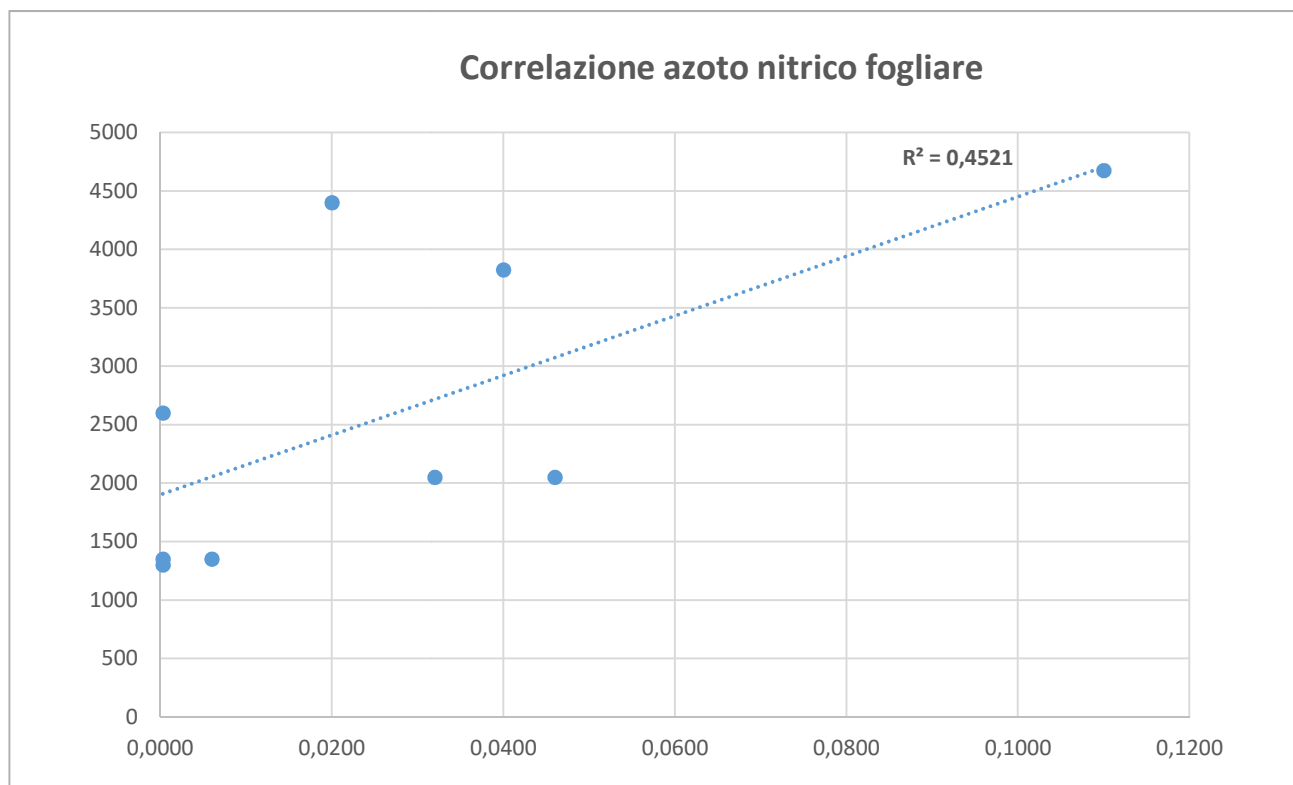


Grafico n.5: Correlazione dell'azoto nitrico fogliare, del pomodoro da industria, tra kit rapido e laboratorio.

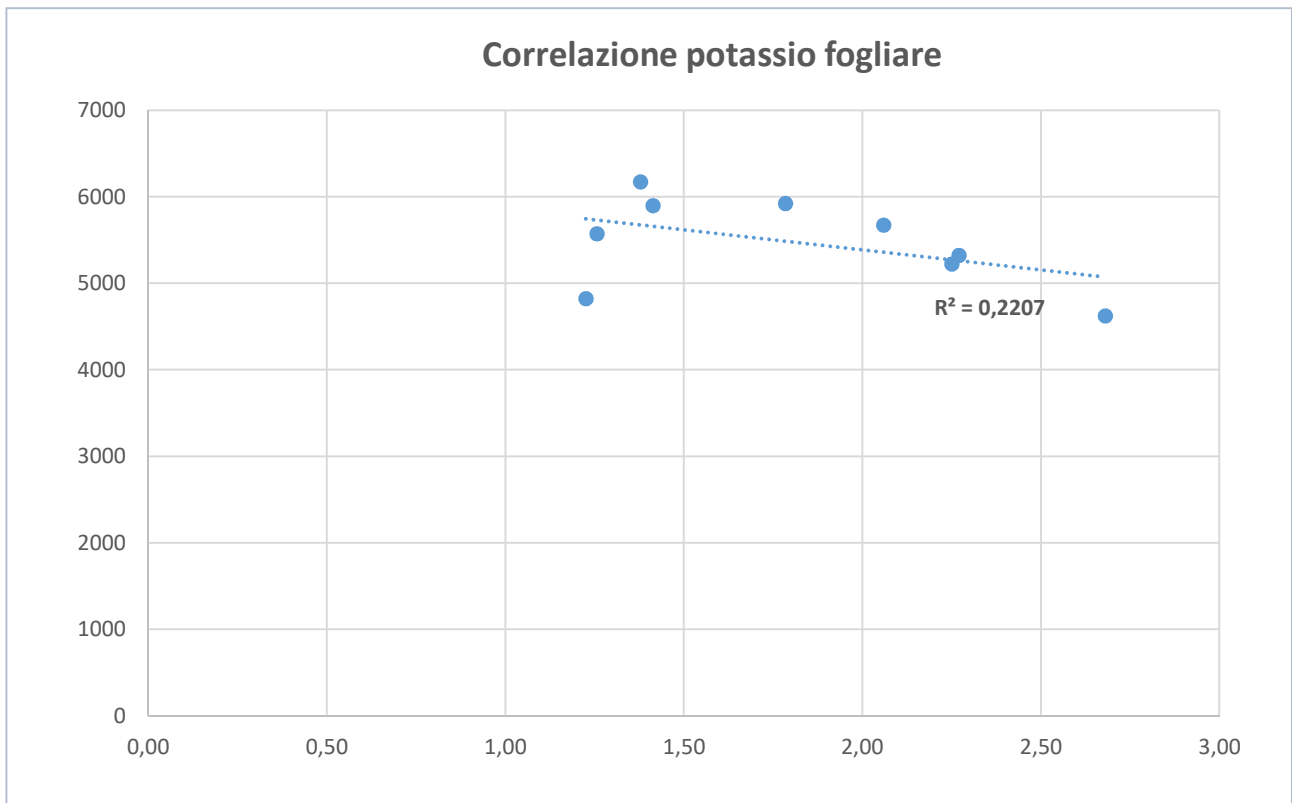


Grafico n.6: Correlazione del potassio fogliare, del pomodoro da industria, tra kit rapido e laboratorio.

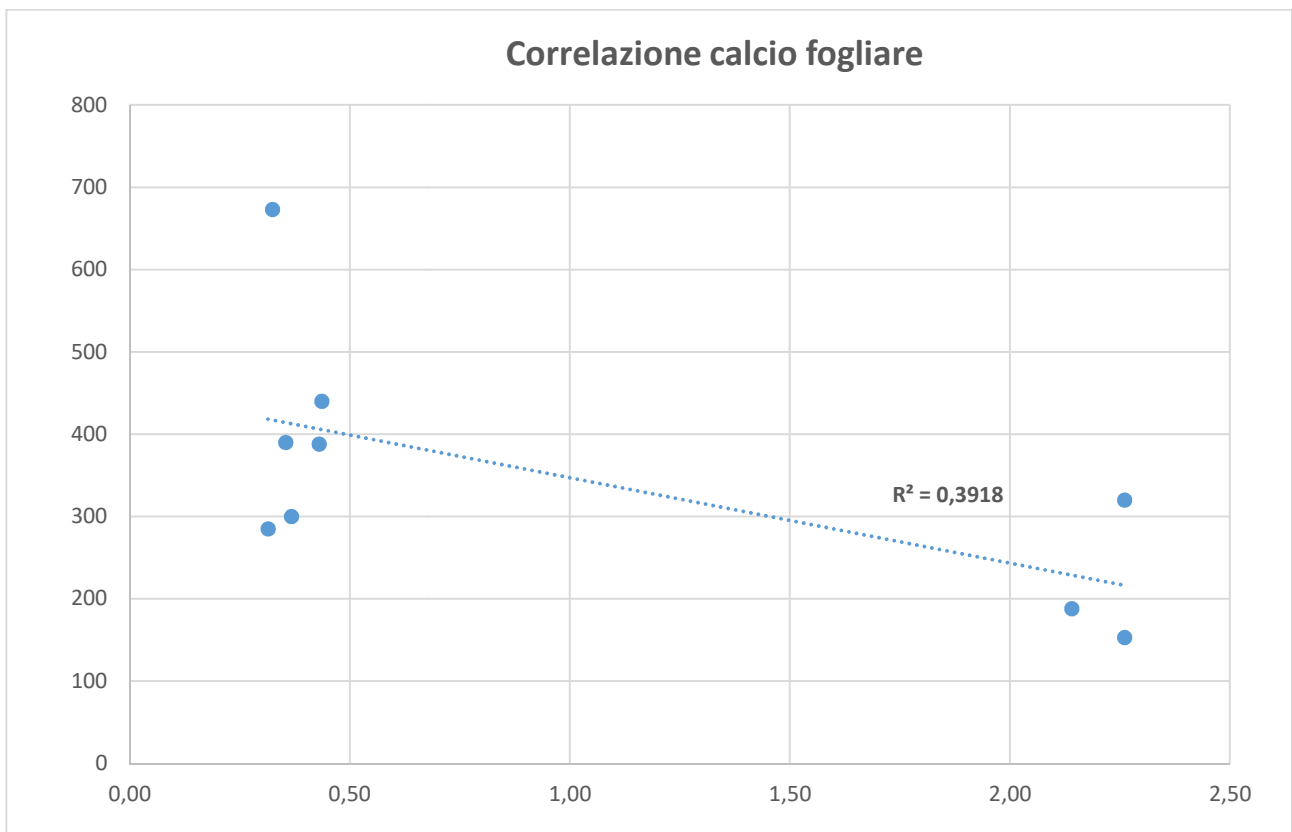


Grafico n.7: Correlazione del potassio fogliare, del pomodoro da industria, tra kit rapido e laboratorio.

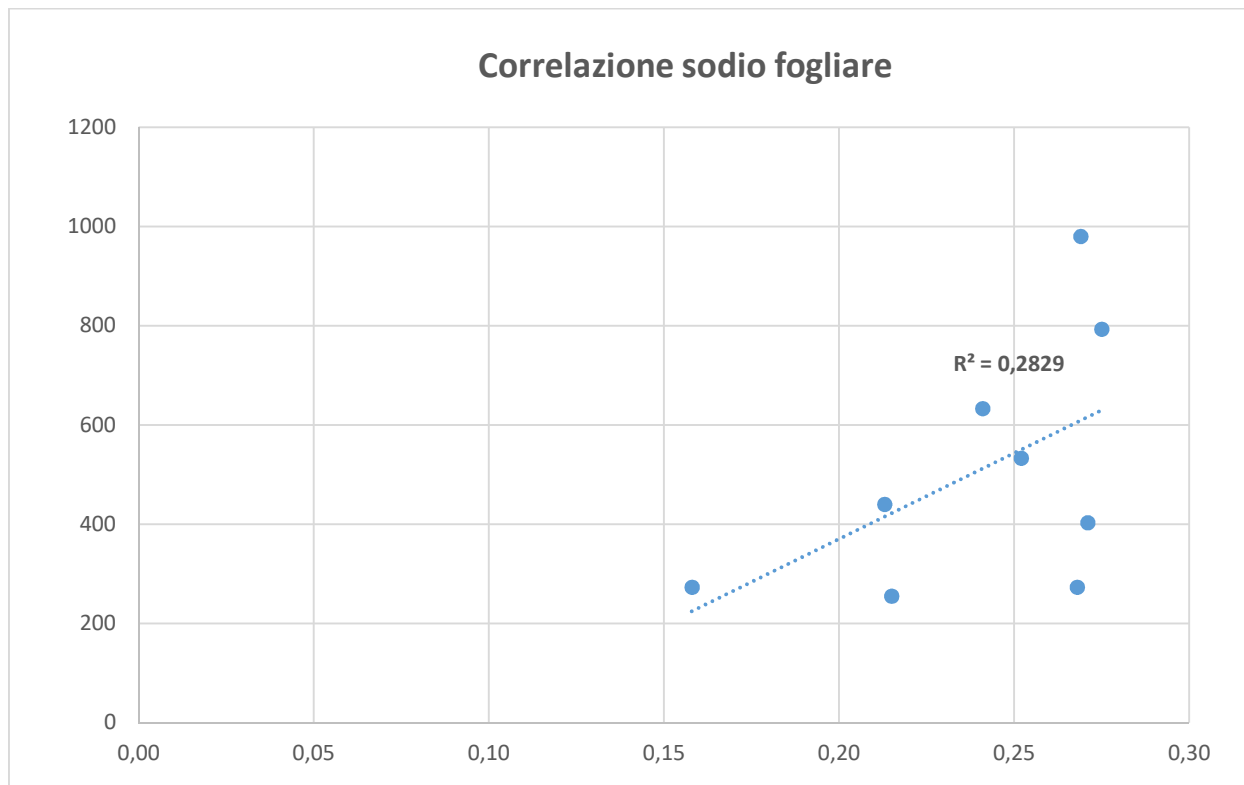


Grafico n.8: Correlazione del sodio fogliare, del pomodoro da industria, tra kit rapido e laboratorio.

La tabella sotto riportata (tab. 10) mostra i dati del rilievo produttivo; come si può notare non c'è differenza statisticamente significativa tra le tesi a livello di produzione commerciale, sia a livello di singola pianta che produzione ad ettaro. A livello estetico la produzione commerciale è stata molto buona, con sporadiche scottature e marciumi apicali.

Tesi	Produzione commerciale kg/pianta		Produzione commerciale t/ha		Valutazione estetica produzione (0-5)
Compost	3,22	a	106	a	5
Biodigestato	3,42	a	113	a	5

Letame	3,28	<i>a</i>	108	<i>a</i>	5
---------------	------	----------	-----	----------	---

Tabella n.10: Produzione commerciale pomodoro da industria.

La tabella sottostante (tab. 11) riporta i dati della produzione di scarto. Anche in questo caso, verosimilmente come la produzione commerciale, non c'è differenza statistica tra le tesi. In generale il momento di raccolta è stato ideale, con ottima contemporaneità di maturazione della produzione, pertanto poca presenza di prodotto verde.

Tesi	Produzione verde kg/pianta		Produzione verde t/ha	
Compost	0,11	<i>a</i>	3,67	<i>a</i>
Biodigestato	0,13	<i>a</i>	4,19	<i>a</i>
Letame	0,07	<i>a</i>	2,28	<i>a</i>

Tabella n.11: Produzione di scarto pomodoro da industria.

Oltre al rilievo produttivo, su dieci frutti campionati dalla quota commerciale sono state svolte le analisi qualitative. Le tabelle sotto riportate (tab. 12-13) mostrano i risultati delle stesse, con assenza di differenza statistica tra le tesi per i principali parametri qualitativi. Inoltre, con l'Aquatwin sono state misurate le concentrazioni dei nitrati, potassio, calcio e sodio. Anche per quest'ultimi parametri non sono state riscontrate differenze statistiche.

Tesi	°Brix		pH		Durezza (Kg/cm²)		Colore L		Colore a		Colore b	
Compost	5,77	<i>a</i>	4,33	<i>a</i>	1,62	<i>a</i>	39,75	<i>a</i>	31,56	<i>b</i>	31,32	<i>a</i>
Biodigestato	5,63	<i>a</i>	4,37	<i>a</i>	1,75	<i>a</i>	40,25	<i>bc</i>	30,41	<i>a</i>	28,81	<i>a</i>
Letame	5,83	<i>a</i>	4,37	<i>a</i>	1,54	<i>a</i>	40,51	<i>c</i>	32,08	<i>c</i>	32,11	<i>a</i>

Tabella n. 12: Parametri qualitativi pomodoro da industria.

Tesi	EC (mS/cm)		Nitrati (ppm)		Potassio (ppm)		Calcio (ppm)		Sodio (ppm)	
Compost	7,29	<i>a</i>	130	<i>a</i>	3267	<i>a</i>	7,67	<i>a</i>	98	<i>a</i>
Biodigestato	7,11	<i>a</i>	123	<i>a</i>	3367	<i>a</i>	12,67	<i>a</i>	105	<i>a</i>
Letame	7,23	<i>a</i>	130	<i>a</i>	3200	<i>a</i>	11	<i>a</i>	113	<i>a</i>

Tabella n. 13: Concentrazione elementi nutritivi nella polpa del pomodoro da industria.

La tabella e il grafico sotto riportati (tab. 14 e graf. 9) mostrano la correlazione tra azoto fogliare, con analisi di laboratorio, e la produzione commerciale a pianta. Si può ben vedere nel grafico a dispersione (graf.9) come la correlazione sia ben evidenziata da un valore di R^2 alto. Per gli altri elementi nutritivi non si è riscontrata una correlazione tra contenuto nutrizionale fogliare e produzione a pianta.

Tesi	Azoto totale %	Produzione commerciale kg/pianta
Compost	4,31	3,22
Biodigestato	5,21	3,42
Letame	4,87	3,28

Tabella n. 14: correlazione azoto totale fogliare e produzione commerciale del pomodoro da industria.

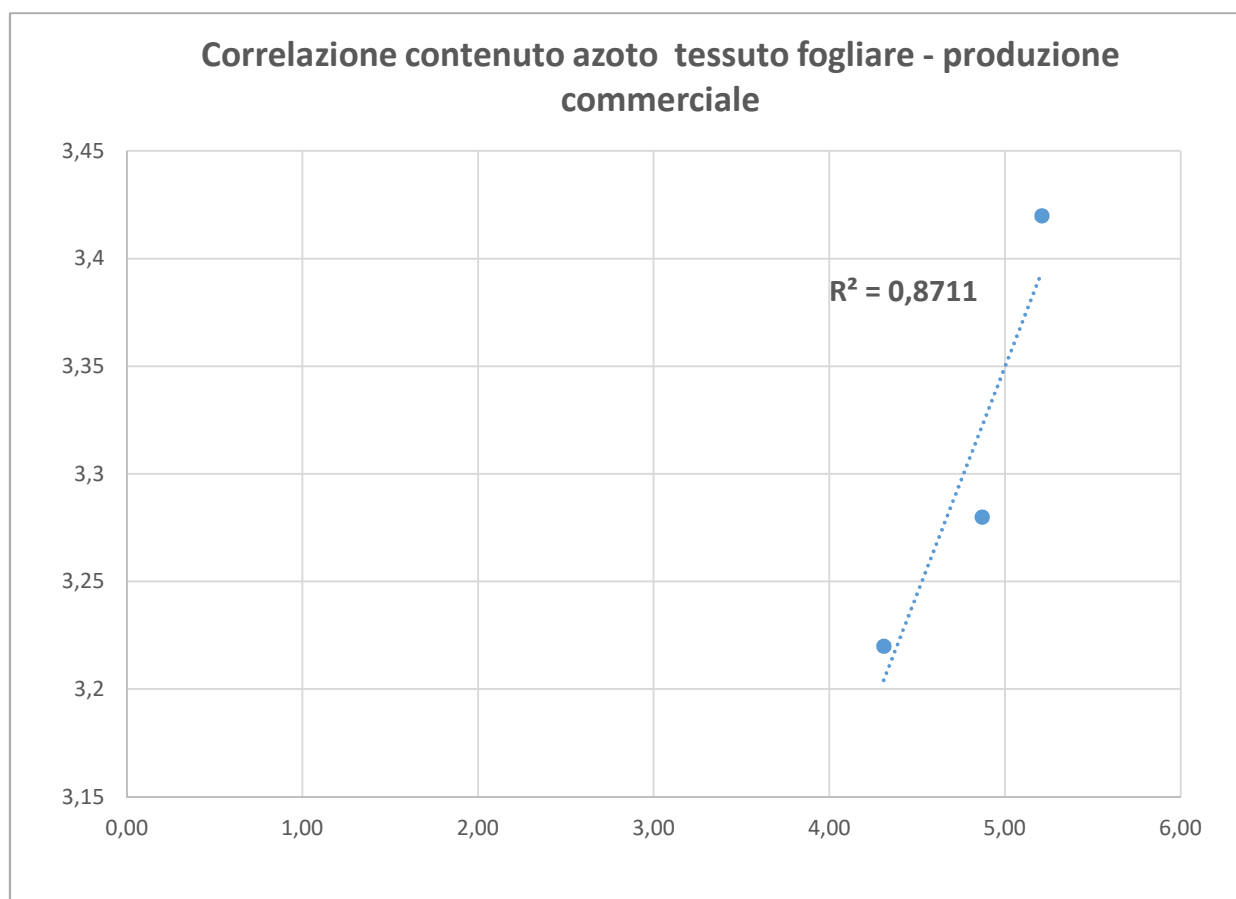


Grafico n.9: Correlazione azoto totale fogliare e produzione commerciale del pomodoro da industria.

In concomitanza del rilievo produttivo, sulle medesime piante, è stata rilevata la biomassa, distinta tra apparato fogliare e radicale. Si può notare nella tabella sotto riportata (tab. 15) che non c'è differenza statistica tra le matrici organiche, con le biomasse molto simili tra loro.

Tesi	Peso radici (gr.)		Peso foglie (gr.)	
Compost	539	<i>a</i>	8391	<i>a</i>
Biodigestato	520	<i>a</i>	8772	<i>a</i>
Letame	615	<i>a</i>	9053	<i>a</i>

Tabella n. 15: Peso apparato radicale e fogliare pomodoro da industria.

Considerazioni finali

In virtù dell'attività sperimentale svolta nell'annata agraria 2023, ed analizzando i dati a nostra disposizione, si possono trarre le seguenti considerazioni: nel monitoraggio sullo stato nutrizionale del pomodoro da industria, corredato dai rilievi vegeto-produttivi, si è osservata una mancanza di differenze statisticamente significative tra le diverse matrici organiche apportate al suolo in pre-trapianto. In linea generale, lo stato nutrizionale della coltura è stato ottimale per tutte le matrici organiche, con valori di concentrazione fogliare degli elementi nutritivi molto simili, ovvero piccole oscillazioni dovute alla variabilità di campo. Inoltre, per quanto riguarda gli aspetti produttivi e qualitativi, lo stato fitosanitario e la biomassa prodotta (radice-foglia), la coltura non ha marcato differenze statisticamente significative in funzione dell'ammendante utilizzato. Ad ogni modo, l'apporto di matrici organiche al suolo è sicuramente benefico, in primis per la fertilità del suolo in senso lato, ovvero per la fertilità fisica, chimica e biologica, quindi in seconda battuta per la coltura agraria. Per quanto riguarda la correlazione tra l'analisi con kit rapido (Laquatwin) e metodologia ufficiale di laboratorio, si è evidenziata una buona corrispondenza per i nitrati nella foglia, mentre per gli altri elementi nutritivi non si è evidenziata una correlazione altrettanto valida tra i due metodi di analisi. Pertanto, l'analisi fogliare con kit rapido dà un'indicazione di massima sullo stato nutrizionale della coltura ed è dunque utile ad orientare il tecnico di campo nella pratica della fertilizzazione, nonostante l'analisi di laboratorio sia indubbiamente più accurata.

3) Monitoraggio delle tecniche colturali e loro sostenibilità ambientale

Parallelamente, Ri.Nova ha provveduto al monitoraggio delle tecniche colturali applicate presso l'azienda Deltabio, sugli stessi 3 appezzamenti di pomodoro, tramite un apposito questionario di raccolta dati (informazioni aziendali e sulla produzione complessiva, caratteristiche impianto irrigazione e consumo d'acqua, consumi energetici per l'impianto e per le operazioni colturali, materiali in input per l'impianto e la coltivazione, rifiuti).

La raccolta di informazioni ha avuto la duplice funzione di:

- a) comprendere al meglio le interazioni suolo-pianta;
- b) individuare una serie di indicatori di sostenibilità ambientale del sistema produttivo, con particolare riguardo alle emissioni di GHG delle diverse pratiche adottate.

Per lo studio dell'impatto dei sistemi di produzione sull'ambiente e quindi anche sulle emissioni di GHGs, è opportuno effettuare una valutazione organica dell'azienda che tenga conto di tutte le sue attività e delle interazioni negative e positive che si possono instaurare tra loro nel lungo periodo. La metodologia di valutazione utilizzata a questo scopo è stata l'Analisi del Ciclo di Vita (LCA-Life Cycle Assessment).

I confini del sistema comprendono tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti agricoli, dalla culla al cancello dell'azienda agricola.

Per il processo di coltivazione del pomodoro si è considerato:

- Piantine e relativi contenitori
- Operazioni colturali

- Irrigazione
- Fertilizzanti e ammendanti
- Emissioni da uso di fertilizzanti in campo
- Agrofarmaci
- Rifiuti

Per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il software di calcolo SimaPro (versione 8.5) e principalmente la banca dati LCA Ecoinvent v.3.

L'unità funzionale del sistema studiato (l'unità alla quale sono riferiti i calcoli) è l'unità di massa (kg di pomodoro t.q.).

Per il calcolo degli indicatori nella fase di analisi degli impatti (LCIA - Life Cycle Impact Assessment), si sono utilizzati i fattori di caratterizzazione CML-baseline, versione 3.05.

Il metodo CML-IA baseline è un approccio per la valutazione LCA sviluppato dal Centro di Studi Ambientali dell'Università di Leiden. Questo metodo suddivide gli impatti ambientali in diverse categorie, ciascuna delle quali rappresenta un aspetto specifico del potenziale impatto sull'ambiente. Ecco una breve descrizione degli indicatori di impatto secondo il metodo:

- *Esaurimento delle risorse abiotiche - elementi (ADP-e):*
Indica il potenziale esaurimento delle risorse minerali e metalliche non rinnovabili. È espresso in unità di antimonio (Sb) equivalente.
- *Esaurimento delle risorse abiotiche - combustibili fossili (ADP-f):*
Misura il consumo di risorse energetiche non rinnovabili, come il petrolio, il gas naturale e il carbone. È espresso in unità di MJ (megajoule).
- *Cambiamento climatico (GWP):*
Valuta il potenziale di riscaldamento globale dovuto alle emissioni di gas serra, considerando un periodo di 100 anni. È espresso in unità equivalenti di CO₂.
- *Riduzione dello strato di ozono (ODP):*
Misura il potenziale di riduzione dello strato di ozono stratosferico, che protegge la Terra dai raggi UV nocivi. È espresso in unità equivalenti di CFC-11.
- *Tossicità nei confronti dell'uomo (HTP):*
Rappresenta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sull'uomo, attraverso inalazione, ingestione o contatto. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.
- *Ecotossicità acquatica - cronica (FAETP):*
Misura il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi acquatici in esposizione cronica. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.
- *Ecotossicità terrestre (TETP):*
Valuta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi terrestri. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.
- *Ecotossicità marina (MAETP):*
Rappresenta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi marini. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.
- *Acidificazione (AP):*

Misura il potenziale di acidificazione dell'ambiente, che può portare a fenomeni come piogge acide, con effetti dannosi su suolo, acque e vegetazione. È espresso in unità di equivalenti di SO₂.

- *Eutrofizzazione (EP):*

Rappresenta il potenziale di arricchimento dei nutrienti in ecosistemi acquatici e terrestri, che può causare crescita eccessiva di alghe e piante, con conseguente riduzione dell'ossigeno disponibile. È espresso in unità di equivalenti di PO₄³⁻.

I vari indicatori sono poi stati dettagliati secondo le categorie di impatto riportate nella tabella 16.

Tab. 16 – Come sono stati suddivisi i valori degli indicatori nelle diverse categorie di impatto

Classificazione	Descrizione
Operazioni colturali	Consumi energetici per operazioni di coltivazione (lavorazioni terreno, trapianto, fertilizzazioni, sarchiature, diserbi, trattamenti fitosanitari, operazioni di raccolta, ecc.)
Irrigazione	Consumi energetici e consumo idrico per l'irrigazione
Piantine	Produzione delle piantine (compreso i contenitori in polistirolo)
Fertilizzanti	Produzione industriale fertilizzanti e ammendanti
Agrofarmaci	Produzione industriale agrofarmaci
Emissioni da uso di fertilizzanti	Emissioni dirette e indirette di N ₂ O, NO, NH ₃ nella coltivazione
Rifiuti	Smaltimento contenitori piantine

Nella tabella 17 vengono riportate le caratteristiche salienti del campo monitorato a pomodoro.

Tab. 17 – I principali aspetti della tecnica colturale applicata al campo a pomodoro

Caratteristiche appezzamenti	Pomodoro da industria (bio) - 2023 Az. Agr. Deltabio - Codigoro (FE)
Superficie (ha)	3,3
Ibrido	H 1766
Resa produttiva (t/ha)	108 (letame) 113 (digestato solido) 106 (compost Enomondo)
Input (principali)	
Piantine (n.ro/ha)	35.000 piantine (16 kg/ha alveolati)

Consumi per operazioni colturali (kg/ha gasolio)	322
Irrigazione con irrigatore semovente ("rotolone") (kg/ha gasolio)	180
Volume irriguo (m ³ /ha)	1.600
Unità fertilizzanti N	ca. 145 totali organominerale 5-8-12, 25 unità N (su tutte le tesi) 60 q.li/ha compost Enomondo 200 q.li/ha letame bovino 200 q.li/ha digestato solido
Quantità agrofarmaci (kg/ha)	12,4

In considerazione del fatto che nelle banche dati del software SimaPro non è presente alcuna tipologia di biodigestato, ma soltanto un generico compost e il letame bovino, le elaborazioni LCA sono state eseguite soltanto per le due tesi fertilizzate con queste ultime matrici organiche.

Risultati

Nella tabella 18 vengono riportati gli indicatori per il pomodoro fertilizzato con compost e nella tabella 19 gli indicatori per la tesi fertilizzata con letame bovino.

Nei grafici 10 e 11 si riporta il peso percentuale delle categorie di impatto per i diversi indicatori.

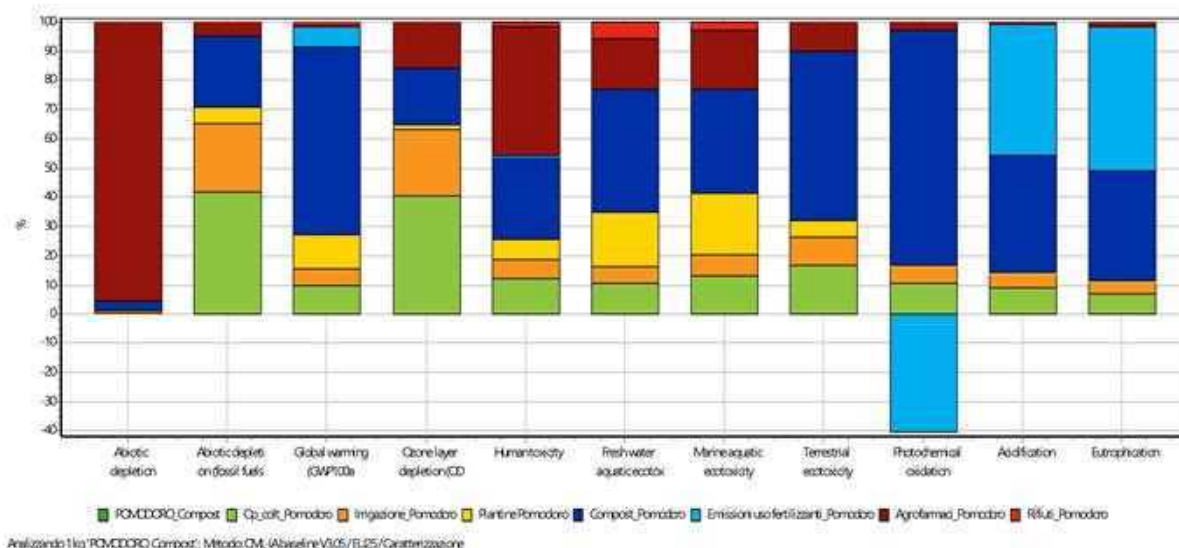
Tab. 18 – Gli indicatori ambientali per la tesi fertilizzata con compost espressi per kg di pomodoro

Categoria d'impatto	Unità	Compost	Letame
Abiotic depletion	kg Sb eq	2,04E-07	1,94E-07
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,37	0,29
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,11	0,042
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,27E-09	3,39E-09
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,0056	0,0039
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,0021	0,0012
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,06	3,21
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,62E-05	2,33E-05
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	9,71E-06	-3,14E-06
Acidification	kg SO2 eq	0,00090	0,00054
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,00026	0,00016

Tab. 19 – Gli indicatori ambientali suddivisi per categoria d’impatto per la tesi fertilizzata con **compost** espressi per kg di pomodoro

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Operazioni culturali	Irrigazione	Piantine	Compost	Emissioni uso fertilizz.	Agrofarm.	Rifiuti
Abiotic depletion	kg Sb eq	2,04E-07	6,43E-10	3,60E-10	1,66E-09	7,00E-09	0	1,95E-07	2,89E-12
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,37	0,15	0,087	0,022	0,090	0	0,018	2,73E-05
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,11	0,011	0,00638	0,014	0,074	0,0080	0,0013	0,00048
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,27E-09	1,73E-09	9,70E-10	7,07E-11	8,27E-10	0	6,67E-10	2,48E-13
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,0056	0,00067	0,00038	0,00039	0,0016	2,45E-05	0,0024	0,00010
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,0021	0,00022	0,00012	0,00038	0,00086	0	0,00036	0,00012
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,06	0,66	0,37	1,05741	1,82	0	1,01	0,15
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	5,62E-05	9,48E-06	5,30E-06	3,22E-06	3,26E-05	0	5,66E-06	1,84E-08
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	9,71E-06	1,72E-06	9,61E-07	6,29E-08	1,30E-05	-6,55E-06	4,67E-07	1,39E-09
Acidification	kg SO2 eq	0,00090	8,00E-05	4,47E-05	5,66E-06	0,00036	0,00040	6,31E-06	3,70E-08
Eutrophication	kg PO4-- eq	0,00026	1,86E-05	1,04E-05	1,78E-06	9,92E-05	0,00013	4,34E-06	8,33E-08

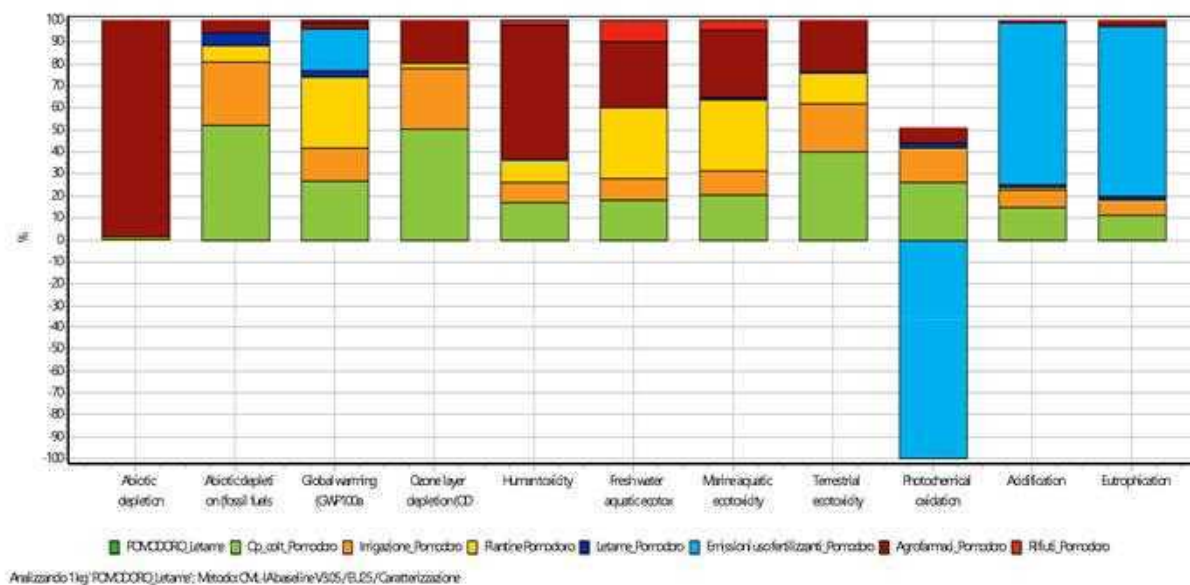
Graf. 10 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per la tesi **compost**



Tab. 20 – Gli indicatori ambientali suddivisi per categoria d’impatto per la tesi fertilizzata con *letame* espressi per kg di pomodoro

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Operazioni colturali	Irrigazione	Piantine	Compost	Emissioni uso fertilizz.	Agrofarm.	Rifiuti
Abiotic depletion	kg Sb eq	1,94E-07	6,31E-10	3,53E-10	1,63E-09	7,16E-10	0	1,91E-07	2,84E-12
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	0,29	0,15	0,085	0,021	0,017	0	0,018	2,68E-05
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,042	0,011	0,0063	0,013	0,0014	0,0078	0,0012	0,00047
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,39E-09	1,70E-09	9,52E-10	6,94E-11	9,38E-12	0	6,55E-10	2,43E-13
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,0039	0,00066	0,00037	0,00038	1,13E-05	2,40E-05	0,0024	9,92E-05
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,0012	0,00021	0,00012	0,00038	6,52E-07	0	0,000350022	0,00011
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	3,21	0,65	0,36	1,04	0,022	0	0,99	0,15
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	2,33E-05	9,31E-06	5,20E-06	3,16E-06	7,87E-08	0	5,55E-06	1,81E-08
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	-3,14E-06	1,69E-06	9,43E-07	6,18E-08	1,29E-07	-6,42E-06	4,59E-07	1,36E-09
Acidification	kg SO2 eq	0,00054	7,85E-05	4,39E-05	5,55E-06	6,01E-06	0,00040	6,19E-06	3,63E-08
Eutrophication	kg PO4-- eq	0,00016	1,82E-05	1,02E-05	1,75E-06	2,16E-06	0,00013	4,26E-06	8,18E-08

Graf. 11 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per la tesi **letame**



Per tutti gli indicatori considerati, la tesi fertilizzata con compost mostra valori più alti rispetto a quella fertilizzata con letame (tab. 18). In particolare la GWP della tesi compost è circa 2,6 volte di quella letame.

A tal proposito, va specificato che il processo “letame bovino” presente nella banca dati Ecoinvent, che è stato usato nelle elaborazioni con SimaPro, non considera le emissioni di GHG nella fase di allevamento del bestiame, al contrario del processo di compostaggio presente nello stesso DB. Il compostaggio può, in effetti, emettere gas a effetto serra, anche se la quantità e il tipo di emissioni dipendono dal modo in cui il compostaggio viene gestito. I principali gas serra emessi durante il compostaggio sono:

1. Anidride carbonica (CO₂): la CO₂ viene rilasciata come sottoprodotto naturale della decomposizione aerobica (in presenza di ossigeno) della materia organica. Tuttavia, la CO₂ emessa da materiali organici biodegradabili è considerata parte del ciclo naturale del carbonio, quindi non contribuisce in modo significativo al cambiamento climatico nel contesto della LCA.
2. Metano (CH₄): il metano è un gas serra con un potenziale di riscaldamento globale molto elevato (circa 25 volte superiore a quello della CO₂ su un periodo di 100 anni). Se il processo di compostaggio non è adeguatamente aerato o diventa parzialmente anaerobico (mancanza di ossigeno), possono formarsi sacche anaerobiche in cui i microrganismi producono metano. Questo può accadere in particolare in grandi cumuli o se il compost viene mantenuto troppo umido.
3. Protossido di azoto (N₂O): il protossido di azoto è un altro potente gas serra (circa 273 volte più potente della CO₂). Viene prodotto durante il compostaggio, soprattutto quando il compost contiene materiali ricchi di azoto, come residui di erba o rifiuti alimentari. La produzione di N₂O può aumentare se il compostaggio è inefficace o mal gestito, in particolare quando ci sono condizioni di eccessiva umidità e bassi livelli di ossigeno.

4. Ammoniaca (NH₃): anche se tecnicamente non è un gas serra, l'ammoniaca è un composto azotato che può evaporare durante il compostaggio, contribuendo indirettamente alla formazione di N₂O nell'atmosfera. Inoltre, la perdita di ammoniaca riduce il contenuto di azoto del compost, diminuendo così la sua efficacia come fertilizzante.

In generale, un processo di compostaggio ben gestito (aerazione regolare, controllo dell'umidità e della temperatura) riduce al minimo le emissioni di metano e protossido di azoto, favorendo la decomposizione aerobica che produce principalmente CO₂.

Per quanto riguarda il peso percentuale delle diverse categorie di impatto considerate (tab. 19 e 20 e grafici 10 e 11), si nota il peso preponderante della produzione di compost su GWP e, in misura minore, sui parametri legati alla ecotossicità. Su acidificazione ed eutrofizzazione incide fortemente il compost e le relative emissioni in fase di uso in campo. A proposito di queste ultime, l'applicazione di fertilizzanti azotati al suolo porta alla formazione e rilascio di protossido di azoto (N₂O), un gas serra con un potenziale di riscaldamento globale molto superiore a quello della CO₂ (273 volte, IPCC AR6). Il N₂O si forma attraverso processi microbici nel suolo, come la nitrificazione e la denitrificazione, a partire dall'azoto apportato, sia di sintesi che, come in questo caso, organico. Sul consumo di risorse abiotiche (carburanti fossili), come prevedibile, incidono molto le operazioni colturali e l'irrigazione. Infine, sul consumo di risorse abiotiche a pesare maggiormente sono gli agrofarmaci, che incidono in modo importante anche sulla tossicità verso l'uomo.

Per quanto riguarda la tesi letame, intanto si nota il peso molto basso o per lo più trascurabile, del letame stesso. Sull'indicatore GWP incidono, pertanto, diverse categorie, dalle operazioni colturali e irrigazione, alla produzione delle piantine di pomodoro fino alle emissioni in campo derivanti dall'uso del letame. Sul consumo di carburanti fossili, anche in questo caso, pesano prevalentemente le operazioni colturali e l'irrigazione. Sulla tossicità verso l'uomo si evidenziano gli agrofarmaci che sono largamente la categoria più importante anche sul consumo di risorse abiotiche. Sugli indicatori riferiti all'ecotossicità, oltre agli agrofarmaci, hanno un peso significativo anche le operazioni colturali e l'irrigazione e la produzione delle piantine. Infine, sui parametri acidificazione ed eutrofizzazione incidono prevalentemente le emissioni in campo da uso del letame.

Conclusioni

A fronte di una resa produttiva molto simile tra le due tesi fertilizzate con compost e letame, gli indicatori ambientali calcolati con l'LCA sono tutti a favore del letame, con valori talora anche parecchio più bassi, come nel caso del GWP. Al netto di alcune approssimazioni derivanti dal software di calcolo e dalle relative banche dati, si può quindi affermare che l'impiego del letame sia risultato maggiormente sostenibile dal punto di vista ambientale.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività.

2.2.3 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	conduzione prova	27,00	258	6.966,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	conduzione prova	27,00	168	4.536,00
	Costi standard imprenditore agricolo (attività agricola)	gestione agronomica campo	19,50	310	6.045,00
Totale:					17.547,00

2.5.2 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze persone fisiche

Nominativo del consulente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	25.164,00	Analisi LCA	2.916,00
Totale			2.916,00

2.1.4 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.2 - SERVIZIO DI DIAGNOSI DELLO STATO DI SALUTE DEI SUOLI

Unità aziendale responsabile: I.TER

Questa azione è stata realizzata presso i 4 siti individuati nell'ambito dello studio preliminare.

I monitoraggi hanno perseguito l'obiettivo di conoscere lo stato di salute dei suoli in correlazione con le tecniche di gestione adottate. Inoltre, grazie agli incontri organizzati all'Interno del Servizio Suolo (azione 3.6), hanno consentito di ottenere dati e attivare confronti al fine di verificare l'impatto delle tecniche di gestione sul suolo, anche per definire le linee guida per la buona gestione del suolo e delle acque e per ridurre le avversità con tecniche a basso impatto (AZIONE 3.6).

Per ciascuna tesi di gestione, come da protocollo di campionamento, si sono previste 3 repliche di campionamento (AC = aree campionamento e studio pedologico).

La tabella seguente descrive sinteticamente il numero di indagini e analisi per sito e totali per l'azione 3.2

AZIONE 3.2				Monitoraggio stato chimico del suolo			Monitoraggio stato fisico del suolo		Monitoraggio stato biologico del suolo	Analisi qualità acque
Sito dimostrativo	N tesi	N repliche (AC)	N trivellate	analisi routinarie 0-30 cm per tesi (tripletta)	analisi estratto acquoso	analisi SO 0-15-15-30 cm	Analisi DA e U-10-20 cm	Conducibilità idrica saturata	campioni QBS_ar 1 stagionalità	1 anno N. analisi acqua
AZIENDA DELTABIO	1 tesi Letame 1 tesi biodigestato 1 tesi compost	9	0	9	0	0	9	0	9	4 piezometri (1 per tesiscompresso controllo) e 2 prelievi acqua canali 2 stagioni)
AZIENDA FILIPPI (CIO)	2 suoli diversi	6	6	6	0	0	6	0	6	0
AZIENDA BALLARDINI (AGRINTESA)	1 Sottofila e 1 interfila	3 sotto fila e 3 interfil = 6 AC	6	6 + 1 sedimenso alluvione 2023	6	12	6	20	6	0
AZIENDA GRANFRUTTAZANI	1 Sottofila e 1 interfila	6 sotto fila e 6 interfil = 6 AC	6	6	6	12	6	20	6	0
TOTALE CAMPIONI	TOTALE		18	28	12	24	27	40	27	12

Di seguito si descrivono nel dettaglio le attività e i relativi risultati.

CARATTERIZZAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI SUOLI E COLLEGAMENTO CON LE TIPOLOGIE DI SUOLO REGIONALE

Eseguita tramite lo studio di una osservazione pedologica fino ad almeno circa 110 cm di profondità utilizzando trivella olandese o scavo. Sono stati rilevati i principali caratteri pedologici (tessitura, calcare, colore, profondità, drenaggio). La descrizione e la codifica dei dati pedologici rilevati ha fatto riferimento al "Manuale di Campagna" del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli edizione 2020. La georeferenziazione della localizzazione della trivellata è avvenuta usando il GPSMAP-66S Garmin.

Di seguito si riportano i risultati della caratterizzazione pedologica eseguita

Il sito sperimentale DELTABIO è localizzato nei pressi della località Vaccolino, all'interno del comune di Codigoro, in provincia di Ferrara. Rispetto al Catalogo dei suoli della pianura emiliano-romagnola (edizione 2018) realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, l'appezzamento rilevato ricade all'interno dell'unità cartografica CER2/CER1 (complesso dei suoli CERBA sabbioso fini franchi/ CERBA sabbioso fini), delineazione 7607, caratterizzata dai suoli CERBA sabbioso fini franchi CER2 (50%), CERBA sabbioso fini CER1 (38%), BOSCHETTO franchi BTT1 (10%) e suolo non identificato NNNN (2%) e all'interno dell'unità cartografica CER2/BTT1 (complesso dei suoli CERBA sabbioso fini franchi/BOSCHETTO franchi), delineazione 7608, caratterizzata dai suoli CERBA sabbioso fini franchi CER2 (40%), BOSCHETTO franchi BTT1 (40%), LA FIORANA franco limosi LFI (10%) e CERBA sabbioso fini CER1 (10%).



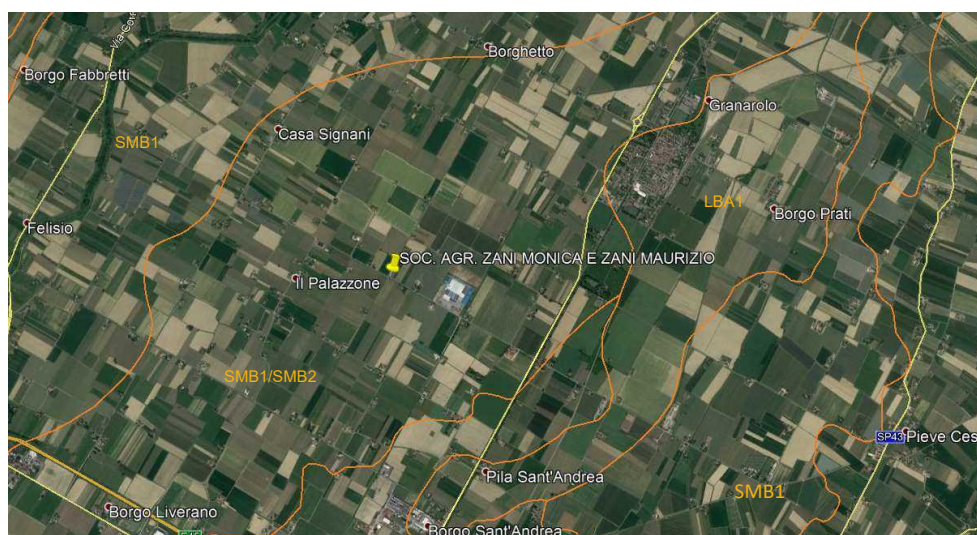
Sono evidenziati in bianco il numero identificativo delle delineazioni e i limiti delle Unità Cartografiche della Carta dei Suoli al livello di dettaglio 1:50.000 e con croce rossa l'appezzamento oggetto di indagine

I.TER non ha condotto un'indagine pedologica in quanto le prove sperimentali di gestione e la caratterizzazione pedologica erano già state avviate con il GO SOSFERA. I suoli erano stati attribuiti ai suoli CERBA sabbioso fini franchi/BOSCHETTO franchi.

Nell'immagine seguente è mostrata la collocazione delle tesi relative utilizzo di tre diverse matrici organiche nell'appezzamento: - Ammendante compostato ENOMONDO, - Ammendante biodigestato CONSERVE ITALIA, - Ammendante letame.



Il sito GRANFRUTTA ZANI è localizzato nei pressi della località Granarolo Faentino, all'interno del comune di Faenza (RA) e si trova nella piana alluvionale, in ambienti di argine naturale prossimale e distale. Rispetto al Catalogo dei suoli della pianura emiliano-romagnola (edizione 2018) realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, gli appezzamenti rilevati ricadono all'interno dell'unità cartografica SMB1/SMB2 (complesso dei suoli SANT'OMOBONO franco limosi / SANT'OMOBONO franco argillosi limosi); delineazione 6429, caratterizzata dai suoli Sant'Omobono franco argilloso limosi SMB2 (40%), Sant'Omobono franco limosi SMB1 (44%), Secchia franchi SEC1 (10%), Villalta franchi VIL2 (5) e La Boaria argilloso limosi LBA1 (1%).



Sono evidenziate in arancione le sigle e i limiti delle Unità Cartografiche della Carta dei Suoli al livello di dettaglio 1:50.000

I.TER ha condotto un'indagine pedologica che ha consentito la caratterizzazione tramite l'esecuzione di 6 trivellate attribuite ai Sant'Omobono Franco argilloso limosi tendenti verso i Pradoni franco argilloso limosi, le cui descrizioni vengono di seguito riportate. La siglatura del sito denominata ZAN viene contrassegnata con la lettera I per indicare l'interfila ed S per il sottofila. L'immagine seguente evidenzia la posizione delle 3 repliche all'interno dell'appezzamento in

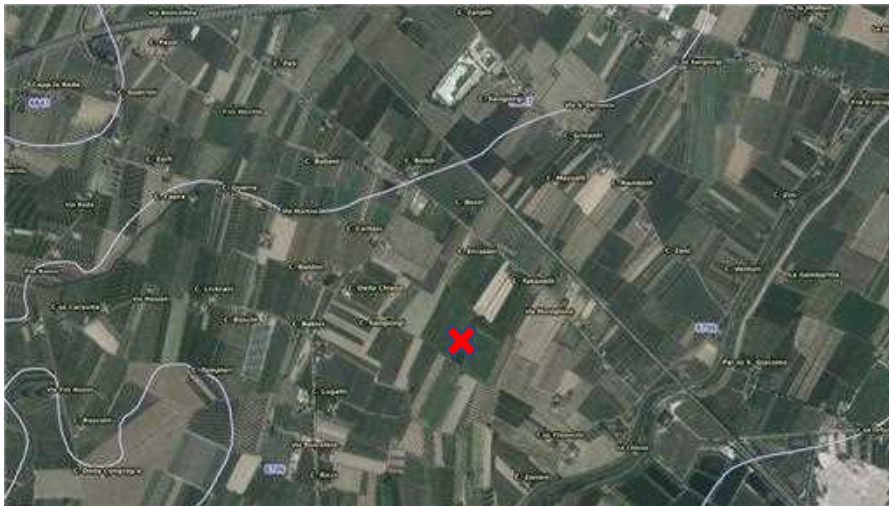
collegamento anche con i punti in cui è stata eseguita la trivellata e il campionamento.

Sigla rilievo	Descrizione	Tessitura Orizzonti					
		Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale %
ZAN1_I_C4	Suolo a tessitura franco-limoso-argillosa negli orizzonti A, Ap1, Bw e argilloso-limoso negli orizzonti Ap2 e Ap3. Presenti screziature ridotte (5%) e ossidate (10%) nell'orizzonte Bw. Presenti masse soffici di ferro-manganese nell'orizzonte Bw (2%). Suolo molto calcareo in tutti gli orizzonti, ben drenato e profondo.	0-3	A	5	59	36	10-25
		3-50	Ap1	5	59	36	10-25
		50-100	Ap2	5	55	40	10-25
		100-130	Bw1	5	55	40	10-25
		130-150	Bw2	5	63	32	10-25
ZAN1_S_C4		0-25	Ap1	5	59	36	10-25
		2-50	Ap2	5	59	36	10-25
		50-100	Ap3	5	55	40	10-25
		100-130	Bw1	5	55	40	10-25
		130-150	Bw2	5	63	32	10-25

Sigla rilievo	Descrizione	Tessitura Orizzonti					
		Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale %
ZAN1_I_C5	Suolo a tessitura franco-limoso-argillosa negli orizzonti A, Ap1 e Bw, argilloso-limoso negli orizzonti Ap2 e Ap3. Presenti screziature ridotte (8%) e ossidate (5%), nell'orizzonte Bw. Presenti masse cementate di carbonato di calcio (2%) nell'orizzonte Bw. Suolo molto calcareo in tutti gli orizzonti, ben drenato e molto profondo.	0-4	A	5	58	37	10-25
		4-45	Ap1	5	58	37	10-25
		45-80	Ap2	5	53	42	10-25
		80-110	Ap3	5	53	42	10-25
		110-150	Bw	10	57	33	10-25
ZAN1_S_C5		0-25	Ap1	5	58	37	10-25
		25-45	Ap2	5	58	37	10-25
		45-80	Ap3	5	53	42	10-25
		80-110	Ap4	5	53	42	10-25
		110-150	Bw	10	57	33	10-25

Sigla rilievo	Descrizione	Tessitura Orizzonti					
		Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale %
ZAN1_I_C6	Suolo a tessitura franco-limoso-argillosa in tutti gli orizzonti. Presenti screziature ridotte (4%) e ossidate (3%) nell'orizzonte Bw. Presenti masse soffici di carbonato di calcio (2%) e masse cementate di ferro-manganese (1%) nell'orizzonte Bw. Suolo molto calcareo in tutti gli orizzonti, ben drenato e profondo.	0-5	A	5	60	35	10-25
		5-50	Ap1	5	58	37	10-25
		50-90	Ap2	5	55	40	10-25
		90-135	Bw	10	57	33	10-25
ZAN1_S_C6		0-25	Ap1	5	58	37	10-25
		25-50	Ap2	5	58	37	10-25
		50-90	Ap2	5	55	40	10-25
		90-135	Bw	10	57	33	10-25

Il sito afferente all'azienda Riccardo Ballardini è localizzato all'interno del comune di Bagnacavallo, in provincia di Ravenna. Rispetto al Catalogo dei suoli della pianura emiliano-romagnola (edizione 2018) realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia -Romagna, l'appezzamento rilevato ricade all'interno della delineazione 6706, caratterizzata dai suoli VILLALTA franco sabbiosi molto fini VIL1 (40%), SANT'OMOBONO franco limosi SMB1 (25%), VILLALTA franchi VIL2 (20%), GARUSOLA franco sabbiosi GAR1 (5%), SANT'OMOBONO franco argilloso limosi SMB2 (5%), SECCHIA franchi SEC1 (5%).



Sono evidenziati in bianco il numero identificativo delle delineazioni e i limiti delle Unità Cartografiche del Catalogo dei Suoli al livello di dettaglio 1:50.000 e con croce rossa l'appezzamento oggetto di indagine

I.TER ha condotto un'indagine pedologica che ha consentito la caratterizzazione tramite l'esecuzione di 6 trivellate, collocate all'interno di ciascuna area di campionamento, attribuite ai Sant'Omobono Franco argilloso limosi tendenti verso i Pradoni franco argilloso limosi, le cui descrizioni vengono di seguito riportate. La siglatura del sito denominata BAL viene contrassegnata con la lettera I per indicare l'interfila ed S per il sottofila. L'immagine seguente evidenzia la posizione delle 3 repliche all'interno dell'appezzamento in collegamento anche con i punti in cui è stata eseguita la trivellata e il campionamento

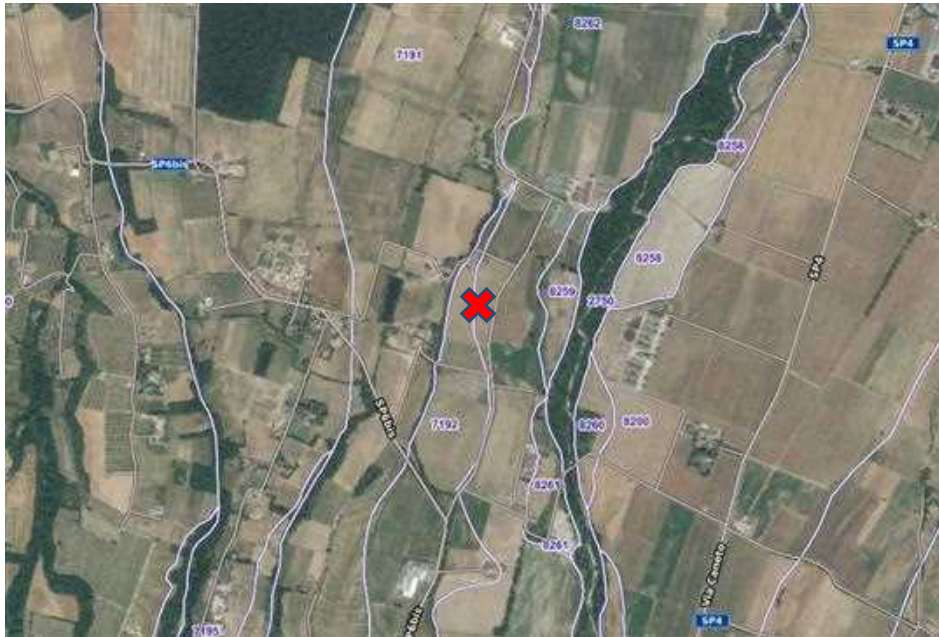


Localizzazione delle 6 trivellate eseguite (BAL1I, BAL1S, BAL2I, BAL2S, BAL3I, BAL3S)

Azienda	Uso del suolo	Triv	Descrizione	Tessitura Orizzonti						tessitura	Colore
				Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale		
				0-25	Ap1	15	50	35	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	35	46	19	10-25%	100	2,5Y 4/4
			Suolo a tessitura fine, argilloso limoso in tutti i orizzonti. Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	50-100	Bm	35	46	19	10-25%	100	2,5Y 5/4
				100-150	Bc	35	49	16	10-25%	100	2,5Y 5/4
				0-25	Ap1	35	50	15	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	35	50	15	10-25%	100	2,5Y 4/4
				0-25	Ap1	15	50	35	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	35	48	17	10-25%	100	2,5Y 4/4
				50-100	Bm	35	45	20	10-25%	100	2,5Y 5/4
				100-150	Bc	35	48	17	10-25%	100	2,5Y 5/4

Azienda	Uso del suolo	Triv	Descrizione	Tessitura Orizzonti						tessitura	Colore
				Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale		
Bell'Espresso	Pasco	B01_57	Suolo a Cattedrale/Torano, argilloso limoso in tutti gli orizzonti. Suolo molto calcareo, moderatamente soddisfatto, molto profondo.	0-25	Ap1	35	50	15	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	15	50	35	10-25%	100	2,5Y 4/4
Bell'Espresso	Pasco	B01_58	Suolo a Cattedrale/Torano, argilloso limoso in tutti gli orizzonti. Suolo molto calcareo, moderatamente soddisfatto, molto profondo.	0-25	Ap1	37	48	15	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	35	45	20	10-25%	100	2,5Y 4/4
				50-75	Bp1	35	45	20	10-25%	100	2,5Y 5/4
				75-100	Bp2	35	43	22	10-25%	100	2,5Y 5/4
Bell'Espresso	Pasco	B01_59	Suolo a Cattedrale/Torano, argilloso limoso in tutti gli orizzonti. Suolo molto calcareo, moderatamente soddisfatto, molto profondo.	0-25	Ap1	35	52	13	10-25%	100	2,5Y 4/4
				25-50	Ap2	35	50	15	10-25%	100	2,5Y 5/4

Il sito sperimentale dell'azienda FILIPPI è localizzato all'interno del comune di Castell'Arquato, in provincia di Piacenza. Rispetto al Catalogo dei suoli della pianura emiliano-romagnola (edizione 2018) realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna, l'appezzamento rilevato ricade all'interno della delineazione 7192 caratterizzata dai suoli CIAVERNASCO franco argilloso limosi CIA1 (75%), CONFINE franco argilloso limosi CON3 (15%) e Variante a substrato ghiaioso dei suoli VILLA PAOLINA VIPz (10%); delineazione 8262 caratterizzata dai suoli BORGHESA BOG1 (65%), VILLA PAOLINA franco argilloso limosi VIP1 (20%), BELLARIA BEL1 (10%) e Variante a substrato ghiaioso dei suoli VILLA PAOLINA VIPz (5%)



Sono evidenziati in bianco il numero identificativo delle delineazioni e i limiti delle Unità Cartografiche del Catalogo dei Suoli al livello di dettaglio 1:50.000 e con croce rossa l'appezzamento oggetto di indagine

Le 6 trivellate sono state realizzate in data 07/11/2023 insieme all'esecuzione del campionamento per le analisi routinarie alla profondità di 0-30 cm, per un totale di 6 campioni. In data 07/11/23 sono stati prelevati 6 campioni. I suoli riconosciuti sono attribuibili alla serie Ciavernasco



Localizzazione in Google Earth delle 6 trivellate eseguite (FIL_AC1, FIL_AC3, FIL_AC4, FIL_AC5, FIL_AC6). La parte di appezzamento colorata in giallo è trattata con concime minerale mentre la parte colorata in marrone da due anni utilizza compost urbano

Uso del suolo	Triv	Descrizione	Tessitura Orizzonti						tessitura	Colore
			Limiti (cm)	Orizzonte	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	Calcare totale		
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC1	Suolo a tessitura franco argilloso limosa in tutti gli orizzonti, non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese negli orizzonti Ap (2% da 2 mm), Bw1 (6% da 3 mm) e Bw2 (10% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	0-50	Ap	15	51	34	<0,5	100	10YR 4/4
			50-90	Bt1	20	46	34	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (10% da 3 mm) e 10YR 6/2 (10% da 3 mm)
			90-120	Bt2	20	42	38	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (15% da 3 mm) e 10YR 6/2 (15% da 3 mm)
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC2	Suolo a tessitura franco argilloso limosa in tutti gli orizzonti, non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese negli orizzonti Ap (1% da 2 mm), Bw1 (5% da 2 mm) e Bw2 (8% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	0-50	Ap	15	53	32	<0,5	100	10YR 4/4
			50-90	Bt1	20	46	34	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (12% da 3 mm) e 10YR 6/2 (10% da 3 mm)
			90-120	Bt2	20	42	38	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (15% da 3 mm) e 10YR 6/2 (15% da 3 mm)
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC3	Suolo a tessitura franco argilloso limosa in tutti gli orizzonti, non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese negli orizzonti Bw1 (5% da 2 mm) e Bw2 (8% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	0-40	Ap	15	53	32	<0,5	100	10YR 4/4
			40-90	Bt1	20	46	34	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (15% da 3 mm) e 10YR 6/2 (10% da 3 mm)
			90-120	Bt2	20	42	38	<0,5	100	10YR 5/4 con screziature 10 YR 6/6 (15% da 3 mm) e 10YR 6/2 (15% da 3 mm)
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC4	Suolo a tessitura franco argillosa in tutti gli orizzonti, non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese nell'orizzonte Bw (2% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, profondo.	0-40	Ap	25	41	34	<0,5	100	10YR 4/4
			40-80	Bt	25	37	38	<0,5	100	10YR 5/4
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC5	Suolo a tessitura franco argilloso limosa negli orizzonti Ap e Bw1, mentre a tessitura franco argillosa nell'orizzonte Bw2. Suolo non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese negli orizzonti Bw1 (2% da 3 mm) e Bw2 (3% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	0-40	Ap	20	46	34	<0,5	100	2,5Y 4/4
			40-80	Bt1	25	37	38	<0,5	100	10YR 4/4
			80-120	Bt2	25	38	37	<0,5	100	10YR 4/4 e 10YR 4/6 con screziature 10 YR 6/2 (5% da 3 mm)
Seminativo Nudo, lavorato	FIL_AC6	Suolo a tessitura franco argilloso limosa in tutti gli orizzonti, non calcareo. Presenti noduli di ferro e manganese nell'orizzonte Bw (2% da 3 mm). Suolo moderatamente ben drenato, molto profondo.	0-40	Ap	20	48	32	<0,5	100	10YR 5/4
			40-90	Bt	20	42	38	<0,5	100	10YR 5/4 e 10YR 4/6 con screziature 10 YR 6/6 (10% da 3 mm) e 10 YR 6/2 (10% da 3 mm)

MONITORAGGIO DELLO STATO CHIMICO (FERTILITÀ) DEI SUOLI

Sempre più viene richiesto agli operatori del settore agricolo un continuo miglioramento degli strumenti di conoscenza del suolo, tra cui l'analisi chimico-fisica continua a mantenere un ruolo chiave per conoscere la fertilità dei suoli. Tale conoscenza è indispensabile per impostare i piani di fertilizzazione sia in funzione degli apporti necessari per la coltura che per il mantenimento o miglioramento della stessa fertilità dei suoli.

All'interno delle singole Aree di Campionamento secondo gli schemi di campionamenti previsti nei protocolli (Azione 2), si è proceduto con il prelievo dei campioni composti a una profondità (0-30 cm) per le analisi routinarie (tessitura sabbia limo e argilla, N P K Calcare totale, Calcare attivo, Sostanza organica, pH) e due campioni composti 0-15 e 15-30 cm per le analisi di sostanza organica. Inoltre, nei siti frutticoli è stata eseguita l'analisi del terreno con estratto acquoso al fine di verificare la disponibilità dei nutrienti del terreno, rispetto alle comuni analisi routinarie.

Le analisi sono state eseguite dai laboratori selezionati da I.TER (raffronto di tre preventivi).

Di seguito le analisi routinarie eseguite:

Campioni prelevati 0-30 cm	Data campionamento	Sabbia [2000-100 µm]	Sabbia [100-50 µm]	Limo [50-20 µm]	Limo [20-2 µm]	Argilla	pH (in acqua)	Sostanza organica	Calcare totale (calcio carbonato)	Calcare attivo (calcio carbonato)	Fosforo assimilabile (come P2O5)	Potassio scambiabile (come K2O)	Azoto totale (come N)
		%	%	%	%	%	unità pH	%	%	%	mg/Kg	mg/Kg	per mille
-FL AC1 ...	07/11/2023	4,00	11,00	21,00	37,0	27,00	7,97	2,55	1,88	< 0,5	36,80	416,00	1,70
-FL AC2 ...	07/11/2023	4,00	10,00	20,00	38,00	28,00	7,68	2,26	1,082	< 0,5	35,40	378,00	1,50
-FL AC3 ...	07/11/2023	2,00	10,00	22,00	38,00	28,00	7,64	2,50	1,16	< 0,5	47,00	428,00	1,70
-FL AC4 ...	07/11/2023	3,00	10,00	20,00	37,00	30,00	7,63	3,43	1,42	< 0,5	51,00	507,00	2,20
-FL AC5 ...	07/11/2023	3,00	8,00	19,00	40,00	30,00	7,71	3,07	1,47	< 0,5	51,00	564,00	2,00
-FL AC6 ...	07/11/2023	3,00	11,00	17,00	37,00	32,00	7,77	3,64	1,98	< 0,5	50,00	644,00	2,30
-BAL1 S ...	08/11/2023	1,00	9,00	23,00	40,00	27,00	7,92	3,94	21,0	8,95	67,00	780,00	2,30
-BAL1 I ...	08/11/2023	1,00	8,00	23,00	44,00	24,00	8,04	2,94	20,8	9,46	24,80	535,00	1,60
-BAL2 S ...	08/11/2023	1,00	7,00	23,00	42,00	27,00	8,06	3,03	20,7	8,99	34,80	670,00	1,90
-BAL2 I ...	08/11/2023	0,50	5,00	18,00	47,00	30,00	8,03	2,93	21,1	9,93	25,30	614,00	1,80
-BAL3 S ...	08/11/2023	0,50	3,00	15,00	50,00	32,00	7,97	2,73	21,1	10,96	31,20	635,00	1,80
-BAL3 I ...	08/11/2023	1,00	3,00	9,00	57,00	30,00	7,96	2,67	21,2	10,59	27,20	661,00	1,90
-BAL1S Sedimento ...	08/11/2023	0,50	1,00	10,00	58,00	31,00	8,02	2,03	24,6	11,9	12,50	464,00	1,40
-ZAN1 C6_S ...	08/11/2023	1,00	5,00	15,00	47,00	32,00	7,87	3,77	15,6	6,88	37,20	720,00	2,40
-ZAN1 C6_I ...	08/11/2023	1,00	5,00	13,00	48,00	33,00	7,86	4,17	16,1	7,27	25,30	830,00	2,60
-ZAN1 C5_S ...	08/11/2023	2,00	10,00	19,00	43,00	27,00	7,82	3,23	14,9	4,75	50,00	850,00	2,30
-ZAN1 C5_I ...	08/11/2023	2,00	10,00	20,00	45,00	23,00	7,77	4,13	14,7	5,37	18,10	710,00	2,60
-ZAN1 C4_S ...	08/11/2023	1,00	6,00	23,00	40,00	30,00	7,76	3,49	14,6	5,46	49,00	890,00	2,30
-ZAN1 C4_I ...	08/11/2023	1,00	8,00	21,00	45,00	25,00	7,63	6,88	15,1	5,81	41,00	930,00	4,30
-NAL AC1 ...	14/11/2023	76,00	11,00	6,00	2,00	5,00	8,28	1,84	5,94	0,841	77,00	367,00	1,00
-NAL AC2 ...	14/11/2023	78,00	10,00	5,00	2,00	5,00	8,43	1,44	5,94	0,673	83,00	419,00	0,80
-NAL AC3 ...	14/11/2023	78,00	10,00	4,00	3,00	5,00	8,24	1,39	6,12	0,753	92,00	391,00	0,90
-NAL AC4 ...	14/11/2023	75,00	11,00	7,00	2,00	5,00	8,30	2,10	6,05	0,932	75,00	322,00	1,10
-NAL AC5 ...	14/11/2023	77,00	9,00	7,00	2,00	5,00	8,31	1,59	5,68	0,670	63,00	325,00	0,90
-NAL AC6 ...	14/11/2023	75,00	11,00	7,00	2,00	5,00	8,42	2,02	6,25	0,920	87,00	422,00	1,10
-NAL AC7 ...	14/11/2023	74,00	14,00	4,00	3,00	5,00	8,37	1,99	6,31	0,783	84,00	567,00	1,20
-NAL AC8 ...	14/11/2023	73,00	12,00	8,00	2,00	5,00	8,36	1,83	6,29	0,877	77,00	405,00	1,00
-NAL AC9 ...	14/11/2023	75,00	10,00	6,00	2,00	7,00	8,32	1,68	6,59	0,572	75,00	399,00	1,00

Legenda: FIL (az.agr. Filippi); BAL (az.agr. Ballardini); ZANI (Granfrutta Zani); NAL (Az.agr. Deltabio)

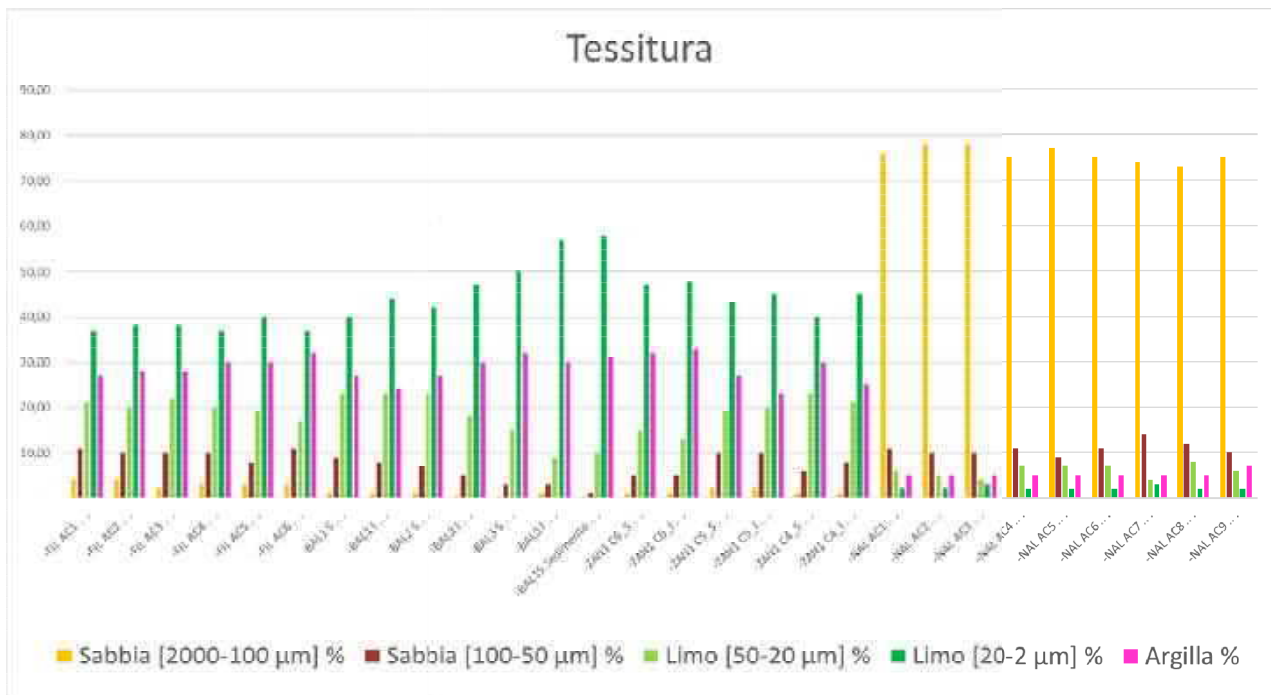


Grafico n 1: evidenzia la variabilità tessiturale collegata ai materiali su cui si sono formati i suoli selezionati.

Si evidenzia la similitudine tessiturale tra i siti FIL, BAL, ZAN formati su depositi alluvionali appenninici rispetto ai suoli NAL molto sabbiosi formati su sabbie marine.

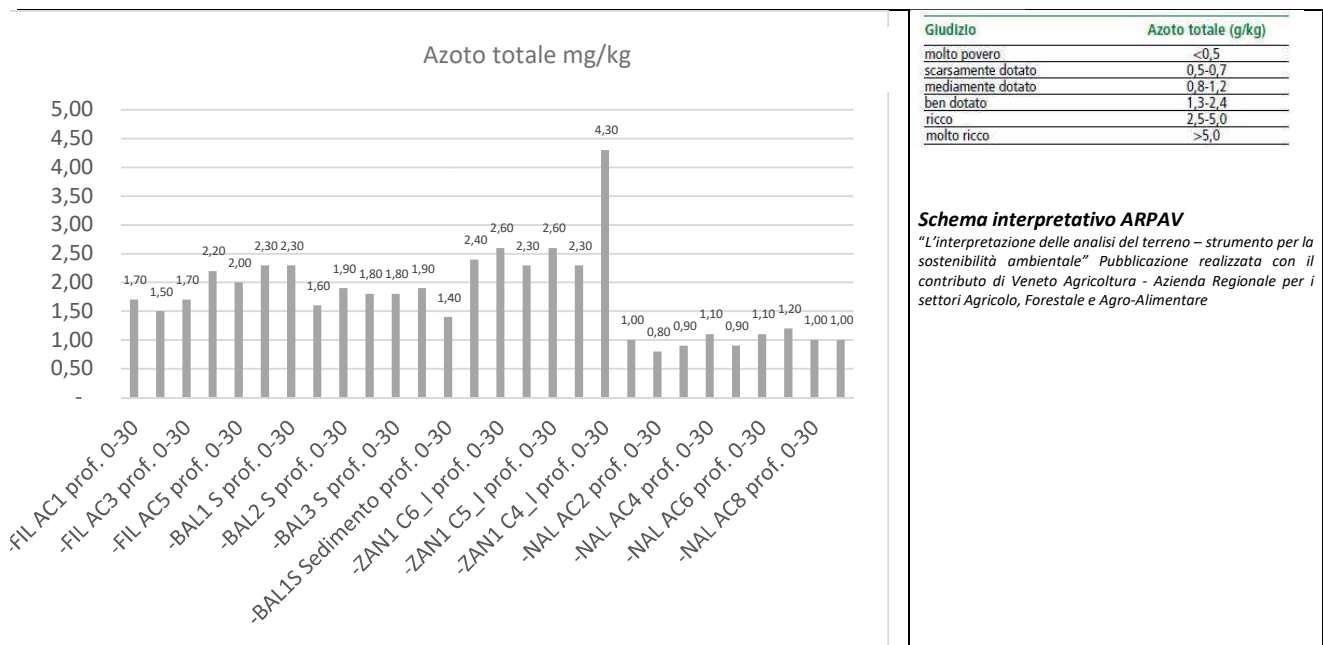


Grafico n 2: evidenzia il contenuto di azoto totale.

Applicando il giudizio derivante dal sovrastante schema interpretativo appare evidente la predominanza di suoli ben dotati di azoto totale (g/kg) nei siti FIL, BAL e ZAN mentre i suoli

sabbiosi NAL risultano mediamente dotati. Da notare che il campione rappresentativo dei sedimenti alluvionali depositatisi con la recente alluvione presenta una buona dotazione di azoto.

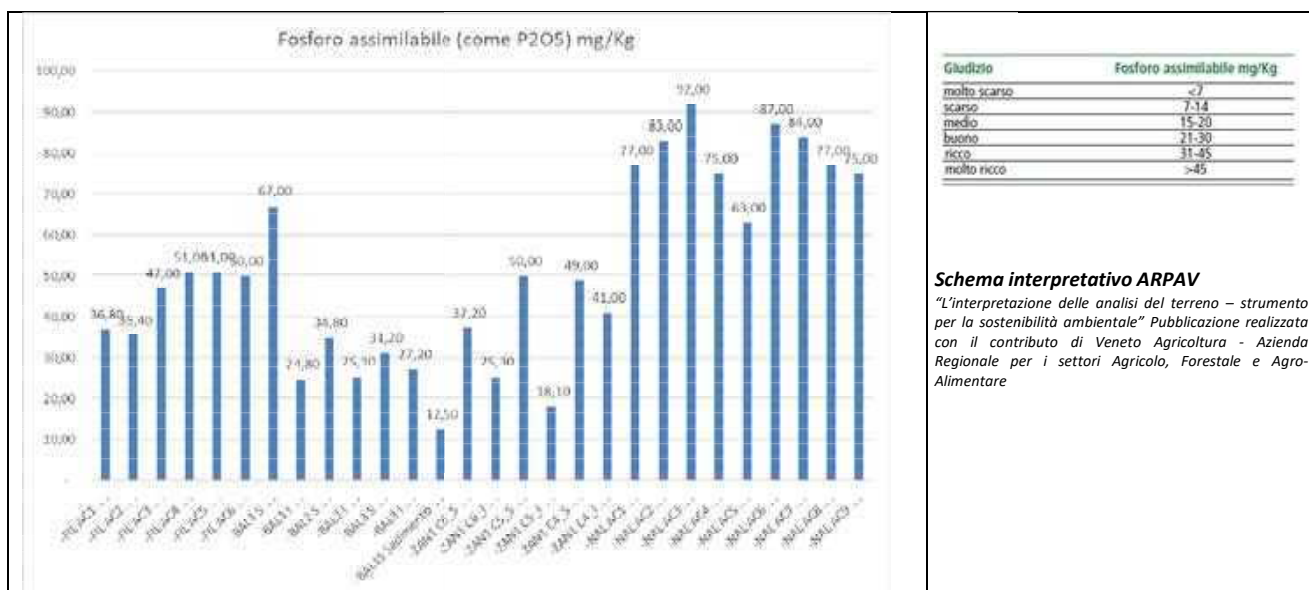


Grafico n 3: evidenzia il contenuto di fosforo assimilabile.

Applicando il giudizio derivante dal sovrastante schema è evidente che prevalentemente i suoli monitorati presentano dotazioni ricche o molto ricche di fosforo. Si nota che il sito di controllo dell'azienda Filippi (FIL) pur avendo una dotazione ricca ha valori più bassi rispetto alla parte trattata con compost urbano. Si nota nell'azienda Ballardini (BAL), interessata dall'alluvione del 2023 che mediamente il sottofila presenta una dotazione buona mentre l'interfila una dotazione tendente al ricco mentre il sedimento alluvionale presenta una dotazione scarsa. Il sito dell'azienda GranfruttaZani (ZAN) è caratterizzato nel sottofila da una dotazione ricca mentre l'interfila ha una dotazione da media a buona. Il sito dell'azienda Deltabio (NAL) non evidenzia differenze tra le diverse tesi di gestione organica. La variabilità del contenuto all'interno dei vari ambienti sembra dipendere dalle pratiche agronomiche applicate e dagli eventi alluvionali recenti ma sarebbe necessario mantenere il monitoraggio nel corso degli anni per avere ulteriori informazioni.

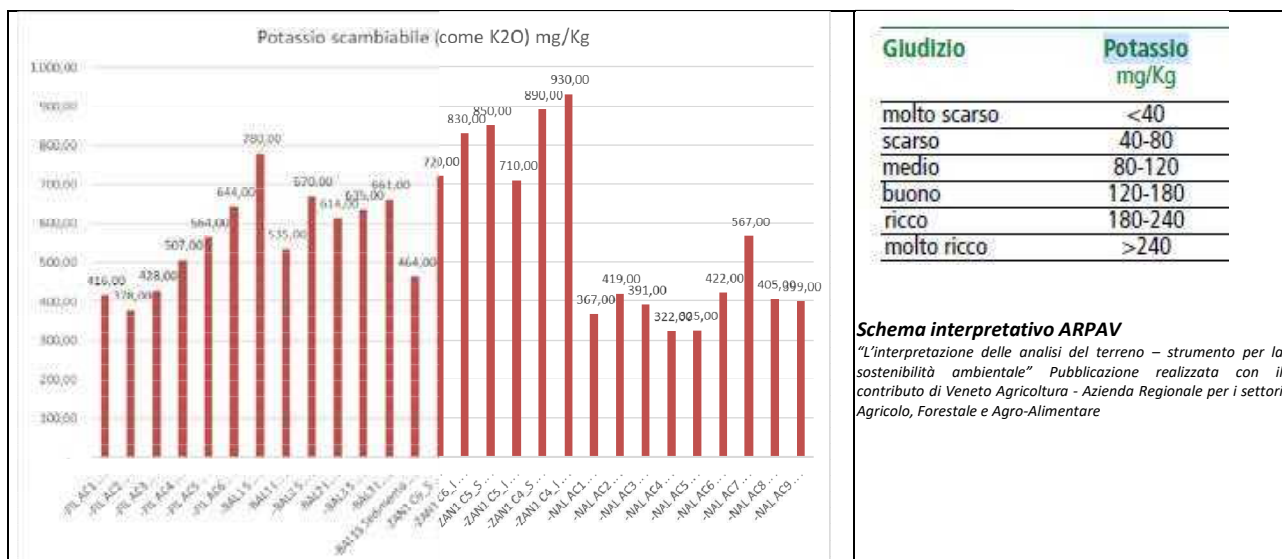


Grafico n 4: potassio scambiabile

È evidente che tutti i siti hanno una dotazione molto ricca. Si evidenzia un minor contenuto nei suoli sabbiosi dell'azienda Deltabio (NAL) rispetto agli altri siti aziendali ma, comunque, non si evincono differenze di dotazione legate alla differente gestione di materiali organici all'interno delle 3 tesi.



Grafico n 5: evidenzia il contenuto di sostanza organica alla profondità 0-30 cm

In funzione della tabella sottostante derivante dai DPI della Regione Emilia-Romagna, la dotazione risulta elevata nei siti FIL, BAL e ZAN caratterizzati da suoli a tessitura FLA e un contenuto medio nei suoli sabbiosi dell'azienda NAL. In generale si evidenzia che:

- il sito FIL trattato con compost urbano presenta un contenuto di sostanza organica significativamente più alto rispetto al controllo;
- il sito frutticolo BAL, (alluvionato) anche in questo caso ha un comportamento opposto rispetto a quello di ZAN in quanto il maggior contenuto di sostanza organica si rileva nel sottofila rispetto all'interfila; ciò potrebbe essere imputato al fatto che il sottofila baulato generalmente ha ricevuto meno deposito di fango;
- il sito frutticolo ZAN (non alluvionato) evidenzia quando già rilevato con il GO FRUTTIFICO e cioè che il maggior contenuto di sostanza organica è presente nell'interfilare inerbito.
- il sito orticolo NAL evidenzia un contenuto medio di sostanza organica; un buon risultato in considerazione che i suoli sono sabbiosi a conferma di quanto evidenziato con il GO SOSFERA e cioè che entrambe le tre matrici utilizzate nelle prove sono valide per migliorare il contenuto di sostanza organica.

GIUDIZIO	Dotazione di sostanza organica %			CLASSE DI DOTAZIONE PER SCHEDE STANDARD
	Terreni sabbiosi (S-SF-FS)	Terreni medio impasto (F-FL-FA-FAS)	Terreni argillosi e limosi (A-AL-FLA-AS-L)	
Molto basso	<0,8	<1,0	<1,2	Scarsa
Basso	0,8-1,4	1,0-1,8	1,2-2,2	
Medio	1,5-2,0	1,9-2,5	2,3-3,0	Normale
elevato	>2,0	>2,5	>3,0	Elevata

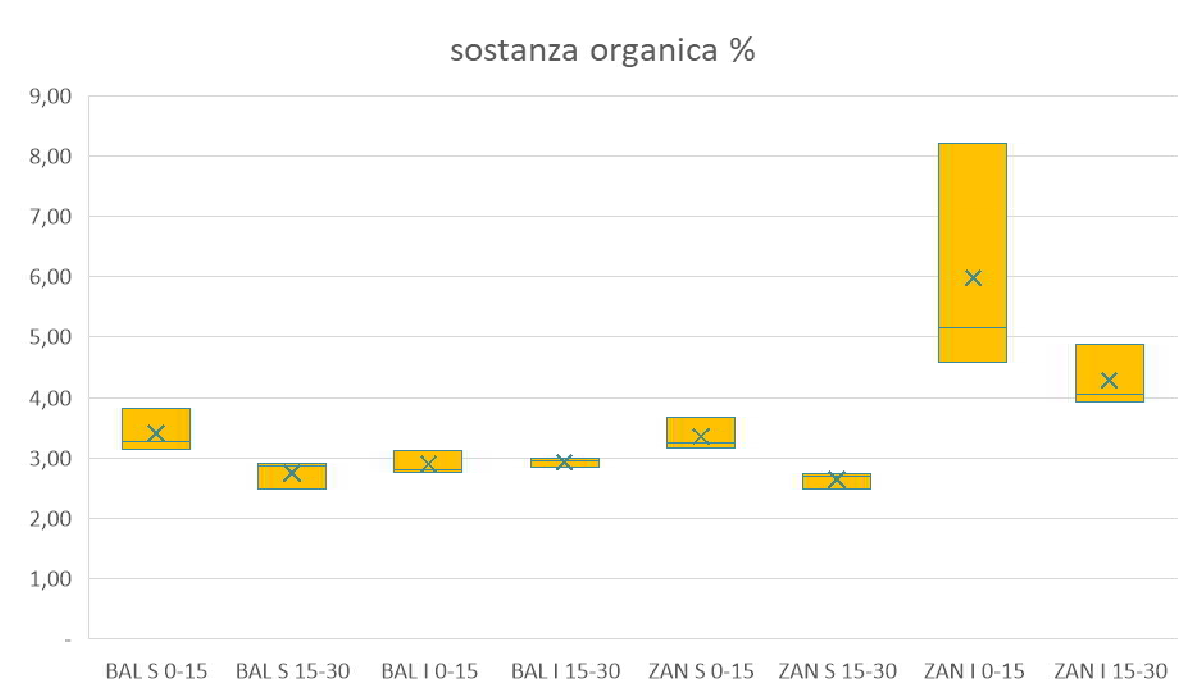


Grafico n 6: evidenzia il contenuto di sostanza organica alle profondità 0-15 e 15-30 cm nei siti frutticoli BAL (alluvionato) e ZAN (non alluvionato) caratterizzati entrambi da suoli a tessitura FLA.

Come si evince il sito ZAN presenta il comportamento già evidenziato all'interno del GO FRUTTIFICO: un maggiore contenuto di sostanza organica nell'interfilare inerbito rispetto al sottofila, oltre che l'importante effetto dell'inerbimento nell'aumento di sostanza organica nei primi 15 cm. Il suolo BAL rileva invece un lieve maggior contenuto nel sottofila rispetto all'interfila. È comunque evidente l'appiattimento e la mancata variabilità tra 0-15 e 15-30 cm nell'interfilare che, a causa dell'importante deposito alluvionale, è stato interessato da diversi passaggi di lavorazione del suolo allo scopo di migliorare la struttura. Si evidenzia che comunque anche BAL ha una dotazione media di sostanza organica.

MONITORAGGIO DELLO STATO FISICO DEL SUOLO: DENSITÀ APPARENTE.

La densità apparente o massa volumica è un indicatore della qualità del suolo utilizzato per valutare il grado di compattazione. La densità apparente è la massa del suolo seccato in stufa a 105°C per unità di volume totale del suolo (componenti minerali, organiche e spazi vuoti). In sintesi, esprime il rapporto tra pieni e vuoti in un volume unitario e fornisce in maniera indiretta un'indicazione della porosità presente nel suolo. A parità di densità reale più i valori di densità apparente sono bassi maggiore è la porosità. Mentre, valori elevati di densità apparente indicano generalmente problemi di compattazione e scarsa stabilità strutturale. Si tratta comunque di un valore che va contestualizzato in quanto non indica la dimensione o la continuità dei pori ed inoltre la valutazione deve fare riferimento alla densità reale. La definizione di valori di riferimento non è sempre possibile trattandosi di una caratteristica dinamica che cambia con il tempo ed è influenzata da diversi fattori (es. lavorazioni). In ogni caso è di facile determinazione e consente una prima valutazione della qualità del suolo in relazione alle pratiche agronomiche. A parità di suolo, le cause che possono determinare un abbassamento dei valori di densità apparente sono le lavorazioni che aumentano la porosità oppure l'uso di ammendanti. È necessario precisare che l'effetto delle pratiche agronomiche sulla densità apparente può essere monitorato in prove sperimentali di lunga durata.

L'interpretazione del valore di densità apparente all'interno dei siti monitorati va quindi contestualizzata in collegamento con le caratteristiche pedologiche e le pratiche agronomiche.

Si è proceduto a prelevare alla profondità 10-20 cm e nei frutteti, lungo il sottofila e lungo l'interfila, un campione indisturbato per ciascuna delle tre aree di campionamento per ciascun sito. In tutto sono stati prelevati *27 campioni (10-20 cm) per analisi Densità Apparente e Umidità nel novembre 2023.*



Grafico n 7: evidenzia la variabilità dei valori di densità apparente monitorati nelle 3 aree di campionamento di ciascun sito.

In sintesi è evidente che:

- l'azienda a seminativo FIL non mostra differenze significative tra i due trattamenti (controllo e compost urbano);
- le aziende frutticole BAL e ZAN presentano entrambi valori più bassi nel sottofila (maggiormente arieggiato) e più alti nell'Interfila (probabile compattamento da passaggio macchine);
- l'azienda NAL esprime risultati simili nelle tre tesi, anche se biodigestato esprime tendenzialmente una DA minore. Sono necessari riscontri con ulteriori monitoraggi.

MONITORAGGIO DELLO STATO FISICO DEL SUOLO: CONDUCIBILITÀ IDRAULICA NON SATURA (K) E SATURA (KSAT).

Sono state eseguite prove di misura della conducibilità idraulica non satura (K), tramite infiltrometro Mini Disk della Decagon Devices e prove di misura della conducibilità idraulica satura (Ksat), tramite slug test e applicando il metodo dell'Inverse Auger Hole. Determinazione dei valori di conducibilità idraulica non satura (K) tramite modello di Wooding (1968) e determinazione dei valori di conducibilità idraulica satura (Ksat) tramite pedofunzione di Van Beers (1983).

Il consulente di I.TER, in collaborazione con il personale I.TER, ha avviato questo studio nei siti dimostrativi a frutteto per migliorare le conoscenze del comportamento idrologico dei suoli rispetto alla loro capacità di infiltrazione eseguendo le seguenti attività:

- 1) Esecuzione di n° 40 prove di misura della conducibilità idraulica non satura (K), tramite infiltrometro Mini Disk della Decagon Devices, su due appezzamenti coltivati, seguendo le indicazioni fornite dal Committente per la localizzazione dei punti di misura;
- 2) Esecuzione di n° 8 prove di misura della conducibilità idraulica satura (Ksat), tramite slug test e applicando il metodo dell'Inverse Auger Hole. Profondità d'indagine = 50 cm per n° 4 prove e profondità d'indagine = 100 cm per n° 4 prove. Le prove sono state effettuate sugli stessi appezzamenti coltivati e secondo le medesime indicazioni di cui al punto (1);
- 3) Determinazione dei valori di conducibilità idraulica non satura (K) tramite modello di Zhang (1997) e determinazione dei valori di conducibilità idraulica satura (Ksat) tramite pedofunzione di Van Hoorn (1979);
- 4) Interpretazione dei dati ottenuti, con valutazione del comportamento idrologico dei suoli presi in esame e produzioni di grafici rappresentativi dell'andamento di ciascuna prova.

Le prove idrologiche hanno interessato i due siti frutticoli monitorati all'interno dell'azione 3.2.

Il primo obiettivo, legato all'effettuazione delle prove infiltrometriche previste, è stato quello di ottenere per ciascun sito un numero congruo di valori di conducibilità idraulica satura (Ksat) e non satura (K). Il valore di Ksat esprime la capacità del suolo in condizioni di saturazione, di essere attraversato da un flusso d'acqua ed è da considerarsi una costante, in quanto strettamente correlato a caratteristiche proprie del terreno in quel punto (tessitura, struttura, porosità, intesa come diametro medio, forma, grado di interconnessione fra pori etc.). Viceversa, il valore di K è fortemente condizionato da una serie di aspetti variabili nel tempo, quali la % di umidità e il potenziale idrico, connessi anche alla loro gestione agricola.

Tutti i dati, ottenuti permettono di conseguire ulteriori obiettivi, in particolare lo studio di eventuali differenze statisticamente rilevanti fra:

- i valori ottenuti dalle misure di conducibilità idraulica satura (Ksat) e non satura (K);
- l'infiltrazione dell'acqua nelle zone di interfila inerbita rispetto a quelle di sottofila;
- i valori ottenuti dalle misure di conducibilità idraulica satura (Ksat) negli orizzonti superficiali (prove a 50 cm di profondità) rispetto al totale degli orizzonti (prove a 100 cm di profondità).

Strumenti e metodi

L'infiltrometro Mini-Disk citato al punto, è un cilindro di piccole dimensioni (circa 20 cm), costituito da due camere, entrambe riempite con acqua fino ad un livello prestabilito. In genere, la

camera inferiore è riempita d'acqua fino al livello corrispondente ad 85 - 90 ml; quella superiore, non oltre la parte terminale del tubicino inserito nella camera di Mariotte, per consentire il passaggio dell'aria.

L'acqua presente nella camera inferiore (serbatoio) si infila nel suolo attraverso un setto poroso, situato alla base dello strumento. È possibile rilevare valori di K_s in condizioni di saturazione variabile, quindi con velocità di abbassamento del livello variabile, impostando un diverso carico idraulico con il tubicino graduato, posto sul tappo della camera superiore (camera di Mariotte – si veda Figura 1).



Figura 1: A sinistra, schema delle componenti del Mini Disk, estratto dal manuale d'uso. A destra, l'infiltrometro utilizzato in campo; si noti il sottile strato di sabbia silicea alla base, stesa per assicurare un miglior contatto fra le micro-irregolarità del terreno e la base filtrante dello strumento

I carichi possibili vanno da 0,5 a 6 cm, con il primo riservato ai terreni poco porosi, compattati o comunque poco permeabili (solitamente argille) e l'ultimo, viceversa, a quelli molto porosi e/o permeabili (solitamente sabbie).

Eseguendo misure ad intervalli regolari di tempo, è possibile osservare l'abbassamento dell'acqua nel cilindro e registrarne i valori corrispondenti alla scala graduata. Questi valori, assieme ad altri parametri, consentono di risolvere l'equazione del moto nel mezzo poroso parzialmente saturo in modo analitico calcolando il valore di K . I dati vengono inseriti in un apposito foglio di calcolo fornito dalla ditta produttrice, consentono la ricostruzione della curva cumulata d'infiltrazione e, di conseguenza, della conducibilità idraulica non satura K .

Il metodo dell'Inverse Auger Hole, indicato al punto (2), rappresenta una semplice tecnica di campo per la misura conducibilità idraulica satura (K_{sat}). Esso fu messo a punto fra gli anni '60 e '70 in Olanda e in Francia (méthode Porchet) e poi definitivamente teorizzato in Van Hoorn (1979). Di fatto, essa consiste nell'esecuzione di un foro nel terreno fino ad una certa profondità, nel suo riempimento fino all'orlo con acqua e nella conseguente misura dell'abbassamento del livello. Il foro viene praticato con una normale trivella manuale, di diametro pari ad almeno 5 cm. L'acqua, se non vi sono altre possibilità, viene versata da taniche portate direttamente sul punto. La misura dell'abbassamento, un tempo eseguita tramite galleggianti sospesi a cavi graduati, è invece attualmente operata più facilmente con strumenti di misura automatica in continuo tipo Diver.

Essi sono sospesi con un cavo sul fondo del foro e registrano, ad intervalli di tempo anche molto ristretti (1 sec), le variazioni di pressione connesse all'abbassamento del livello dell'acqua sopra di loro. Il successivo scarico dei dati, tramite apposito lettore, consente di ottenere rapidamente le curve di abbassamento in cm, sottraendo dal dato di pressione totale quello di pressione atmosferica, ottenuto da altri strumenti Diver posizionati sopra il foro o, se assenti, dai dati forniti dalle stazioni meteo di Arpae (sito DEXT3R in <https://simc.arpae.it/dext3r/>). Il metodo dell'Inverse Auger Hole viene utilizzato nel caso non sia presente una falda superficiale entro 1,5 – 2 m dalla superficie, il che rappresenta una situazione molto frequente nei terreni coltivati della pianura emiliano-romagnola, nel corso del periodo estivo. In caso contrario, si applica il metodo dell'Auger Hole (Van Beers, 1958), il quale consiste nell'estrazione rapida di acqua di falda tramite pompe portatili o strumenti manuali (Bailers) e nella misura, sempre tramite Diver, della velocità di risalita.

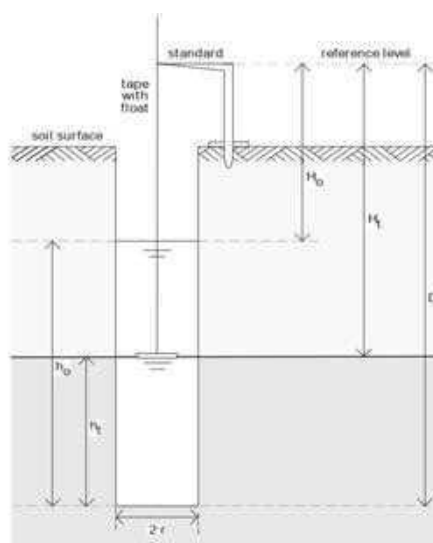


Figura 2: (sinistra) foro praticato con trivella, strumento Diver e cavo con barretta per la sospensione sul foro; (destra) rappresentazione grafica dei parametri di calcolo utilizzati nell'Inverse Auger Hole in: Oosterbaan and Nijland (1994).

Misura della conducibilità idraulica non satura (K)

Il lavoro sopra indicato è stato eseguito l'11/07/2024 su entrambi gli appezzamenti. All'interno di ciascuno, sono state individuate le tre aree di campionamento, già visitate in occasione di precedenti rilievi¹ e rispettivamente siglate come BAL C1, C2, C3 e ZAN C4, C5, C6. In ogni area di campionamento sono state effettuate misure tramite Mini Disk, seguendo i due criteri sottoelencati:

- Due o più misure (repliche) per ciascun punto, al fine di ottenere un valore mediato più attendibile statisticamente;
- I settori interessati dalle misure, partendo dall'asse del filare, sono stati: sottofila (S), parte di interfila soggetta al passaggio di mezzi agricoli (IR), centro dell'interfila (IC).

Il secondo criterio indica un ulteriore settore d'interesse, oltre a sottofila ed interfila, costituito dalla stretta striscia compattata dal passaggio delle ruote dei mezzi agricoli, intuitivamente meno permeabile rispetto alle altre due. La seguente Tabella illustra la ripartizione delle 40 prove previste, in base all'appezzamento, area di campionamento e settore.

Sito	AC	Settore	N° prove
ZAN	C4	S	4
ZAN	C4	IR	2
ZAN	C4	IC	4
ZAN	C5	S	2
ZAN	C5	IR	2
ZAN	C6	S	3
ZAN	C6	IR	2
ZAN	C6	IC	3
BAL	C1	S	2
BAL	C1	IR	2
BAL	C1	IC	2
BAL	C2	S	2
BAL	C2	IR	2
BAL	C2	IC	2
BAL	C3	S	2
BAL	C3	IR	2
BAL	C3	IC	2
TOTALE			40

Tabella 1: ripartizione delle 40 prove sulla base del nome del sito, area di campionamento (AC) e settore (S = sottofila; IR = interfila compattata da ruote; IC = centro interfila).

Dal momento che una singola prova con Mini Disk dura mediamente, secondo le caratteristiche del terreno, dai 5 ai 30 minuti, è stata prevista, per la giornata di rilievi, la presenza di una squadra di lavoro composta da 3 persone e l'utilizzo di due strumenti Mini Disk da utilizzare in contemporanea.

Operativamente, in ogni punto, si è provveduto a spianare quanto più possibile una piccola superficie di suolo (circa 10 x 10 cm), asportando le parti vegetali superficiali, ma, allo stesso tempo, avendo cura di non compattare il terreno. inoltre, per permettere una più uniforme percolazione dell'acqua dal setto poroso nel suolo, è stato disposto, sulla superficie denudata, un sottile velo di sabbia fine quarzosa, come prescritto dal produttore dello strumento.

Dopo queste operazioni, lo strumento, riempito con un livello adeguato di acqua nelle due camere come descritto precedentemente, è stato sistemato sulla sabbia in posizione il più possibile verticale, per evitare scorrimenti laterali preferenziali, in grado di falsare la stima della velocità di infiltrazione.

Successivamente, si è agito sul tubicino graduato superiore, per impostare il carico idraulico (*suction rate*) da applicare alla superficie del terreno e consentire una velocità d'infiltrazione adeguata alle letture (non troppo rapida e non troppo lenta²). Il manuale dello strumento consiglia per la maggior parte dei suoli un carico pari a 2 cm, ma nel corso delle prove è stato prevalentemente utilizzato il carico 1 cm e, talvolta, anche quello a 0,5 cm: tali impostazioni si rendono necessarie in presenza di suoli compatti o a tessitura tendenzialmente fine.

Le letture sulla scala graduata sono state effettuate ogni 30 secondi e ogni prova è durata mediamente 10 minuti, a meno della presenza di alcune anomalie, descritte più oltre, che hanno suggerito un'interruzione anticipata.

I valori registrati sul campo in ogni prova sono stati poi trascritti nel foglio di calcolo fornito dalla ditta produttrice dello strumento, assieme al dato rilevato precedentemente in campo di classe tessiturale del suolo nei primi 30 cm (in entrambi gli appezzamenti, variabile fra franca limosa e franca argillosa limosa). Infine, è stato inserito il valore di carico idraulico impostato sul tubicino graduato.

Dai dati in input è stato possibile ricavare la curva d'infiltrazione cumulata in rapporto al quadrato del tempo e, contemporaneamente, il valore di conducibilità idraulica non satura K in cm/s (metodo Zhang, 1997). Il dato è stato successivamente trasformato in mm/h per avere velocità confrontabili con quanto riportato nella letteratura relativa all'argomento.

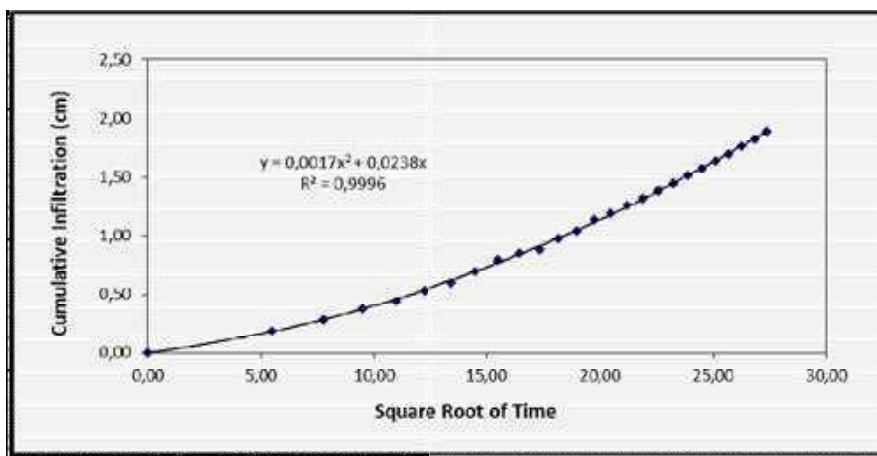


Grafico 8: Esempio di curva d'infiltrazione cumulata, ottenuta dall'elaborazione dei dati di una delle prove infiltrometriche eseguite in campo

Non tutti i rilievi hanno consentito di ricostruire curve d'infiltrazione attendibili, come quella mostrata nel Grafico 1. Nell'appezzamento ZAN, in tre casi, tutti situati nel centro dell'interfila, le velocità di infiltrazione dell'acqua nel suolo si sono fortemente incrementate dopo 4-5 minuti dall'inizio delle prove. L'ipotesi è che, dopo i primi cm di suolo, l'acqua abbia trovato vie preferenziali di scorrimento molto più efficaci della sola porosità, come, ad esempio, fessurazioni

più o meno ampie. Non è chiaro se possa esservi stata anche un'influenza da parte dell'intreccio di radici della vegetazione presente nell'interfila (*root channels*). Nell'appezzamento BAL, invece, si è registrato un solo caso sicuramente anomalo di accelerazione della velocità d'infiltrazione, dopo alcuni minuti di prove, connesso ad un urto accidentale subito dallo strumento.

In altri quattro casi (tre nell'appezzamento ZAN ed uno nell'appezzamento BAL), il calcolo tramite curva d'infiltrazione cumulata, ha fornito valori negativi di velocità, Questi casi sono possibili e già previsti all'interno del manuale operativo del Mini Disk; esso segnala che possono essere in relazione con la presenza di livelli di suolo limitanti il flusso superficiale (*shallow flow restricting layers* – pag. 18 del manuale)- In effetti, tutti i casi sono stati riscontrati nel settore IR (interfila compattata da ruote) e sarebbero quindi coerenti con quanto osservato in campo.

Conducibilità idraulica non satura (K)

Tutti i 40 grafici relativi alle curve d'infiltrazione cumulata sono riportati in Allegato 1; i valori di K ottenuti in ciascuna prova sono invece riassunti nella successiva Tabella 3.

ID	Sigla punto	Settore	K (mm/h)	ID	Sigla punto	Settore	K (mm/h)
1	ZAN C4 S1	Sott. Fila	8,917	23	BAL C1 S1	Sott. Fila	11,617
2	ZAN C4 S2	Sott. Fila	7,347	24	BAL C1 S2	Sott. Fila	3,135
3	ZAN C4 S3	Sott. Fila	13,545	25	BAL C1 IR1	Int. Ruota	2,073
4	ZAN C4 S4	Sott. Fila	12,984	26	BAL C1 IR2	Int. Ruota	4,715
5	ZAN C4 IR1	Int. Ruota	-0,413	27	BAL C1 IC1	Int. Centro	0,848
6	ZAN C4 IR2	Int. Ruota	5,254	28	BAL C1 IC2	Int. Centro	0,899
7	ZAN C4 IC1	Int. Centro	16,573	29	BAL C2 S1	Sott. Fila	9,850
8	ZAN C4 IC2	Int. Centro	0,669	30	BAL C2 S2	Sott. Fila	17,401
9	ZAN C5 IC1	Int. Centro	108,711	31	BAL C2 IR1	Int. Ruota	0,964
10	ZAN C5 IC2	Int. Centro	1,942	32	BAL C2 IR2	Int. Ruota	19,510
11	ZAN C5 S1	Sott. Fila	5,048	33	BAL C2 IC1	Int. Centro	0,211
12	ZAN C5 S2	Sott. Fila	16,900	34	BAL C2 IC2	Int. Centro	1,785
13	ZAN C5 IR1	Int. Ruota	1,176	35	BAL C3 S1	Sott. Fila	7,670
14	ZAN C5 IR2	Int. Ruota	-0,326	36	BAL C3 S2	Sott. Fila	15,106
15	ZAN C6 S1	Sott. Fila	6,447	37	BAL C3 IR1	Int. Ruota	16,068
16	ZAN C6 S2	Sott. Fila	7,125	38	BAL C3 IR2	Int. Ruota	-0,335
17	ZAN C6 S3	Sott. Fila	7,472	39	BAL C3 IC1	Int. Centro	1,095
18	ZAN C6 IR1	Int. Ruota	3,589	40	BAL C3 IC2	Int. Centro	3,604
19	ZAN C6 IR2	Int. Ruota	-1,126				
20	ZAN C6 IC1	Int. Centro	45,034				
21	ZAN C6 IC2	Int. Centro	5,468				
22	ZAN C6 IC3	Int. Centro	96,343				

Tabella 1: In alto, valori di conducibilità idraulica K in mm/h ricavati per ciascuna delle 40 prove eseguite nei due appezzamenti e secondo il settore interessato (sottofila, interfila compattata da ruote, interfila centro).

I quattro valori negativi di velocità, descritti nel precedente capitolo, sono stati evidenziati col colore rosso, mentre i quattro valori, legati a repentini aumenti della velocità d'infiltrazione nel corso delle prove (esempio in Grafico 2), sono stati evidenziati in azzurro.

Facendo riferimento agli obiettivi indicati nel capitolo iniziale, si è provveduto ad elaborare alcuni grafici, che permettessero di percepire in maniera facile ed immediata le differenze di velocità riscontrate, sia a livello di siti, sia a livello di settore. Per poter ragionare sulla dispersione dei valori in ogni categoria, si sono ritenuti adeguati i diagrammi a box-plot, nei quali si possono riprodurre contemporaneamente gli indici statistici relativi a media, mediana, quartili, minima, massima e dati estremi (*outlier*). Preliminarmente, però, i valori negativi di velocità, in quanto incongruenti con la grandezza che si andava ad esaminare, sono stati assimilati al valore = 0. Un'altra strada poteva essere quella di eliminare in toto le quattro prove, ma, essendo tutte localizzate nel settore IR (interfila compattata da ruote), tale scelta avrebbe falsato l'elaborazione statistica, in quanto sarebbero state escluse prove, che testimoniavano la bassissima infiltrazione dell'acqua in quei punti.

Per quel che riguarda, invece, i valori legati ad un aumento anomalo della velocità d'infiltrazione nel corso delle prove, si è deciso di non includere nelle elaborazioni il solo valore anomalo di velocità registrato nel punto BAL C2 IR2, in quanto legato all'influenza di fattori esterni (urto accidentale – Grafico 2).

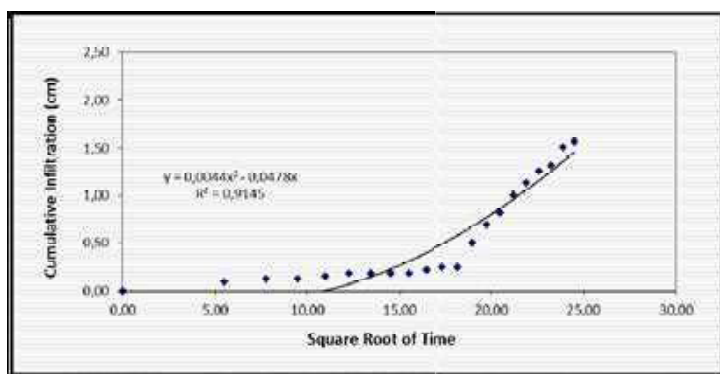


Grafico 9: Punto BAL C2 IR2; curva d'infiltrazione cumulata, che mostra l'improvviso aumento di velocità determinato da urto accidentale

Gli altri tre valori riscontrati al centro dell'interfila nel sito ZAN non hanno, invece, potuto essere esclusi a priori, in quanto riferiti, comunque, a reali situazioni osservate in campo. Si è pertanto deciso, in questo caso, di produrre due versioni dei grafici, uno riferito all'insieme dei valori, compresi quelli anomali ed uno, invece, da cui questi ultimi sono esclusi. Lo scopo è, ovviamente, di osservare se, nell'uno e nell'altro caso, potessero evidenziarsi andamenti significativi

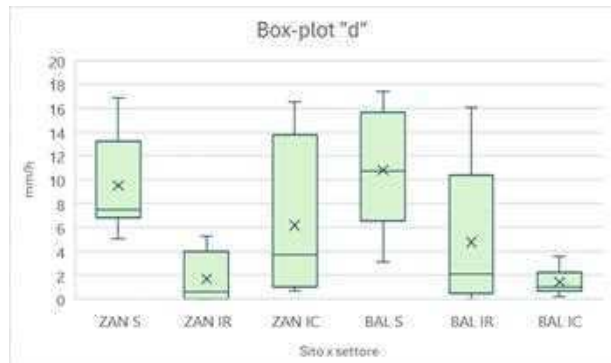
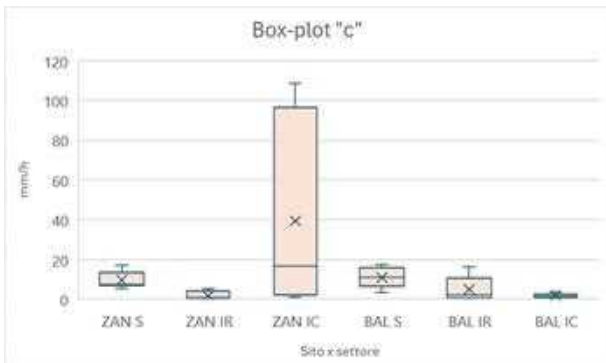
In conclusione, sono stati prodotti i seguenti quattro grafici:

- a) Box-plot di confronto fra tutte le velocità d'infiltrazione riscontrate rispettivamente nel sito ZAN e nel sito BAL;
- b) Box-plot come il precedente (a), ma con esclusione dei punti aventi velocità considerate anomale;
- c) Box-plot di confronto fra tutte le velocità d'infiltrazione riscontrate, rispettivamente, nei tre settori presenti nei due siti (sottofila, interfila compattata da ruote, interfila centro);

d) Box-plot come il precedente (c), ma con esclusione dei punti con velocità considerate anomale.

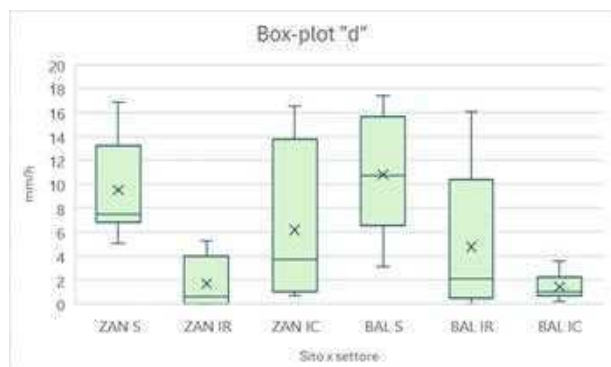
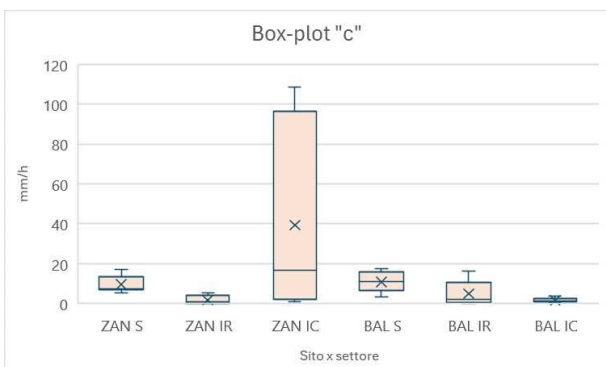
Per una più immediata lettura di questo tipo di grafici, si specifica che:

- Il segno relativo alla croce rappresenta la media dei dati;
- La parte inferiore e superiore della scatola mostrano il 25° e il 75° percentile, mentre a linea centrale nella scatola rappresenta il 50° percentile o mediana;
- Le linee verticali (baffi) rappresentano i valori estremi inferiori e superiori, esclusi gli *outlier* o valori anomali, rappresentati da pallini.



Commento ai box-plot “a” e “b”:

nel grafico “a” i valori anomali, com’era prevedibile, “schiacciano” la rappresentazione grafica di tutti gli altri parametri statistici, rendendoli scarsamente leggibili. La media delle velocità riscontrate nel sito ZAN, trainata da questi *outlier*, risulta decisamente superiore a quella complessiva del sito BAL (16,843 mm/h contro 5,708 mm/h) e supera addirittura il 75° percentile (parte alta del box). Il grafico “b” mostra invece una situazione più facilmente decodificabile, in quanto i valori sono confrontabili: la media nel sito ZAN è sempre superiore, ma in maniera più contenuta (6,340 mm/h contro 5,708 mm/h). I valori massimi sono simili (16,900 mm/h contro 17,401 mm/h), mentre la scatola dei percentili di BAL risulta più ampia, indice di una maggior variabilità nell’insieme dei dati.



Commento ai box-plot “c” e “d”:

nel grafico “c” si osserva la stessa problematica grafica riscontrata nel grafico “a”, ossia che i valori anomali espandono la scala verticale delle velocità, in modo tale che sono scarsamente percepibili le differenze fra i singoli settori presi in considerazione. Rispetto al grafico “a”, però, qui si acquisiscono due informazioni in più: la prima, che tutti i valori considerati anomali si collocano in ZAN IC, ossia nel sito ZAN, settore interfila centro; la seconda, che tali valori, rappresentati come *outlier* nel grafico “a”, qui rientrano nell’ambito della scatola dei percentili e del massimo. Questo significa che, in tale settore (ZAN IC), essi non sono da considerarsi così “anomali”, in quanto sono presenti altri valori elevati. Il grafico “d” fornisce altre informazioni interessanti. Nell’ambito del sito ZAN, il settore ZAN S (sottofila) presenta le velocità d’infiltrazione mediamente più elevate, seguito dal settore ZAN IC (interfila centro) e ZAN IR (interfila compattata da ruote). Questo sembra ragionevole, considerando, da un lato, la compattazione della parte superficiale del suolo in IR e, dall’altro, la presenza di aree soggette a lavorazioni e non inerbite nel settore S. Anche escludendo i valori anomali, il settore IC risulta comunque quello con maggior dispersione di valori, come attestato dall’ampiezza della scatola del 25°-75° percentile. Per quanto riguarda il sito BAL, la situazione non è altrettanto chiara, nonostante, anche qui, il settore S risulti quello con la media di velocità d’infiltrazione più elevata, paragonabile a quella di ZAN S (10,797 mm/h contro 9,532 mm/h). Tuttavia, il settore BAL IC presenta uniformemente velocità molto basse (si vedano anche i grafici in ALLEGATO 1), inferiori anche a quelle del settore BAL IR, il quale, a sua volta, presenta una forte dispersione di valori. In conclusione, nel sito ZAN le differenze riscontrate nei diversi settori sembrano rispecchiare, o comunque essere congruenti, con quanto osservato in campo (velocità inferiori nella striscia di interfila compattata IR, estrema variabilità nell’interfila IC interessata dalla presenza di vegetazione, velocità maggiori nella parte di sottofila S non inerbita, con migliore aggregazione ed evidente macroporosità. Solo quest’ultimo aspetto è rispettato nel sito BAL.

Misura della conducibilità idraulica satura (*K_{sat}*)

Le misure di conducibilità idraulica satura sono state effettuate nei due siti il 15/07/2024. Come descritto precedentemente, le prove eseguite sono state otto, la metà delle quali con profondità d’indagine a 50 cm e l’altra metà a 100 cm. Inoltre, per valutare eventuali differenze di comportamento fra orizzonti superficiali e profondi del suolo, si era deciso di associare a breve distanza una prova a 50 cm ad una a 100 cm (*Auger Holes in layered soils – Van Beers, 1958*). Questo implicava che, all’interno di ogni sito, potessero essere indagate soltanto due fra le tre aree di campionamento; inoltre, poiché risultava tecnicamente difficile approfondire i fori nella zona di interfila, a causa della presenza di vegetazione e della minor umidità, è stato deciso di effettuare le prove nel solo settore di sottofila. Alla fine, il criterio di scelta si è basato sugli aspetti tessiturali, identificando, all’interno di ogni sito, le aree di campionamento, la cui tessitura

dell'orizzonte superficiale nel settore di sottofila fosse la più possibile differente. Si sono così selezionate le aree BAL C2 S (tessitura franca limosa) e BAL C3 S (tessitura franca argillosa limosa); analogamente, sono state scelte le aree ZAN C5 S (tessitura franca limosa) e ZAN C6 S (tessitura franca argillosa limosa).

Le operazioni svolte all'interno di ogni area di campionamento sono state le seguenti:

- Programmazione degli strumenti Diver ad una lettura al secondo. Poiché, con una cadenza temporale così ravvicinata, essi saturano la memoria in poche ore, devono essere riprogrammati fra un sito e l'altro;
- Effettuazione di due fori nella zona di sottofila, tramite trivella manuale componibile, curando di mantenerli il più possibile verticali rispetto al piano campagna; il raggiungimento della profondità voluta (50 e 100 cm) viene verificato tramite flessometro di alluminio. Il diametro dei fori è di 6 cm;
- Sospensione degli strumenti sul fondo dei fori tramite cordino legato ad un'asticella di plastica dura. L'altezza dell'estremità dei Diver dev'essere di qualche cm inferiore alla profondità del foro e precedentemente misurata tramite il flessometro;
- Versamento dell'acqua nei fori, da taniche precedentemente portate in loco. L'abbassamento dell'acqua è inizialmente rapido, poi si stabilizza. A questo punto, il terreno circostante il foro è sufficientemente umido³ e può iniziare la prova, versando nuovamente acqua fino alla sommità;
- Dopo aver atteso un congruo numero di minuti, si effettuano misure del livello raggiunto dall'acqua nel foro, tramite flessometro. Quando non vi è più acqua nel foro o essa scende molto lentamente col passare del tempo, si considera la prova conclusa. Nessuna delle otto prove è durata più di mezz'ora;
- I Diver vengono estratti dai fori e i dati memorizzati, scaricati su pc portatile tramite apposito software e periferica;
- La sequenza viene ripetuta nell'area di campionamento successiva.

³ In Oosterbaan & Nijland (1994) viene suggerito di riempire il foro ripetutamente con acqua, al fine di bagnare uno spessore considerevole di terreno attorno al foro. Tuttavia, per una semplice prova di Inverse Auger Hole a 100 cm sono richiesti per la prima volta almeno 8 – 10 litri di acqua e un po' meno per la successiva. Quanto suggerito nella pubblicazione, soprattutto se nello stesso giorno sono previste più prove, può essere realizzato solo se si dispone di una certa organizzazione tecnica, che consenta di portare direttamente in loco elevati quantitativi di acqua.



Figura 1: Prova di Inverse Auger Hole; si notano i due fori a 50 e 100 cm, con asticelle e cordini a cui sono sospesi i Diver.

Nonostante le prove di Inverse Auger Hole siano state utilizzate nel mondo per decenni e risultino abbastanza semplici dal punto di vista dell'esecuzione operativa, sono state tuttavia riscontrati alcuni problemi secondari dei quali è bene far cenno, per la comprensione complessiva dell'attendibilità dei valori di infiltrazione ottenuti:

- Per poter misurare con precisione l'abbassamento in cm del livello dell'acqua nel foro è necessario che, ai valori di pressione misurati dai Diver al secondo, si sottraggano quelli di pressione atmosferica. Era stato previsto l'utilizzo di un terzo Diver, programmato con una cadenza di letture analoga (una al secondo), posizionato sul terreno in prossimità dei fori durante le prove. Tuttavia, esso ha mostrato valori di pressione atmosferica differenti rispetto a quelli, sempre di pressione atmosferica, registrati dai due Diver prima che fossero calati nei fori: la differenza è risultata oscillare fra i 3 e i 12 millibar. Per maggior precisione, quindi, si è deciso di escludere il Diver sul terreno e di utilizzare valori di pressione atmosferica, provenienti dai due Diver all'inizio di ogni prova;
- Su terreni molto secchi e limosi, versare acqua con una certa velocità implica la rimozione di sedimento od aggregati dalle pareti, che vanno poi a depositarsi sul fondo. Ne è una prova indiretta il fatto che, talvolta, i Diver sospesi sul foro siano risultati, in parte o in toto, ricoperti di fanghiglia. Si ritiene comunque che tale situazione, facilmente prevedibile, abbia influenzato minimamente i calcoli complessivi di conducibilità idraulica. Per queste situazioni, come anche quelle in cui sono presenti sabbie fini instabili, viene suggerito (Van Beers, 1958) l'utilizzo di un tubo di ottone (ma potrebbe anche essere anche un altro tipo di materiale inossidabile) perforato con migliaia di fori del diametro di 0,5 mm⁴.

- In un caso in particolare, come si vedrà dettagliatamente nel capitolo dedicato all'analisi dei risultati, l'abbassamento del livello dell'acqua nel foro, nonostante ripetuti tentativi, è stato praticamente immediato. La causa è forse da ricercarsi nella presenza di vie di fuga (grosse fessurazioni?) presenti in profondità, che hanno causato un rapido deflusso dell'acqua immessa;
- Rispetto ad un galleggiante, il Diver non può registrare gli abbassamenti degli ultimi cm di acqua prima del fondo, in quanto esso è sospeso sopra di esso. Tuttavia, questi abbassamenti, essendo ormai a velocità costante, non creano un problema per il calcolo complessivo della velocità d'infiltrazione.

Tutti i valori di pressione, registrati dai Diver durante le prove di Inverse Auger Hole, utilizzando anche i valori di pressione atmosferica indicati precedentemente, sono stati trasformati in curve di infiltrazione dell'acqua nei fori (cm/secondo). Un esempio è riportato nel grafico 3, mentre tutti i grafici ottenuti sono situati in fondo alla relazione.

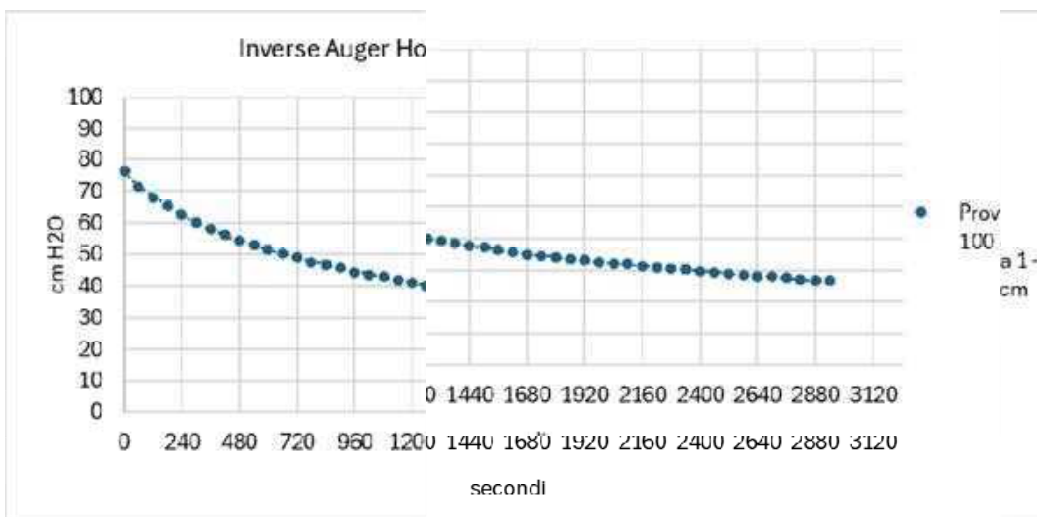


Grafico 10; Rappresentazione di curva d'infiltrazione dell'acqua nel suolo in cm/secondo nella prova a 100 cm eseguita nell'area di campionamento ZAN C5.

Tuttavia, per ottenere la stima della reale conducibilità idraulica nel foro, è necessario utilizzare un'apposita formula, descritta nella sua forma definitiva in Van Hoorn (1979) e di seguito riportata:

$$K = 1.15 r \frac{\log(h_0 + \frac{1}{2}r) - \log(h_t + \frac{1}{2}r)}{t - t_0}$$

Dove:

K = conducibilità idraulica satura

r = raggio del foro

h0 = altezza dell'acqua in cm al tempo t0 in sec (inizio della prova)

ht = altezza dell'acqua in cm al tempo t in sec (fine prova)

Il raggio del foro è noto, essendo uguale a 3 cm, ossia alla metà del diametro praticato con la trivella; le altezze e i tempi sono ricavati direttamente dalle registrazioni dei Diver. Lo sviluppo dell'equazione, in sé piuttosto semplice⁵, ha permesso di ottenere i seguenti valori finali, elencati nella seguente Tabella 4, in cui le velocità in cm/h sono state convertite in mm/h.

Risulta subito evidente, in colore rosso, la velocità anomala ottenuta durante la prova a 50 cm nell'area di campionamento ZAN C6: oltre 1 m/h, frutto della rapidissima infiltrazione dell'acqua nel foro nell'arco di poco più di un minuto. Un po' meno eccezionale, ma comunque anomala, la velocità, in colore blu, calcolata nell'area di campionamento BAL C3, sempre con una prova a 50 cm: quasi 170 mm/h.

ID	AC	Settore	Prova (cm)	Profond. (cm)	Prof. diver (cm)	h0-ht (cm)	t0-t (sec)	Ksat (mm/h)	Classe
IAH1	ZAN C5	Sottofila	100	99	91	50	2940	18,59	Moderatam. alta
IAH2	ZAN C5	Sottofila	50	56	51	32	2880	5,73	Moderatam. alta
IAH3	ZAN C6	Sottofila	100	96	91	77	2700	48,38	Alta
IAH4	ZAN C6	Sottofila	50	57	51	32	60	1025,50	Molto alta
IAH5	BAL C2	Sottofila	100	100	94	56	1380	34,51	Moderatam. alta
IAH6	BAL C2	Sottofila	50	57	52	34	1440	40,43	Alta
IAH7	BAL C3	Sottofila	100	100	97	52	840	50,37	Alta
IAH8	BAL C3	Sottofila	50	65	51	45	420	168,97	Alta

Tabella 2: Riassunto dei valori di conducibilità idraulica satura calcolati per ogni prova. ID = numero identificativo prova; AC = area di campionamento; Prova = tipo di prova; Profond = cm reali di profondità del foro; Prof. Diver = cm di profondità dello strumento rispetto all'imboccatura del foro; h0-ht = delta dei valori di altezza dell'acqua registrati da Diver; t0-t = tempo complessivo di registrazione della prova da Diver, Ksat = conducibilità idraulica satura; Classe = classi di conducibilità idraulica satura secondo la "Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche" della Regione Emilia-Romagna (2020).

Esaminando tutte le prove, si osserva che tre di esse, tutte alla profondità di 100 cm, possiedono una classe di conducibilità idraulica satura *moderatamente alta* secondo la Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche della Regione Emilia-Romagna (estratto in Allegato 3, in fondo alla relazione). I valori oscillano fra 5,73 e 34,51 mm. Altre quattro prove rientrano nella classe *alta*, tre delle quali con valori molto ravvicinati (da 40,43 a 50,37 mm/h) e l'ultima col già

⁵ Trattandosi di una relazione fra due variabili, nei fogli di calcolo si possono anche utilizzare metodi di regressione lineare, i quali però non modificano sostanzialmente i valori finali.

citato valore di 168,97 mm/h. L'ultima prova eseguita nell'area di campionamento ZAN C6, ricade nella classe *molto alta*.

Conclusioni

Di seguito si riassumono le considerazioni che si ritengono più significative, fra quelle emerse dalle prove infiltrometriche svolte nei due siti selezionati all'interno del progetto Applica.

Il Mini Disk si dimostra uno strumento rapido (10-15 minuti la media di una prova), di facile trasporto e di semplice alimentazione (bastano un paio di litri d'acqua per un'intera giornata). Questo consente l'effettuazione di molte prove giornaliere, anche in siti situati ad una certa distanza gli uni dagli altri. Bisogna però tener conto del fatto che per ogni punto sono necessarie alcune repliche (se possibile, almeno tre), al fine di ottenere un più attendibile dato mediato. Infatti, le asperità del terreno, non sempre annullate dalla posa di sabbia silicea, fessurazioni e radici subito sotto la superficie, possono determinare sensibili variazioni di velocità d'infiltrazione durante le prove. Altrettanto importante è mantenere per tutta la durata della prova lo strumento in asse, cosa non sempre agevole, data la sua leggerezza e il ridotto diametro della base. Detto questo, il Mini Disk consente di stimare in maniera abbastanza accurata la velocità d'infiltrazione nel suolo, in base alle condizioni in cui esso si presenta al momento della prova ed è quindi in grado di mostrare differenze di velocità in zone soggette ad una diversa gestione.

La prova dell'Inverse Auger Hole rappresenta forse la più economica e rapida fra quelle dedicate alla stima della conducibilità idraulica satura, pensando, ad esempio, agli ingombri, ai volumi d'acqua, ai tempi e all'impegno del personale necessario per eseguire una prova tramite il doppio anello oppure alla precisione e alla sensibilità richiesta per utilizzare uno strumento come il permeometro Guelph. Ciononostante, più prove durante la giornata richiedono comunque il trasporto in campo di un certo quantitativo d'acqua, in quanto è necessario versarla più volte nel foro (*1 to 3 times on loamy and clayey soils – Van Hoorn, 1979*) per bagnare le pareti. Inoltre, le prove a 50 cm risentono molto della variabilità di condizione degli orizzonti superficiali, i quali possono presentare discontinuità o vie preferenziali di scorrimento, molto meno frequenti negli orizzonti profondi. Non a caso, 2 prove su 4 a 50 cm hanno mostrato velocità d'infiltrazione incompatibili con le caratteristiche dei suoli, mentre in tutte le prove a 100 cm si sono riscontrate velocità congruenti.

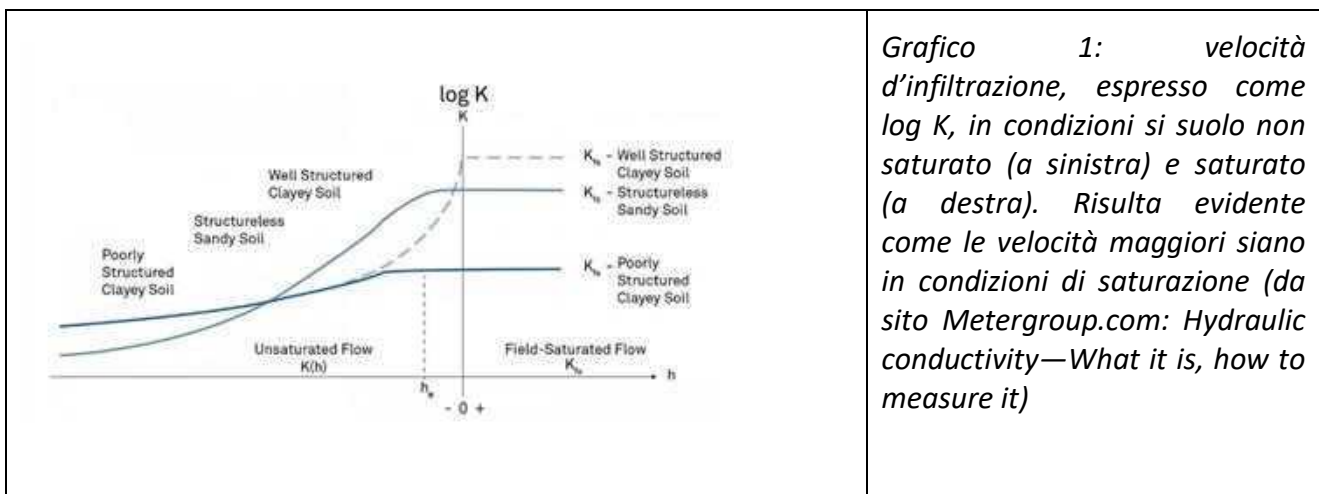
Confrontando le medie delle velocità di conducibilità idraulica satura e non satura ottenute dal rilevamento nei due siti, si ottengono i valori riportati nella seguente Tabella 5; da tali calcoli sono stati esclusi gli *outlier*:

ID Sito	Ksat (mm/h)	K (mm/h)
ZAN	24,24	6,34

BAL	41,77	5,71
-----	-------	------

Tabella 3; confronto fra le medie delle velocità di conducibilità idraulica satura (K_{sat}) e non satura (K) riscontrate nei due siti.

Innanzitutto, si osserva che i valori di K_{sat} risultano decisamente superiori a quelli di K . Questo è congruente con quanto riportato in letteratura (Grafico 4), in quanto è noto che, quando i pori contengono totalmente o parzialmente aria, l'acqua in ingresso deve svolgere un lavoro per allontanarla e, di conseguenza, la velocità d'infiltrazione si riduce. Per questo motivo, la conducibilità idraulica insatura è inferiore, a volte di ordini di grandezza inferiori, rispetto a quella satura.



Inoltre, mentre i valori di K risultano simili, con una differenza inferiore al mm/h, quelli di K_{sat} risultano praticamente doppi nel sito BAL. Poiché la tessitura è simile a ZAN si prospetta che la maggiore conducibilità è collegata alla fessurazione e struttura dei sedimenti alluvionali che nonostante le lavorazioni ripetute hanno mantenuto ancora una certa grossolanità.

Confronto fra le velocità d'infiltrazione dell'acqua nelle zone di interfila inerbita rispetto a quelle di sottofila

Come già indicato nel capitolo dedicato all'analisi dei risultati, nel sito ZAN si osservano velocità d'infiltrazione nei diversi settori congruenti con la diversa gestione del terreno: maggiori velocità nel tratto di sottofila non inerbito, minori in quello d'interfila interessato dal passaggio di ruote, intermedie nel centro dell'interfila, ma con elevata variabilità, legata forse alla distribuzione della vegetazione e all'andamento delle radici nel terreno (*root channels*). Il sito BAL, invece, evidenzia un diverso comportamento, a partire dalle bassissime velocità d'infiltrazione nel centro dell'interfila, probabilmente determinato dall'elevata compattazione del sedimento alluvionale e dalla notevole variabilità di valori riscontrati sia nel sottofila, sia nell'interfila interessato dal passaggio di ruote.

A prescindere dall'identificazione delle cause legate a questi comportamenti, che, in parte, trascendono le finalità di questo studio, vi è comunque da ribadire che proprio nel sito BAL, soggetto ad alluvionamento e a successive lavorazioni per rendere meno compatto il sedimento, si sono osservate velocità d'infiltrazione molto variabili e differenti rispetto a quelle del sito ZAN.

Confronto fra i valori rilevati nel corso delle misure di conducibilità idraulica satura nel corso delle prove a 50 cm di profondità rispetto a quelle effettuate a 100 cm di profondità

In Van Beers (1958) è contemplata la possibilità di effettuare due fori a diverse profondità per confrontare orizzonti a diversa conducibilità idraulica, come potrebbero essere un orizzonte superficiale ed uno profondo. Tale impostazione è sembrata particolarmente utile nel caso del sito BAL, nel quale la coltre recente di alluvioni spesse circa 20 cm poteva, molto probabilmente, presentare un comportamento idraulico differente rispetto alla parte sepolta. Viceversa, nel sito ZAN, non soggetto a tali apporti alluvionali, ci si aspettava comunque di osservare differenze, legate a lievi variazioni tessiture ed alla gestione agricola dell'orizzonte superficiale, ma meno accentuate rispetto in BAL.

Nella realtà, sempre escludendo le due prove outlier, tale situazione non è stata verificata. Nel sito ZAN, la prova a 50 cm indica un valore di conducibilità di 5,73 mm, che risulta rispettivamente circa 1/3 ed 1/8 delle conducibilità riscontrate nelle due prove a 100 cm. Al contrario, nel sito BAL, la conducibilità idraulica della prova a 50 cm si colloca in posizione intermedia (40,43 mm) fra le due a 100 cm (rispettivamente 34,51 e 50,37 mm). Di conseguenza, l'influenza sul comportamento idraulico della parte superficiale del suolo, da parte delle alluvioni deposte nel 2023, sembra poco significativa. D'altro canto, si sottolinea che i valori misurati sono comunque congruenti con quanto riportato in letteratura: Van Beers (1979) descrive, per suoli franco argillosi limosi, tessitura assimilabile a quella dei suoli studiati, valori rilevati di K_{sat} fra 0,2 e 2,5 m/g, ossia fra 8 e 104 mm/h.

Probabilmente, come nel caso dell'utilizzo del Mini Disk, la soluzione per ottenere risultati significativi, risiede nell'aumento delle prove, al fine di annullare statisticamente deviazioni legate a disomogeneità negli orizzonti di suolo, particolarmente diffuse in quelli superficiali lavorati.

BIBLIOGRAFIA

- Mini Disk Infiltrometer Manual in <https://metergroup.com/products/mini-disk-infiltrometer/mini-disk-infiltrometer-support/>
- Andrade R. B. "The Influence of Bulk Density on the Hydraulic Conductivity and Water Content-Matric Suction Relation of Two Soils" Utah State University Merrill – Cazier Library - All Graduate Theses and Dissertations (1971).
- Baver, L. D. et Al. "Soil physics" New York, Wiley (1972).
- Dec D, Dorner J. et Al. "Effect of bulk density on hydraulic properties of homogenized and structured soils" J. Soil Sc. Plant Nutr. 8 (1) 2008 (1-13).
- Oosterbaan R. J. Nijland H. J. "Determining the saturated hydraulic conductivity" Chapter 12 in H. P. Ritzema (Ed.), ILRI, Wageningen, second revised edition (1994).
- Regione Emilia-Romagna "Guida di campagna per la descrizione delle osservazioni pedologiche" a cura dell'Area Geologia, Suoli e Sismica (2020).
- Regione Emilia-Romagna "Carta della conducibilità idraulica satura dei suoli della pianura emiliano-romagnola – Note illustrative" a cura dell'Area Geologia, Suoli e Sismica (2018).
- Van Beers W, F, J "The Auger Hole method" – ILRI, Wageningen, first edition (1958).
- Van Hoorn J. W. "Determining hydraulic conductivity with the inversed auger hole and infiltrometer methods" Proceedings of the International Drainage Workshop, May 1978, Wageningen, 150-154, ILRI publication 25, 197

MONITORAGGIO DELLO STATO BIOLOGICO DEL SUOLO TRAMITE QBS-AR

In una manciata di terra vivono più organismi di quante persone siano presenti sul pianeta terra. Per monitorare la presenza della pedofauna nelle tesi dei 4 siti indagati è stato avviato uno specifico monitoraggio rilevando e studiando gli artropodi tramite l'indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-ar). Esso è correlato al buono stato di salute dei suoli stessi. Tale indice si basa sullo studio del grado di adattamento dei micro-artropodi presenti nel suolo per verificare quanto questo è disturbato dall'attività antropica. Nello specifico, l'indice QBS-ar valuta l'intera comunità di microartropodi edafici, suddividendoli utilizzando l'approccio delle forme biologiche (FB). L'attribuzione degli organismi alla corretta FB tiene conto sia della tassonomia sia dell'adattamento alla vita nel suolo. Ad ognuna di esse è associato un valore di Indice EcoMorfologico (EMI), compreso tra 1 e 20. In alcuni casi, il punteggio è univoco, sottolineando le caratteristiche del gruppo di affinità con il comparto suolo: ad esempio, pauropodi e proturi possono ottenere solamente un punteggio pari a 20 indicando un grande adattamento al suolo e quindi una maggiore vulnerabilità in caso di disturbo. Per ogni individuo appartenente al taxon, si considerano le dimensioni (minore di 2 mm), se è presente pigmentazione, se sono presenti occhi e ali. Per ognuna di queste caratteristiche, se presente, si attribuiscono 5 punti e il valore finale dell'EMI corrisponde alla loro somma. In caso nessuno dei caratteri sia presente, all'individuo si attribuisce un EMI pari a 1 indicando la presenza di un esemplare epigeo. Ad ogni FB riconosciuta viene associato il rispettivo valore EMI. In caso di più individui appartenenti allo stesso taxon con valori EMI differenti e quindi corrispondenti a diversi livelli di adattamento, si considera solamente il valore più alto, corrispondente ad un maggiore adattamento al suolo. La somma di tutti gli EMI costituisce il valore dell'indice QBS-ar. Più elevato è il valore dell'indice, maggiore è la presenza di FB adattate al suolo. Il valore di QBS-ar massimale non equivale alla media dei valori calcolati per le repliche. Le repliche sono funzionali per rappresentare al meglio un ambiente naturalmente eterogeneo. Il valore finale che si ottiene con il QBS-ar massimale sottolinea il potenziale dell'area investigata in termini di popolamento edafico e adattamento di questo al comparto suolo. Lo studio è stato eseguito in ciascuna delle tre aree di campionamento afferenti alle varie di tesi di gestione dei 4 siti per un totale di 27 campionamenti. Per ciascuna area sono state prelevate "zolle di suolo" di dimensione circa di 10x10x10 cm nell'autunno 2023 ed entro 48 ore dal prelievo sono state portate presso il laboratorio di I.TER. Tramite specifici estrattori del tipo Berlese- Tüllgren sono stati estratti gli artropodi per il riconoscimento e la conta dei vari gruppi sistematici. Le analisi dei campioni sono state condotte da I.TER, identificando le forme biologiche secondo Parisi et al (2005) e assegnando i rispettivi valori EMI e conteggiando gli individui di ciascuna forma biologica individuata al fine di ricostruire la comunità in termini di frequenza relativa e abbondanza.

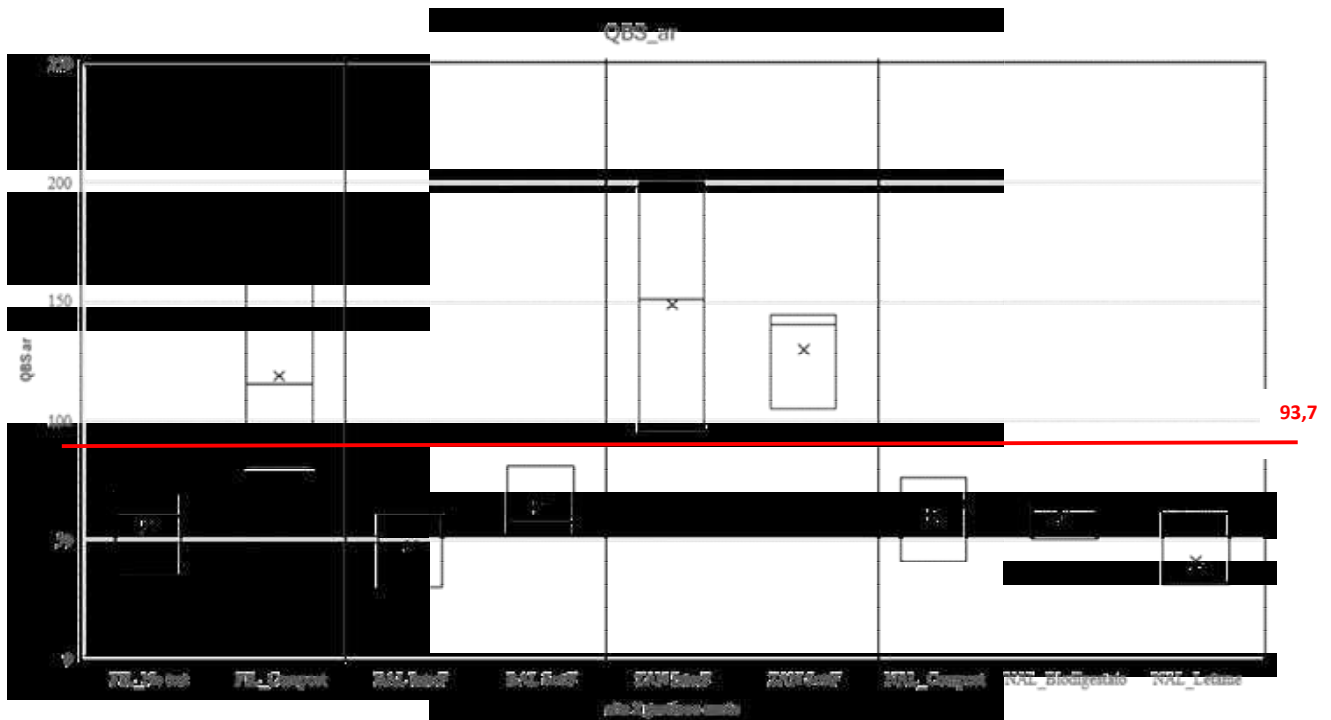


Grafico n 11: evidenzia la variabilità dei valori di QBS_ar massimale ottenuti nelle tre aree di campionamento per ciascuna tesi di gestione monitorata all'interno dei 4 appezzamenti. La linea rossa evidenzia il valore di QBS_ar massimale pari a 93,7, indicato come valore di soglia tra situazioni di alta o bassa qualità del suolo (Menta et al. 2018).

Si evidenzia che:

- La tesi a seminativo trattato con compost urbano dell'azienda FIL ha un valore di QBS -ar di qualità, mentre il controllo no. È risaputo che nei seminativi le lavorazioni abbassano il livello di QBS-ar e si reputa interessante l'innalzamento con utilizzo del compost urbano.
- Nell'azienda BAL sia interfila che sottofila sono sotto la soglia di qualità; un po' più alto il sottofila in quanto meno interessato dalle lavorazioni; ciò è imputabile all'importante spessore (circa 20 cm) del deposito alluvionale che ha ricoperto il suolo.
- Nell'azienda ZAN l'indice di qualità elevato è imputabile all'assenza di lavorazioni nel suolo e al buon contenuto di sostanza organica.
- Nell'azienda NAL il limite è sottosoglia in tutte e tre le tesi; potrebbe essere determinato sia dalla elevata presenza di sabbia che non favorisce la vita degli artropodi e sia per l'utilizzo orticolo che prevede diversi interventi di lavorazione del suolo durante l'anno.

Sarebbe interessante poter procedere con ulteriori rilievi negli stessi siti.

Struttura comunità

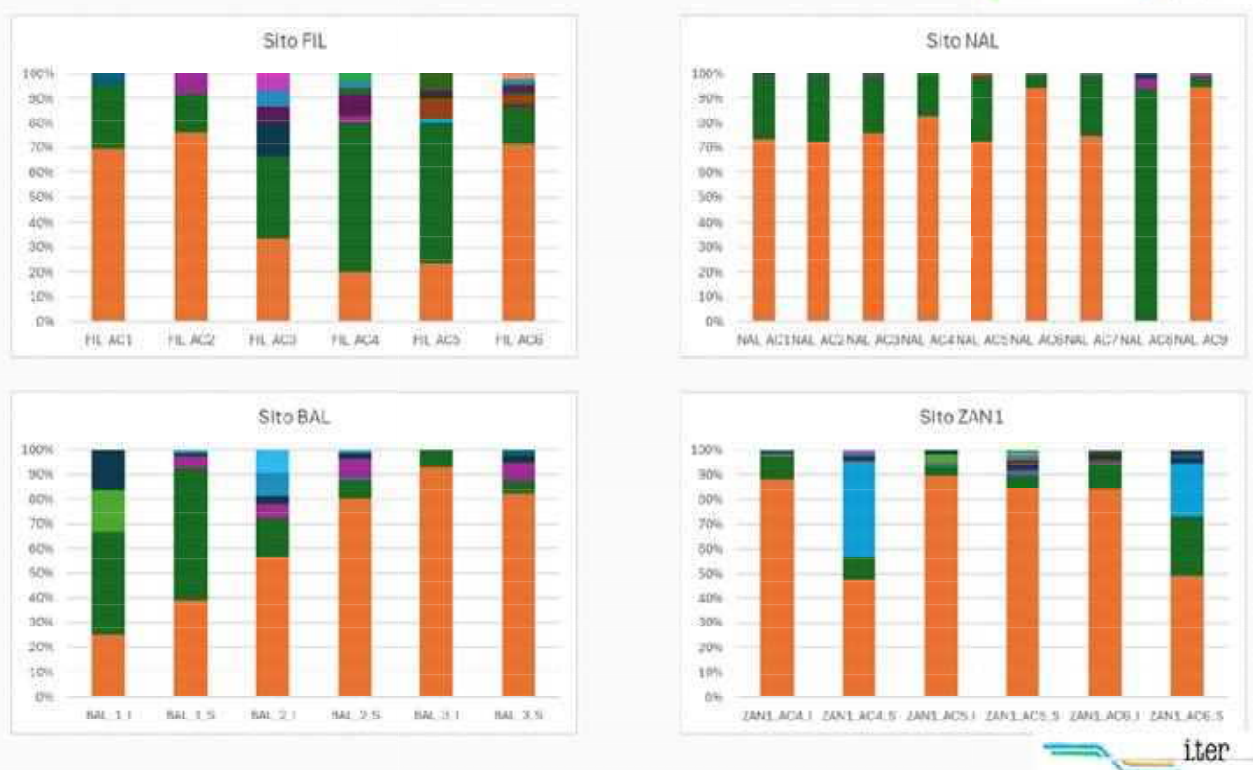


Grafico n 11: composizione percentuale delle comunità edafiche osservate nelle varie stazioni di campionamento. Le percentuali sono state calcolate sul totale degli individui contati nelle tre repliche di ciascuna stazione. Per poter ricavare delle considerazioni sarebbero necessari più rilievi in diverse stagioni.

MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI DI FALDA IPODERMICA E DEI CANALI

MONITORAGGIO DELLE ACQUE

I.TER ha condotto, inoltre, il monitoraggio sulla qualità delle acque presso l'azienda Deltabio per ogni tesi di utilizzo di matrici organiche, quali compost, letame e digestato. Il monitoraggio è stato effettuato sia sulle acque superficiali che di falda ipodermica tramite l'utilizzo di un Bailer e dei piezometri. Il monitoraggio delle acque superficiali è stato eseguito attraverso il prelievo delle acque dai canali limitrofi, utilizzati dall'azienda per l'irrigazione. Il monitoraggio delle acque di falda è stato eseguito attraverso il posizionamento di 4 piezometri (1 per ogni Tesi più 1 di controllo in due stagioni alle seguenti date:

- 29 aprile 2024

- 3 agosto 2024

Tutte le osservazioni idrologiche sono state georeferenziate secondo standard Datum WGS 1984; proiezione UTM; fuso 33.



Localizzazione in Google Earth dei punti di prelievo delle acque superficiali dei Canali (SSF1 – ACQUESUP1, SSF1 – ACQUESUP2)



Localizzazione in Google Earth dei 4 piezometri messi in posa presso Deltabio (SSF1P1, SSF1P2, SSF1P3, SSF1P4)

Le analisi realizzate dal laboratorio Gruppo CSA S.p.A., selezionato da I.TER in base al raffronto di tre preventivi hanno interessato i seguenti parametri: Cloruri, Fosfati, Nitrati, Azoto nitrico, Azoto ammoniacale, Boro, pH, Conducibilità elettrica, COD, BOD. In totale sono stati analizzati 12 campioni per analisi di acque.

Di seguito si espone la tabella contenente sia i risultati del precedente GO SOSFERA che quelli del GO APPLICA

Sito	Data camp.	GO	E _{cw}	pH	BOD ₅	COD	B	N-NH ₄	N-NO ₃	Cl-	P-PO ₄
				$\mu\text{S}/\text{cm}$							
P1	14/07/2021	SOSFERA	2120	7,54	< 5	27	0,36	< 0,02	40,6	129	13,1
P2	14/07/2021	SOSFERA	1820	7,64	< 5	26	0,3	0,02	38,2	245	8,9
P3	14/07/2021	SOSFERA	1940	7,74	< 5	26	0,3	< 0,02	49,2	262	11,1
P4	14/07/2021	SOSFERA	2120	7,77	< 5	17	0,23	0,02	1,86	530	10,4
SUP1	14/07/2021	SOSFERA	1610	7,8	< 5	17	0,23	0,19	1,69	372	17,6
SUP2	14/07/2021	SOSFERA	1430	7,73	< 5	20	0,16	< 0,02	1,91	316	20,4
P1	02/05/2022	SOSFERA	2560	7,77	< 5	25	0,25	1,5	43,4	617	< 1
P2	02/05/2022	SOSFERA	2960	7,82	< 5	45	0,24	0,28	95	562	< 1
P3	02/05/2022	SOSFERA	3070	7,72	< 5	44	0,18	0,62	90	616	< 1
SUP1	02/05/2022	SOSFERA	1460	7,8	< 5	18	0,16	0,79	1,2	330	< 1
SUP2	02/05/2022	SOSFERA	1550	7,84	< 5	12	0,13	0,42	1,43	363	< 1
P1	05/07/2022	SOSFERA	2600	8,02	56	225	0,25	0,03	10,9	745	< 1
P2	05/07/2022	SOSFERA	2320	8,08	< 5	31	0,27	0,03	45,3	437	< 1
P4	05/07/2022	SOSFERA	2290	8,03	33	169	0,17	0,03	6,31	633	< 1
SUP1	05/07/2022	SOSFERA	1600	8,04	< 5	19	0,21	0,03	< 0,1	443	< 1
SUP2	05/07/2022	SOSFERA	2000	7,96	< 5	31	0,2	0,43	< 0,1	576	< 1
P1	08/02/2023	SOSFERA	3140	8,03	7	96	0,39	< 0,02	148	494	< 1
P2	08/02/2023	SOSFERA	2580	7,93	< 5	39	0,27	< 0,02	106	418	< 1
P3	08/02/2023	SOSFERA	3090	8,06	14	81	0,28	< 0,02	124	565	< 1
SUP1	08/02/2023	SOSFERA	3260	8,03	< 5	39	0,45	1,37	< 0,1	890	< 1
SUP2	08/02/2023	SOSFERA	5390	8,09	18	83	0,95	3,16	3,96	3650	< 1
P1	29/04/2024	APPLICA	2520	8,01	< 5	52,7	0,21	< 0,02	70,4	394	< 1
P2	29/04/2024	APPLICA	3090	8,07	< 5	23,1	0,19	< 0,02	67,8	632	< 1
P3	29/04/2024	APPLICA	3230	8,23	< 5	55,9	0,24	< 0,02	100	591	< 1
P4	29/04/2024	APPLICA	2630	8,1	< 5	19,6	0,17	0,03	13,5	297	< 1
SUP1	29/04/2024	APPLICA	1730	8,2	< 5	38,2	0,24	1,96	0,89	401	< 1
SUP2	29/04/2024	APPLICA	1930	8,23	< 5	18,9	0,15	0,55	2,42	1020	< 1
SUP1-m	29/04/2024	APPLICA	2510	8,28	< 5	19,2	0,35	0,84	1,75	604	< 1
P1	03/08/2024	APPLICA	2670	8,05	< 5	23,7	0,24	< 0,02	66	390	< 1
P2	03/08/2024	APPLICA	2370	7,99	< 5	23,6	0,21	0,02	43	420	< 1
P3	03/08/2024	APPLICA	2100	8,09	< 5	23,4	0,34	0,06	2,8	400	< 1

P4	03/08/2024	APPLICA	2020	7,96	< 5	20,5	0,21	< 0,02	2,4	520	< 1
SUP1	03/08/2024	APPLICA	1180	8,15	< 5	22,2	0,15	0,42	0,85	290	< 1
SUP2	03/08/2024	APPLICA	860	8,11	< 5	23	0,11	0,49	0,38	160	< 1

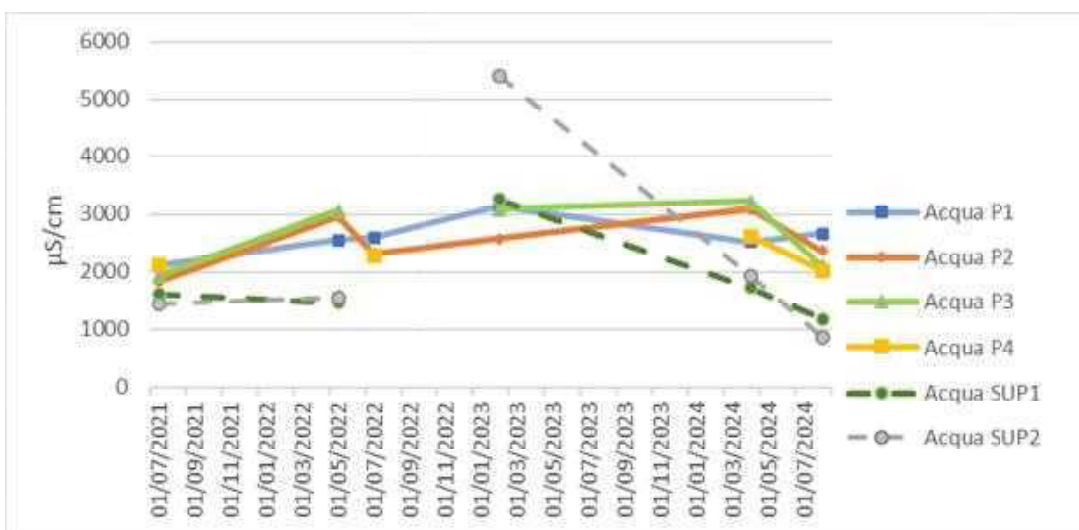
Il sito indicato in tabella come *SUP1-m* rappresenta un ulteriore punto di prelievo, ubicato circa 100 m a monte di quello previsto in progetto (SSF1 – ACQUESUP1), in cui si è deciso di prelevare un campione di acqua, il 29 aprile 2024. Ciò è stato fatto a causa della forte concentrazione algale e di sedimento in sospensione in SSF1 – ACQUESUP1; si è ritenuto, infatti, che tale anomala situazione potesse influenzare le risultanze analitiche. Di fatto, l'unica variazione di rilievo riscontrata ha interessato il parametro COD (domanda chimica di ossigeno), quasi raddoppiato: da 19,2 a 38,2 mg/L di O₂.

Vi è altresì da segnalare che, in APPLICA, tutti i siti hanno potuto essere regolarmente campionati due volte; questo non è, talvolta, avvenuto nel GO precedente, a causa di problemi contingenti (per es. rottura accidentale di piezometri durante le normali attività di gestione delle colture).

Di seguito si riporta una breve analisi dei valori riscontrati, parametro per parametro.

Conducibilità elettrica (ECw) – L'appezzamento studiato si trova in un ambiente di piana costiera, nel quale è normalmente presente una certa salinità, sia nella sottostante falda freatica, sia nei canali. A partire dalla primavera, però, il locale Consorzio di Bonifica apporta acque di miglior qualità da Po, le quali contribuiscono a ridurre la concentrazione salina nelle acque dei canali e consentono l'irrigazione delle colture. Indirettamente, anche la falda salina ne è influenzata, sia per infiltrazione laterale da parte delle acque dei canali, sia per percolazione di quelle irrigue, all'interno del permeabile suolo sabbioso. All'inizio dell'autunno cessa il prelievo dal Po e la salinità torna lentamente ad aumentare.

Come si vede nel grafico successivo, la conducibilità elettrica riscontrata nel corso delle analisi riflette, in parte, questo andamento stagionale.



Variazione della conducibilità elettrica nelle acque dei piezometri e nei canali nel corso del periodo di monitoraggio 2021-2024.

Per quanto riguarda i due canali (linee grigie tratteggiate) è da notare, in particolare, come, in inverno (analisi dello 08/02/2023), sia possibile raggiungere valori anche superiori ai 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, che possono decrescere fin sotto i 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nel pieno della stagione irrigua (Acqua SUP2: 860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ il 03/08/2024), quando è massimo l'apporto di acque da Po. La falda freatica risulta più stabile, con oscillazioni di minor intensità ricadenti attorno ad una fascia fra i 2000 ed i 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con valori minori ovviamente durante l'estate (per es. P3 3230 $\mu\text{S}/\text{cm}$ il 29/04/2024 e 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ il 03/08/2024). Anche se in ambito agricolo non sono presenti disposizioni specifiche riguardanti l'uso irriguo delle acque, tuttavia, per quanto riguarda il parametro conducibilità elettrica, si ritengono acque di scarsa qualità quelle di valore $> 2500 \mu\text{S}/\text{cm}$, limite oltre il quale diverse colture, fra le quali molte orticole, soffrono un sensibile calo di produzione.

pH – Tutti i valori si assestano fra le classi debolmente (7,4-7,8) e moderatamente (7,9-8,4) alcalina. Non si riscontrano pertanto particolari limitazioni, né in relazione ad acque particolarmente acide ($< 5,5$) né fortemente alcaline ($> 8,4$), le quali potrebbero essere, talvolta, legate a fenomeni di sodicità.

BOD5 – La domanda biologica di ossigeno è un indicatore del potenziale carico inquinante presente nelle acque ed è uno dei principali utilizzati nella valutazione delle acque reflue. Per quanto riguarda il monitoraggio, solo in cinque campioni il valore osservato è risultato maggiore del limite di quantificazione analitico e comunque mai all'interno del GO APPLICA. In particolare, fra i cinque campioni citati, solo in un caso si è anche ecceduto il limite stabilito nel D. Lgs 152/2006 – All. 5 – Tab. 3, per quanto riguarda lo scarico in acque superficiali (56 mg/L di O₂ riscontrati nel P1 il 05/07/2022, contro un limite di 40 mg/L di O₂). Un solo valore sui 34 del monitoraggio triennale induce, pertanto, a ritenere che problemi di questo tipo risultino sporadici.

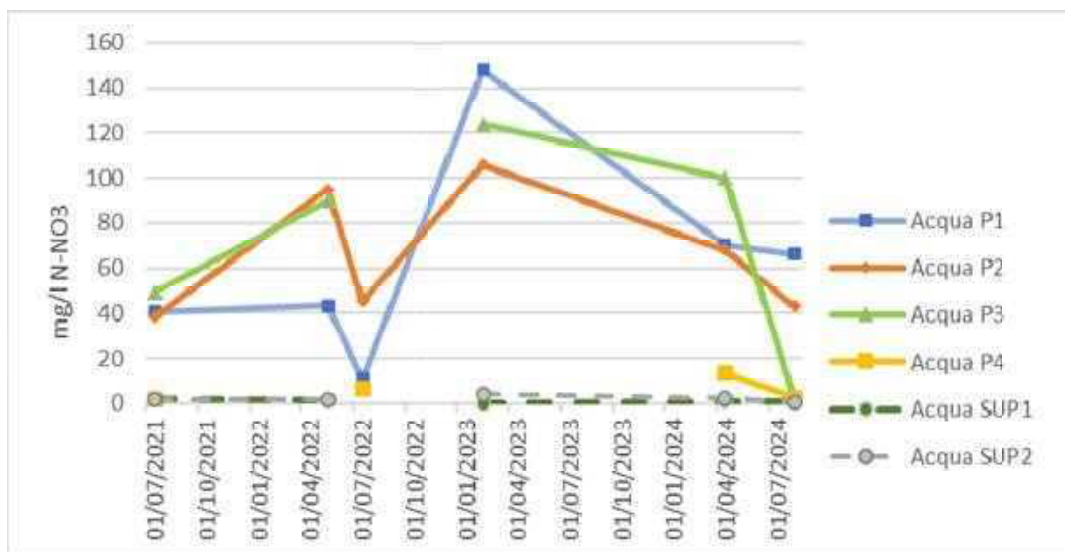
COD – Analogamente al BOD5, rappresenta un indicatore del potenziale carico inquinante presente nelle acque, anche se l'ossidazione avviene per via chimica e non biologica. Sempre facendo riferimento alla Tab. 3 presente nel D. Lgs 152/2006 – All. 5, si riscontrano solo due campioni eccedenti il limite stabilito di 160 mg/L di O₂. Essi sono il già precedente citato campione prelevato dal P1 il 05/07/2022 (225 mg/L di O₂) e, sempre lo stesso giorno, il campione proveniente dal P3 (169 mg/L di O₂). Come per il precedente parametro, si ritiene che valori di questo tipo siano da ritenere sporadici.

Boro – I valori oscillano fra un minimo di 0,11 mg/l e un massimo di 0,95 mg/l, senza un trend ben definito. Le acque si situano, pertanto, sempre ben al di sotto del limite di 2 mg/l stabilito nel D. Lgs 152/2006 – All. 5, Tab.3.

Azoto ammoniacale (N-NH₄) – Valori spesso sotto il limite di quantificazione (0,02 mg/l); solo in quattro campioni risultano maggiori di 1 mg/l, con un massimo di 3,16 mg/l il 08/02/2023 riscontrato in acque superficiali (SSF1 – ACQUESUP2). Essi si situano, comunque, ben al di sotto del limite di 15 mg/l stabilito nel D. Lgs 152/2006 – All. 5, Tab.3.

Azoto nitrico (N-NO₃) – Per quanto riguarda questo parametro, sussistono chiare differenze fra i valori osservati nelle acque superficiali e all'interno della falda freatica. Nei due punti di prelievo SSF1 – ACQUESUP1 e SSF1 – ACQUESUP2, infatti, i valori di azoto nitrico risultano decisamente bassi, situandosi talvolta sotto il limite di quantificazione ($< 0,1 \text{ mg/l}$) e raggiungendo un massimo

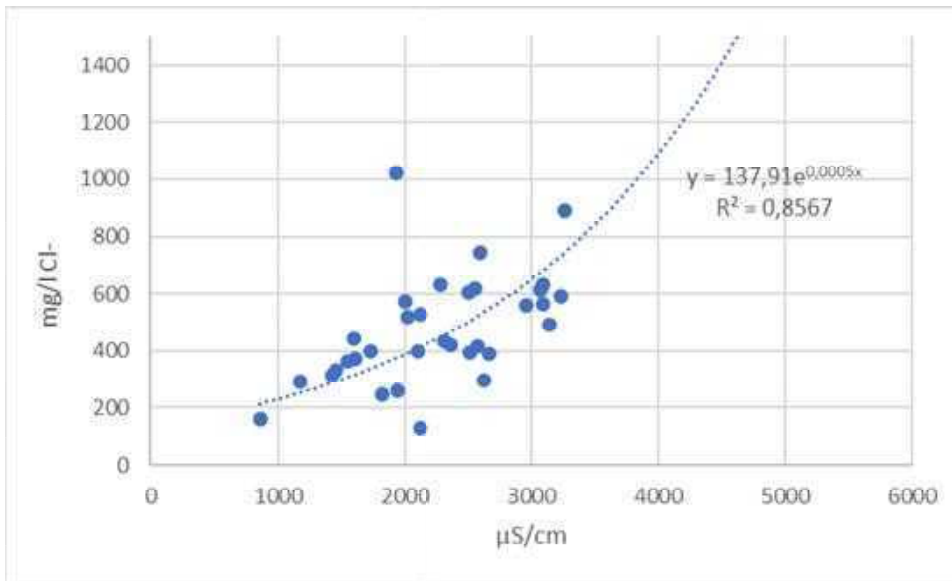
di 3,96 mg/l (in data 08/02/2023). Viceversa, le acque di falda presentano mediamente valori attorno ai 40 mg/l, con evidenti variazioni stagionali (valori solitamente più bassi nel periodo estivo). L'andamento del parametro nel triennio di monitoraggio è chiaramente rappresentato nel grafico successivo.



Variazione della concentrazione di azoto nitrico nelle acque dei piezometri e nei canali nel corso del periodo di monitoraggio 2021-2024. L'assenza di linee di raccordo, come ad es. in P4, è da riferirsi alla mancanza di campionamenti, causati da eventi quali l'accidentale danneggiamento di piezometri.

Nell'ambito dei quattro piezometri, il P4 è stato quello che ha fornito campioni di acque coi più bassi valori di azoto nitrico nel corso di tutti i campionamenti (fra 1,86 e 13,5 mg/l), mentre non sono osservabili differenze di rilievo fra gli altri tre (P1 – media 63,2 mg/l; P2 – media 65,9; P3 – media 73,2 mg/l). Di conseguenza, le acque di falda prelevate in questi ultimi tre piezometri superano quasi sempre il limite di 20 mg/l stabilito nel D. Lgs 152/2006 – All. 5, Tab.3.

Cloruri – Lo ione cloruro rappresenta il principale componente di una buona parte dei sali disciolti nell'acqua marina e nell'adiacente falda freatica costiera. La sua concentrazione è quindi in diretta relazione con la conducibilità elettrica misurata nei campioni, come si evince anche dal grafico successivo.



Relazione fra la concentrazione in Cloruri (mg/l Cl-) e conducibilità elettrica (µS/cm) nelle acque campionate nel corso del periodo di monitoraggio 2021-2024. Per efficacia di rappresentazione, non è osservabile un unico valore notevolmente fuori scala (3650 mg/l Cl-), ma se ne è ovviamente tenuto conto nella riproduzione della retta di tendenza e nel calcolo del coefficiente di determinazione (R^2).

Il massimo valore osservato di cloruri è di 3650 mg/l e è relativo al campione di SSF1 – ACQUESUP2 del 08/02/2023, ossia in pieno periodo invernale, quando i canali non sono ancora invasati con acqua di Po e prevale quindi il movimento verso terra delle acque del cuneo salino. In tale campione è stata ovviamente riscontrata anche la massima conducibilità elettrica: 5390 µS/cm. Tutti gli altri campioni prelevati presentano valori inferiori ai 1200 mg/l, il quale rappresenta il limite indicato nel D. Lgs 152/2006 – All. 5, Tab.3.

Fosfati (P-PO4) – In quasi tutti i campionamenti tale parametro è risultato inferiore al limite di quantificazione (<1 mg/l). Solamente nella prima data di monitoraggio (14/07/2021), è stata riscontrata, in tutti i punti di prelievo, una concentrazione variabile fra gli 8,9 ed i 20,4 mg/l.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività.

2.2.4 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia media	monitoraggio del suolo e delle acque	43,00	109	4.687,00

	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	monitoraggio del suolo e delle acque	27,00	364	9.828,00
				Totale:	14.515,00

2.5.3 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze - società

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo	
		4.500,00	prove di conducibilità idraulica	4.500,00	
Gruppo C.S.A. S.p.A.		1.593,00	analisi suolo routinarie	1.652,00	
Gruppo C.S.A. S.p.A.		672,00	analisi acque	728,00	
Gruppo C.S.A. S.p.A.		192,00	analisi sostanza organica	192,00	
Gruppo C.S.A. S.p.A.		135,00	analisi densità apparente e umidità	135,00	
Pedonlab		1.020,00	estratto acquoso	1.020,00	
				Totale	8.227,00

2.1.5 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.3 - SERVIZIO SUOLO: SERVIZIO PILOTA PER CONDIVIDERE LE CONOSCENZE PEDOLOGICHE E LE SOLUZIONI TECNICHE PER MANTENERE IL SUOLO IN SALUTE

Unità aziendale responsabile: I.ter

È stato attivato un Servizio Pilota che è stato dedicato, vista l'eccezionalità dell'evento, a supportare le scelte tecniche di buona gestione nei frutteti e seminativi interessati da alluvioni e depositi di fango nel maggio 2023. In tale contesto I.TER e RI.NOVA hanno avviato il Gruppo di Lavoro "Emergenza Terreni Alluvionati" composto da ricercatori, agricoltori e tecnici. Esso ha eseguito, durante l'estate 2023, sopralluoghi e incontri tecnici in campo nelle aree interessate dall'alluvione di maggio 2023. Hanno partecipato al confronto i tecnici di I.Ter, Ri.Nova, Astra Innovazione e Sviluppo, Agrintesa, Apoconerpo, Granfrutta Zani, Apofruit, Consorzio Agrario di Ravenna, OP Grandi Colture Italiane, FINAF, Promosagri, CAB Massari, CAB Bagnacavallo, CAA Legacoop, Legacoop Romagna, Coprob, ricercatori dell'Università di Bologna e dell'Università Politecnica delle Marche e funzionari regionali.

In particolare, sono state visitate aziende collocate in situazioni differenti sia per il tipo di sedimenti depositati (spessore e tessitura), che per l'altezza e durata dell'alluvione. I confronti in campo hanno consentito di verificare collegialmente lo stato di salute dei suoli e delle piante per avviare un percorso di confronto e condivisione in merito alle migliori tecniche di gestione del suolo e delle piante da attivare per i diversi usi del suolo degli appezzamenti colpiti dall'alluvione: frutticolo, vitivinicolo e seminativi (orticolo e grandi colture).

Zone agricole indagate (RA e FC): dintorni di Faenza, Reda, Bagnacavallo, Conventello, Glorie, Conselice, zone contigue alla rotta del Lamone, Boncellino, zone del Cesenate contigue alla rotta del Savio.

Sopralluoghi tecnici:

maggio 2023;
giugno 2023;
giugno 2023;
giugno 2023;
luglio 2023.

Incontri collegiali:

luglio 2023;
agosto 2023;
agosto 2023.

I sopralluoghi e incontri in campo hanno consentito di riconoscere le seguenti situazioni differenti per spessore del deposito e durata della sommersione:

- Aree interessate dal deposito di sedimenti spessi da 1 a 3 cm e da allagamento durato al massimo 7 giorni;

- Aree interessate dal deposito di sedimenti spessi da 3 a 20 cm e da allagamento durato al massimo 7 giorni;
- Aree interessate dal deposito di sedimenti con spessore < 5 cm e da allagamento durato da 7 a 20 giorni;
- Aree golenali interessate da sedimenti di vario spessore e fenomeni di erosione.

Sono stati elaborati documenti che riportano la sintesi delle riflessioni espresse e condivise durante i sopralluoghi e gli incontri tecnici svolti in campo. L'obiettivo di tale sintesi è stato quello, non solo di mantenere traccia delle osservazioni e considerazioni emerse, ma anche di poterle divulgare a un pubblico più ampio.

Le condizioni sullo stato di salute del suolo alluvionato e della pianta sono state in parte indagate nel sito monitorato ai fini dell'Azione 3.2 presso l'azienda Riccardo Ballardini (BAL), ma andranno ulteriormente verificate con il tempo e con ulteriori confronti in campo, nonché con specifici monitoraggi.

Gli elaborati prodotti, disponibili su <https://rinova.eu/it/news/aggiornamenti-tecnici-emergenza-terreni-alluvionati/> e sulla pagina dedicata al Progetto, sono stati i seguenti:

- Considerazioni tecniche di gestione dei suoli alluvionati derivanti dai vari incontri eseguiti in campo
- Allegato 1 – Atlante fotografico delle principali situazioni riscontrate in campo durante i sopralluoghi e gli incontri tecnici.
- Allegato 2 – Carta della localizzazione degli impianti di digestione anaerobica e degli impianti di compostaggio in relazione alla dotazione in sostanza organica dei suoli della pianura emiliano-romagnola stato 0-30 cm, utile per chi volesse integrare sostanza organica stabilizzata nei sedimenti e pertanto nel futuro strato superficiale lavorato. Questo allegato è collegato con quanto prodotto all'interno del GO SOSFERA.

Lo scambio e l'organizzazione degli incontri è avvenuto tramite chat organizzate in whatsapp ma per tenere in memoria il materiale disponibile sulle informazioni pedologiche disponibili oltre a quelle prodotti all'interno del GO APPLICA è stato creato un canale "INFOSUOLO" utilizzando la piattaforma TELEGRAM. Si tratta di un'applicazione gratuita di messaggistica istantanea. In esso sono stati caricati i documenti riferiti a diverse tematiche quali:

- Gli esperti rispondono
- Suolo e alluvione 2023
- Biodiversità
- Gestione del suolo
- Suolo e fertilizzazione
- Suolo e pianta
- Suolo e sequestro di carbonio

Il Link utile ad apprendere le varie funzioni dell'app è il seguente: <https://telegram.org/faq/it>

Di seguito si riportano le istruzioni fornite per accedere a INFOSUOLO su TELEGRAM

INFOSUOLO perché nasce e come si usa

INFOSUOLO è un gruppo nato con lo scopo di offrire un servizio utile per consentire a tecnici ed agricoltori di potersi confrontare su una piattaforma di messaggistica istantanea fruibile nell'immediato.

Sono state create diverse sezioni di approfondimento ("topic"), ovvero temi di discussione all'interno dei quali è già possibile visionare del materiale bibliografico messo a disposizione dagli esperti. La sezione "gli esperti rispondono" è lo spazio dedicato al confronto, in cui i membri partecipanti potranno formulare delle domande attinenti alle tematiche sopra citate.

Chiunque voglia porre una domanda dovrà prima presentare la categoria di appartenenza (es. Tecnico, agricoltore, studente ecc.) e poi esporre il quesito nella maniera più chiara e completa possibile, gli esperti in breve tempo risponderanno.

Il confronto tra i partecipanti è cosa gradita, alle conversazioni sarà presente un amministratore che fungerà da mediatore se fosse necessario. Saranno stabilite modalità e tempistiche per affrontare ogni tematica e garantire un servizio efficace.

Non sarà possibile condividere materiali, contenuti, file audio e video, senza previa autorizzazione dei membri amministratori. Ciò è voluto non per "irrigidire" il confronto ma per mantenere un ordine di conversazione che non appesantisca l'arrivo eccessivo di messaggi

Periodicamente verranno effettuati aggiornamenti all'interno dei topic, creando nuovi contenuti e caricando materiali e file; inoltre, sarà possibile interagire tramite sondaggi e quiz che verranno proposti con lo scopo di introdurre tematiche di interesse comune da affrontare e curiosità.

*Per accedere al gruppo **INFOSUOLO** è necessario disporre dell'applicazione **TELEGRAM**, verrà fornito un link d'invito. Solo chi possiede il link d'invito potrà accedere al gruppo ed interagire con gli esperti per poter porre domande, confrontarsi e visionare i contenuti condivisi.*

Al fine di garantire e tutelare la privacy dei partecipanti, chiediamo di svolgere le seguenti azioni preliminari all'interno dell'applicazione.

*Una volta dentro all'applicazione cliccare sul pulsante con le **linee in orizzontale** collocato in alto a sinistra e seleziona la voce **Impostazioni** dal menu che compare, scegliere **Privacy e sicurezza** > **Numero di telefono** > Impostare "Nessuno" sotto la voce **chi può vedere il mio numero**.*

Come si installa Telegram su Android

*Per **installare l'app**, ti basta aprire il [Play Store](#), cercare "**telegram**", premere sull'**icona** dell'app (un aereo di carta su sfondo azzurro, come da immagine sotto) e fare tap sul pulsante **Installa**. Dopodiché, partiranno in automatico **download** e **installazione**.*



Icona applicazione da scaricare

Come si installa Telegram su iPhone

Per **installare l'app**, ti basta aprire l'[App Store](#), cercare "**telegram**", premere sull'**icona** dell'app (un aereo di carta su sfondo azzurro, come da immagine sotto) e fare tap sul pulsante sul pulsante **Ottieni**; se richiesto, verifica la tua **identità** mediante Face ID, Touch ID o password dell'ID Apple. Così facendo, verranno effettuati in automatico download e installazione.

ATTENZIONE: Una volta scaricato Telegram, puoi accedere con il link di accesso inviato.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e integrati/adattati a seguito dell'emergenza alluvione 2023; non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività.

2.2.5 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	servizio suolo	27,00	128	3.456,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	servizio suolo	43,00	130	5.590,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	servizio suolo	27,00	164	4.428,00
Totale:					13.474,00

2.1.6 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.4 - MONITORAGGIO DELLE RISPOSTE VEGETO-PRODUTTIVE E DELLE TECNICHE CULTURALI IN CORRELAZIONE ALLE CONDIZIONI DI FERTILITÀ DEL SUOLO

Unità aziendale responsabile: Astra Innovazione e Sviluppo

In questa Azione sono stati svolti i monitoraggi negli altri 3 siti dimostrativi, oltre a quanto previsto in AZIONE 3.1 per l'azienda Deltabio.

1) Monitoraggio risposte vegetative e fitosanitarie

Materiali e metodi

Per quanto riguarda l'attività di monitoraggio sullo stato nutrizionale delle piante in funzione della fertilità del suolo e gestione dello stesso, le caratteristiche degli impianti sono i seguenti: pero, zona Boncellino (Bagnacavallo-RA), in territorio alluvionato, varietà Abate su franco; pesco, localizzato nella pianura faentina, non danneggiato dall'alluvione 2023, varietà Flaminia. Rispetto a quanto preventivato nel protocollo di progetto, è stato scelto il pero, alluvionato, anziché il kiwi, in quanto si è ritenuto più utile monitorare lo stato nutrizionale della coltura in funzione dell'evento calamitoso. Entrambi i frutteti sono a gestione integrata; i rilievi vegetativi, svolti a cadenza mensile, sono stati SPAD, analisi nutrizionale fogliare, sia metodologia ufficiale da laboratorio che kit rapido (Aquatwin) e valutazione dello stato fitosanitario. La misurazione dello SPAD è stata svolta a random all'interno dei due frutteti, con la pinzatura di 80 foglie. Con il kit rapido sono state fatte quattro misurazioni per ogni campione fogliare, in modo tale da avere un numero sufficiente di dati per l'analisi statistica. L'appezzamento di frumento era localizzato in zona pedecollinare piacentina, vicino a Castell'Arquato (località S. Antonio); in una metà dello stesso è stato distribuito compost in pre-semina (30 ton/ha), mentre nell'altra sono state distribuite le stesse unità azotate con urea. Sul frumento sono stati condotti SPAD, NDVI e analisi nutrizionale con metodologia ufficiale da laboratorio. Per avere un numero sufficiente di dati funzionale all'analisi statistica, all'interno di ogni parcellone (con compost-senza compost), sono stati identificati 4 punti come aree di saggio (ESU) e in ognuna di esse sono state svolte quattro misurazioni, ovvero 4 repliche. Per la misurazione dello SPAD sono state pinzate 20 foglie ogni replica, pertanto 80 foglie ad ESU. Analogamente per l'NDVI sono state eseguite 4 misurazioni per ogni area di saggio. Per l'analisi fogliare, le foglie sono state prelevate all'interno delle ESU. I rilievi sono stati eseguiti in 4 momenti del ciclo colturale: accestimento (28 gennaio 2023), levata (27 marzo 2023), antesi (28 aprile 2023), maturazione cerosa (24 maggio 2023). L'analisi statistica è stata svolta con il test di Duncan ($p < 0,05$); a lettere differenti corrispondono differenze statisticamente significative.

Risultati

Pesco

La tabella sottostante (tab. 16) riporta i valori dello SPAD durante la stagione vegetativa del **pesco**. Si può osservare una certa stabilità dello SPAD tra i quattro momenti del rilievo; le leggere differenze sono dovute molto probabilmente alla variabilità di campo.

Data rilievo	Spad
30/06/2023	34,53
08/08/2023	43,98
20/09/2023	46,58
12/10/2023	49,95

Tabella n.16: SPAD pesco.

Le tabelle e i grafici seguenti (tab. 17, 18, 19, graf.) mostrano i risultati delle analisi fogliari, di laboratorio, del pesco, suddivisi in: macroelementi, mesoelementi e microelementi. Interessante notare la riduzione di concentrazione fogliare dell'azoto, potassio e calcio negli ultimi due campionamenti stagionali. Tale riduzione è dovuta alla loro mobilizzazione verso il frutto e la radice, in quest'ultima per costituire la riserva energetica necessaria per la ripresa vegetativa. Per gli altri elementi nutritivi non si sono riscontrate particolari fluttuazioni nel corso della stagione vegetativa.

Data	Azoto %	Azoto nitrico %	Fosforo %	Potassio %
30/06/2023	4,035	0,0130	0,393	1,460
08/08/2023	3,220	0,0003	0,030	1,408
20/09/2023	3,750	0,0210	0,023	0,889
12/10/2023	3,280	0,0165	0,023	0,841

Tabella n.17: Analisi fogliari pesco da laboratorio (macroelementi).

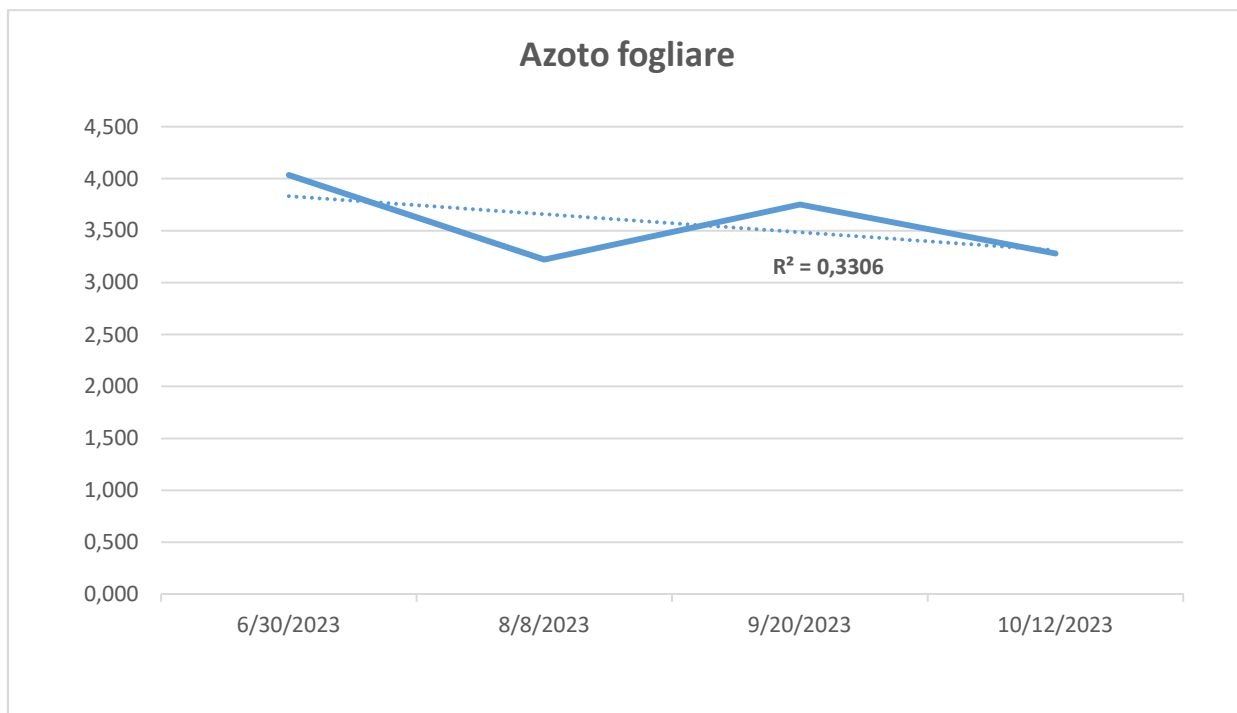


Grafico n.10: Andamento dell'azoto fogliare nel pesco.

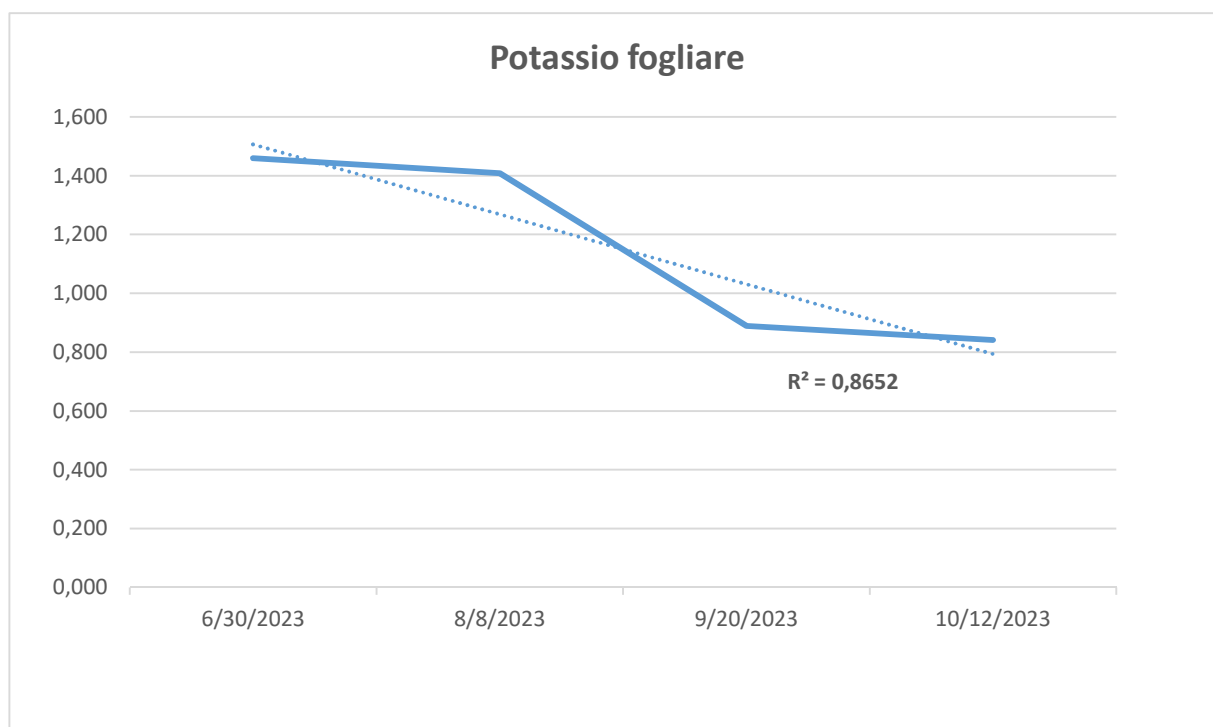


Grafico n.11: Andamento del potassio fogliare nel pesco.

Data	Calcio %	Magnesio %	Sodio %	Zolfo %
30/06/2023	0,999	0,356	0,022	0,240
08/08/2023	0,383	0,286	0,012	0,019
20/09/2023	0,342	0,281	0,010	0,019
12/10/2023	0,341	0,271	0,006	0,019

Tabella n.18: Analisi fogliari pesco da laboratorio (mesoelementi).

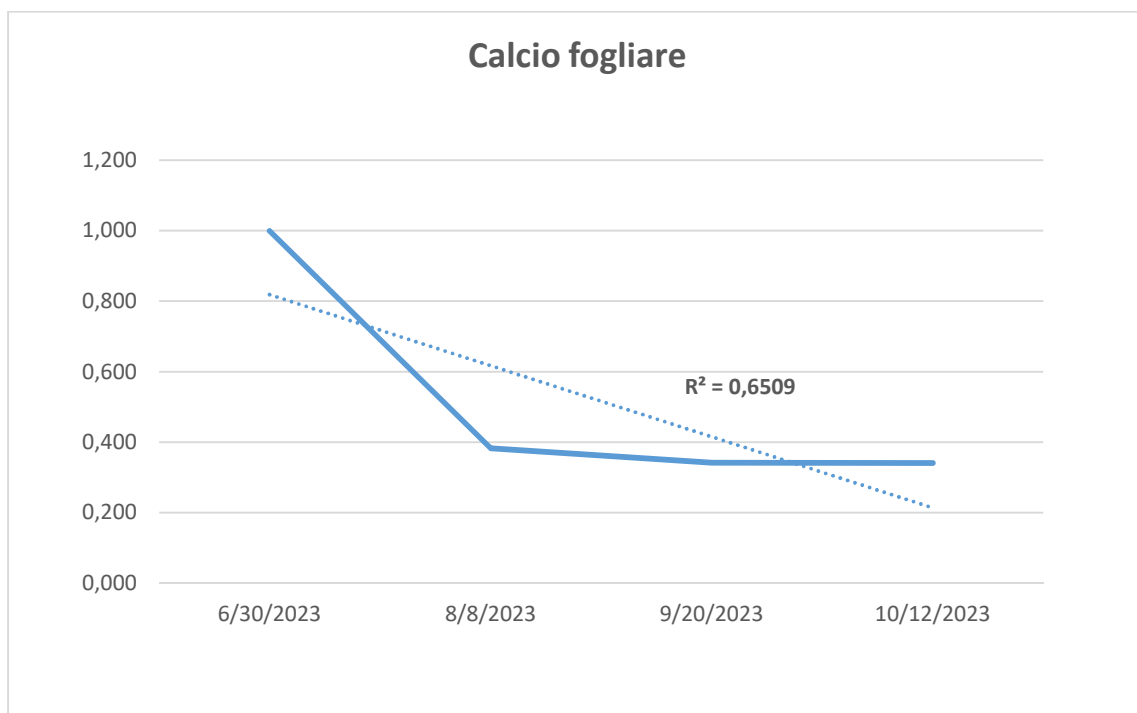


Grafico n.12: Andamento del calcio fogliare nel pesco.

Data	Boro ppm	Ferro ppm	Manganese ppm	Rame ppm	Zinco ppm
30/06/2023	32,50	86,30	46,90	12,80	44,40
08/08/2023	24,90	118,00	48,20	8,47	34,90
20/09/2023	26,60	209,00	51,70	14,50	25,50
12/10/2023	22,70	289,00	43,60	197,00	18,50

Tabella n.19: Analisi fogliari pesco da laboratorio (microelementi).

Nella tabella successiva (tab. 20) si riportano le analisi nutrizionali fogliari del pesco, eseguite con il kit rapido (LAQUATWIN). I nitrati hanno un'oscillazione piuttosto marcata, in quanto molto mobili all'interno della pianta, mentre il potassio tende a ridursi negli ultimi due rilievi stagionali in quanto traslocato nei frutti. Il calcio e il sodio hanno una concentrazione costante, con qualche lieve oscillazione probabilmente dovuta alla variabilità di campo. Inoltre, si riportano due tabelle (tab. 21-22) che mostrano la correlazione delle analisi fogliari con le due metodologie. Si è osservata una buona correlazione per i nitrati e il potassio (valore R^2 medio-alto), mentre per il calcio e il sodio non si è mostrata altrettanto evidente. Per quanto riguarda lo stato fitosanitario della coltura non si sono manifestate particolari problematiche nel corso della stagione vegetativa 2023, con sporadica presenza di raghetto rosso (*Tetranychus urticae*) e oidio (*Sphaerotheca pannosa var. persicae* e *Oidium leucoconium*), dovuti alle elevate temperature e alle scarse precipitazioni dell'estate 2023.

Data	Nitrati ppm	Potassio ppm	Calcio ppm	Sodio ppm
30/06/2023	2200	4600	2500	89
08/08/2023	2100	5000	3000	110
20/09/2023	5400	3850	2800	130
12/10/2023	3500	3600	2300	140

Tabella n.20: Analisi fogliari pesco con kit rapido (Laquatwin).

	Laboratorio	Aquatwin	Laboratorio	Aquatwin
Data	Azoto nitrico %	Azoto nitrico ppm	Potassio %	Potassio ppm
30/06/2023	0,0130	2200	1,46	4600,00
08/08/2023	0,0003	2100	1,41	5000,00
20/09/2023	0,0210	5400	0,89	3850,00
12/10/2023	0,0165	3500	0,84	3600,00

Tabella n.21: Correlazione analisi nutrizionali fogliari pesco tra laboratorio e kit rapido (Laquatwin).

	Laboratorio	Aquatwin	Laboratorio	Aquatwin
Data	Sodio %	Sodio ppm	Calcio %	Calcio ppm
30/06/2023	0,02	89	0,999	2500

08/08/2023	0,01	110	0,383	3000
20/09/2023	0,01	130	0,342	2800
12/10/2023	0,01	140	0,341	2300

Tabella n.22: Correlazione analisi nutrizionali fogliari pesco tra laboratorio e kit rapido (Laquatwin).

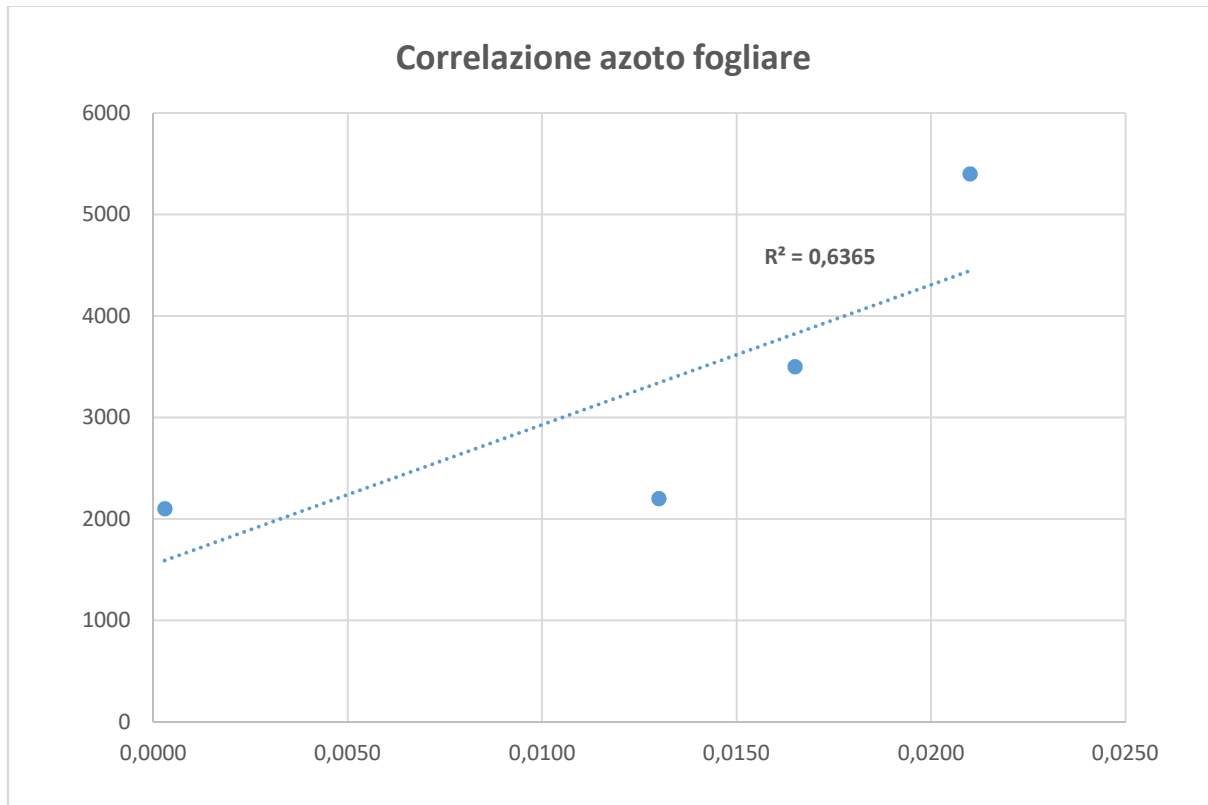


Grafico n.13: Correlazione azoto fogliare pesco tra kit rapido e laboratorio.

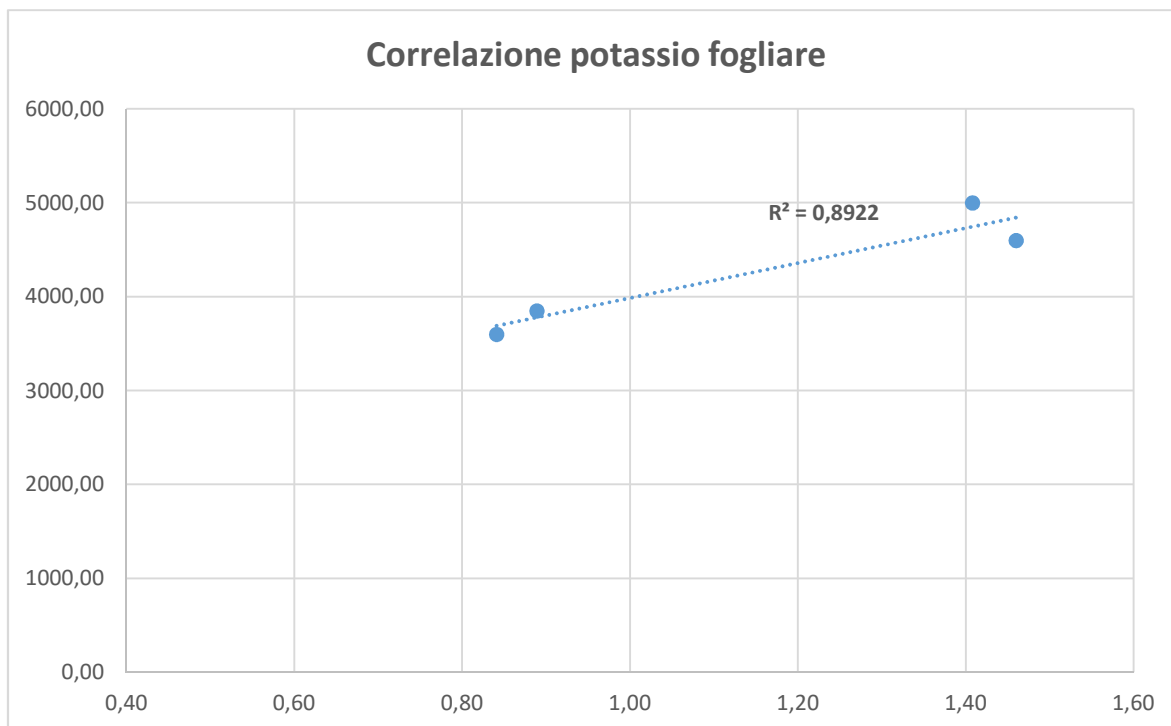


Grafico n.14: Correlazione potassio fogliare pesco tra kit rapido e laboratorio.

Pero

Continuando nella disamina dei risultati, le tabelle e i grafici successivi riportano i dati del **pero**. La tabella sottostante (tab. 23) riporta lo SPAD, eseguito in tre momenti nel corso della stagione vegetativa 2023. Si può notare che il valore dello SPAD rimane stabile in tutti i rilievi, con una lieve oscillazione dovuta alla variabilità di campo.

Data	Spad
09/08/2023	46,55
20/09/2023	46,78
12/10/2023	44,45

Tabella n.23: SPAD pero.

Per quanto riguarda le analisi fogliari del pero, successivamente sono riportati i risultati delle stesse. Sono state eseguite tre analisi da laboratorio, corrispondenti ai tre momenti di campionamento fogliare. Si può osservare la riduzione delle concentrazioni di azoto e potassio

(tab. 24, graf. 15-16) in settembre e ottobre, in quanto traslocati ai frutti e alla radice, in quest'ultima per costituire la riserva energetica per la ripresa vegetativa.

Data	Azoto totale %	Fosforo %	Potassio %
09/08/2023	2,21	0,026	0,82
20/09/2023	2,02	0,019	0,78
12/10/2023	1,88	0,020	0,76

Tabella n.24: analisi nutrizionali pero da laboratorio (macroelementi).

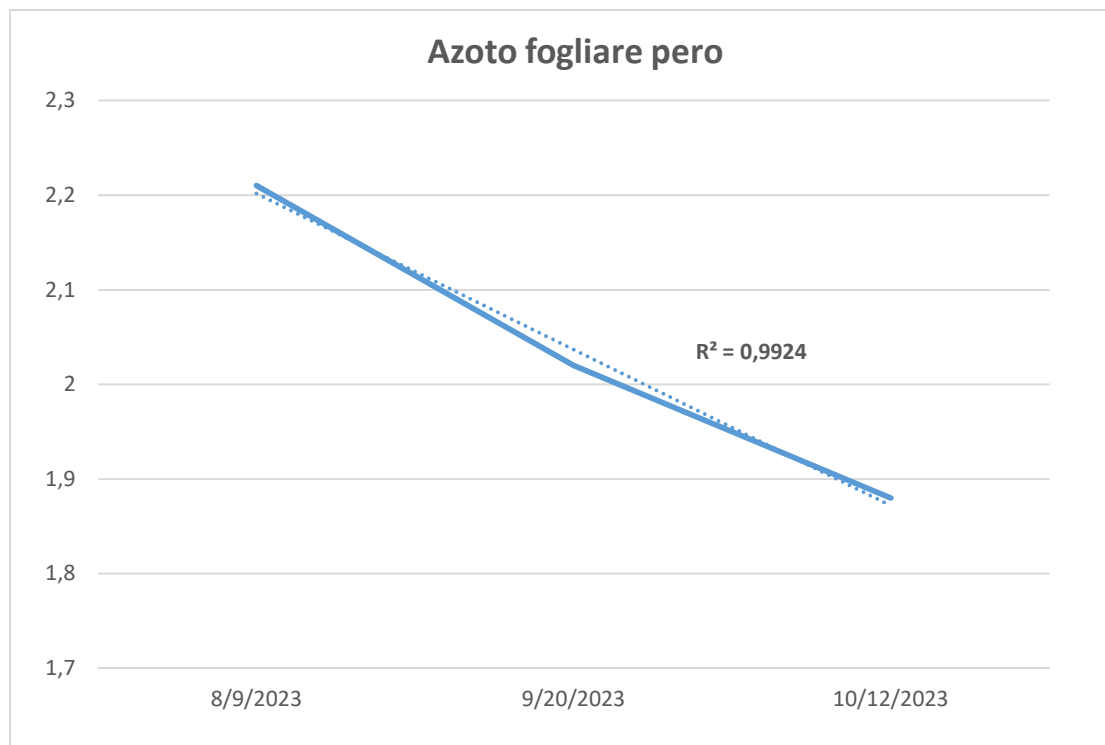


Grafico n.15: andamento azoto fogliare pero.

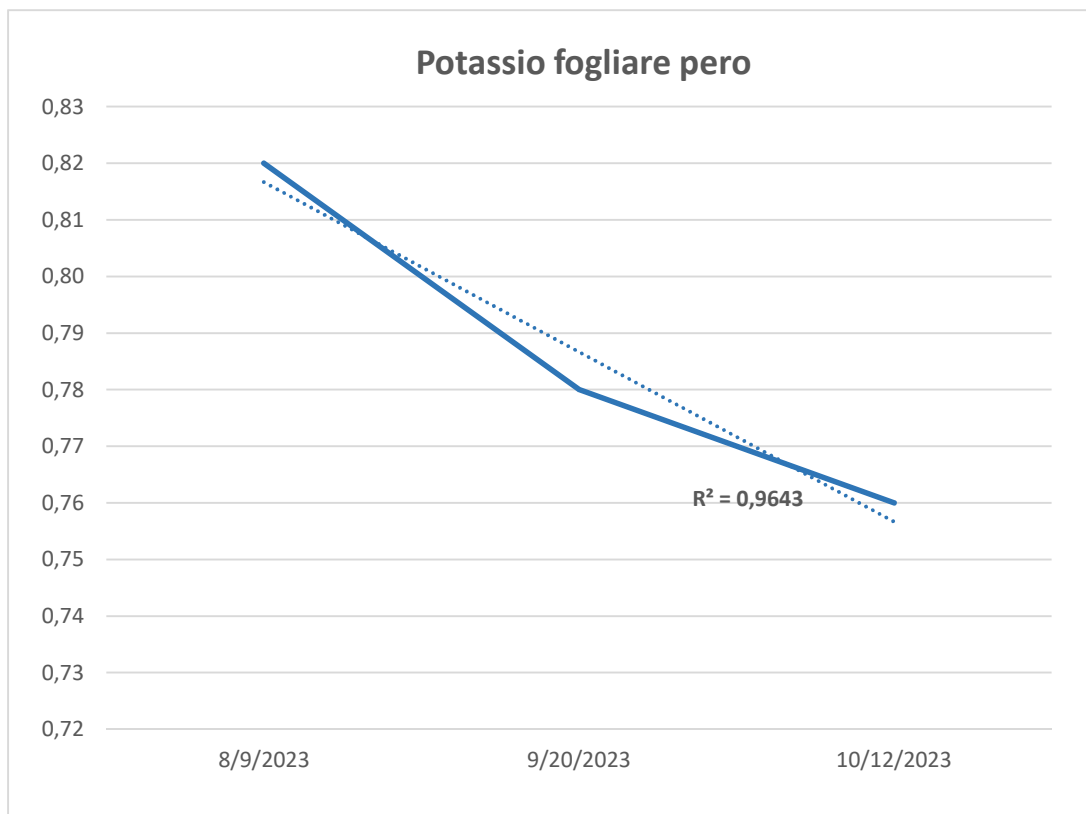


Grafico n.16: andamento potassio fogliare pero.

I mesoelementi e microelementi hanno mostrato una stabilità di concentrazione nel corso della stagione, salvo piccole oscillazioni dovute alla variabilità di campo (tab.25-26).

Data	Sodio %	Zolfo %	Calcio %	Magnesio %
09/08/2023	0,034	0,018	0,32	0,23
20/09/2023	0,027	0,017	0,32	0,21
12/10/2023	0,026	0,017	0,32	0,21

Tabella n.25: analisi nutrizionali pero da laboratorio (mesoelementi).

Data	Boro ppm	Ferro ppm	Manganese ppm	Rame ppm	Zinco ppm
09/08/2023	25,7	243	23,9	595	22,8
20/09/2023	32,9	430	21,2	761	18,6
12/10/2023	28,9	545	29,5	865	23,8

Tabella n.26: analisi nutrizionali pero da laboratorio (microelementi).

Per quanto riguarda l'analisi nutrizionale fogliare del pero, mediante kit rapido (LAQUATWIN), non è tecnicamente riuscita, in quanto le foglie si sono mostrate troppo coriacee, per cui non è stato possibile estrarre il succo linfatico da sottoporre ad analisi. Pertanto, per questa specie arborea non risulta ottimale l'utilizzo del kit rapido per la diagnostica nutrizionale fogliare. Viste queste considerazioni, si è optato per un'analisi da laboratorio aggiuntiva rispetto a quanto preventivato nel protocollo di progetto, in modo tale da avere un quadro dell'andamento degli elementi nutritivi con maggiore valenza scientifica.

Fumento

Ultimo sito di monitoraggio è stato il frumento e di seguito si riportano i dati dei rilievi. Come si può osservare nella tabella sotto riportata (tab. 27), per i valori di SPAD e NDVI non ci sono differenze statisticamente significative tra le due tesi, in tutte le quattro date di rilievo. Si può osservare nell'ultima data di rilievo, 24 maggio 2023, la riduzione del valore del NDVI rispetto alla data precedente, in quanto la coltura iniziava ad entrare in senescenza (giallume). Per quanto riguarda la valutazione dell'emergenza, non è stata riscontrata nessuna differenza visibile tra le due tesi.

Data	Tesi	SPAD		NDVI	
24/01/2023	Compost	40,43	<i>a</i>	0,47	<i>a</i>
	Senza compost	40,4	<i>a</i>	0,45	<i>a</i>
27/03/2023	Compost	44,11	<i>a</i>	0,69	<i>a</i>
	Senza compost	44,04	<i>a</i>	0,69	<i>a</i>
28/04/2023	Compost	45,78	<i>a</i>	0,89	<i>a</i>
	Senza compost	45,12	<i>a</i>	0,89	<i>a</i>
24/05/2023	Compost	49,72	<i>a</i>	0,63	<i>a</i>
	Senza compost	51,35	<i>a</i>	0,65	<i>a</i>

Tabella n.27: SPAD e NDVI su frumento CIO.

Nelle tabelle successive (tab. 28, 29, 30) si riportano i risultati delle analisi nutrizionali fogliari del frumento, con metodologia da laboratorio. Le foglie sono state campionate il 24 maggio 2023, a maturazione cerosa della granella. Si può osservare l'assenza di differenza statisticamente significativa fra le due tesi, per tutti gli elementi nutritivi (macroelementi, mesoelementi, e microelementi).

Tesi	Azoto %		Fosforo %		Potassio %	
Compost	2,02	<i>a</i>	0,44	<i>a</i>	13,67	<i>a</i>
Senza compost	1,93	<i>a</i>	0,44	<i>a</i>	13,67	<i>a</i>

Tabella n.28: analisi nutrizionale fogliare frumento (macroelementi).

Tesi	Calcio %		Magnesio %		Sodio %		Zolfo %	
Compost	0,292	<i>a</i>	0,134	<i>a</i>	0,032	<i>a</i>	0,030	<i>a</i>
Senza compost	0,286	<i>a</i>	0,129	<i>a</i>	0,009	<i>a</i>	0,029	<i>a</i>

Tabella n.29: analisi nutrizionale fogliare frumento (mesoelementi).

Tesi	Boro ppm		Ferro ppm		Manganese ppm		Rame ppm		Zinco ppm	
Compost	3,09	<i>a</i>	95,75	<i>a</i>	54,95	<i>a</i>	5,72	<i>a</i>	18,20	<i>a</i>
Senza compost	3,36	<i>a</i>	92,80	<i>a</i>	58,55	<i>a</i>	9,10	<i>a</i>	16,85	<i>a</i>

Tabella n.30: analisi nutrizionale fogliare frumento (microelementi).

Per quanto riguarda l'analisi nutrizionale fogliare con il kit rapido (LAQUATWIN), analogamente alla situazione del pero, non è riuscita in quanto la foglia presenta poca linfa disponibile per l'estrazione e la successiva analisi strumentale.

Considerazioni finali

Partendo dalle due colture arboree, ovvero pesco e pero, la concentrazione degli elementi nutritivi fogliari è risultata buona, o comunque in linea con i valori da bibliografia (Thomas Kuster et al. 2017). Ci sono state delle oscillazioni durante la stagione vegetativa, specialmente per azoto, potassio e calcio negli ultimi campionamenti della stagione (settembre-ottobre), perché traslocati dalle foglie ai frutti e alla radice, in quest'ultima per costituire la riserva energetica necessaria per la ripresa vegetativa. Per quanto riguarda i valori dello SPAD, sono risultati sostanzialmente costanti durante la stagione vegetativa e comunque in linea con quelli riportati in bibliografia (Notiziario Tecnico Pero, 2010). Analizzando i valori nutrizionali rilevati con il kit rapido a confronto con la metodologia ufficiale da laboratorio, su pesco si è riscontrata un'ottima correlazione tra i due metodi diagnostici per l'azoto e il potassio. Questo è un ottimo risultato, in quanto per questi due macroelementi, azoto e potassio, il kit rapido (Laquatwin) può diventare uno strumento diagnostico efficace per il tecnico di campo per comprendere lo stato nutrizionale della pianta, quindi avere maggior controllo della fertilizzazione.

Per concludere, il frumento non ha mostrato differenze statisticamente significative dei dati rilevati tra i due trattamenti compost e minerale. A livello di stato nutrizionale fogliare, la concentrazione degli elementi nutritivi è risultata ottimale comparandola con dati di bibliografia (Sokrat Sinaj et al. 2017). Purtroppo l'analisi con kit rapido, analogamente come il pero, non è riuscita in quanto risulta particolarmente difficile l'estrazione di linfa fresca dalla foglia.

In sintesi, l'attività svolta nell'ambito del Progetto Applica ha messo in luce l'utilizzo in campo del kit rapido (Laquatwin) come strumento utile per orientare il tecnico, o l'agricoltore, nella pratica della fertilizzazione; ma altrettanto vero è l'insostituibile supporto della diagnostica fogliare con metodologia ufficiale di laboratorio.

E' auspicabile in futuro l'attivazione di ulteriori prove sperimentali, o comunque attività di monitoraggio, per affinare ulteriormente l'applicazione dei kit diagnostici rapidi, sotto diversi aspetti tecnici, come: tipologia di coltura (erbacea, arborea); cadenza o timing dei rilievi da effettuare nel corso della stagione vegetativa; numero di foglie da campionare per unità di superficie (ettaro); comprensione di eventuali correlazioni tra il dato e diverse metodologie di concimazione (fondo, di copertura, fertirrigazione, concimazioni fogliari, ecc.). Pertanto, l'attività svolta in questo progetto può essere una base di partenza molto importante per future sperimentazioni nell'ambito della nutrizione vegetale.

2) Monitoraggio delle tecniche colturali e loro sostenibilità ambientale

Ri.Nova ha provveduto al monitoraggio delle tecniche colturali applicate sugli stessi appezzamenti di frumento tenero, pesco e pero tramite degli appositi questionari di raccolta dati (informazioni aziendali e sulla produzione complessiva, caratteristiche impianto irrigazione e consumo d'acqua, consumi energetici per l'impianto e per le operazioni colturali, materiali in input per l'impianto e la coltivazione, rifiuti).

La raccolta di informazioni ha avuto la duplice funzione di:

- c) comprendere al meglio le interazioni suolo-pianta;
- d) individuare una serie di indicatori di sostenibilità ambientale dei sistemi produttivi, con particolare riguardo alle emissioni di GHG delle diverse pratiche adottate.

La metodologia di valutazione utilizzata per l'individuazione degli impatti ambientali è stata l'Analisi del Ciclo di Vita (LCA-Life Cycle Assessment).

I confini del sistema comprendono tutte le fasi del ciclo di vita dei prodotti agricoli, dalla culla al cancello delle aziende agricole.

Per il processo di coltivazione si è considerato:

- Impianto (colture frutticole)
- Semente (grano)
- Operazioni colturali
- Irrigazione
- Fertilizzanti e ammendanti

- Emissioni da uso di fertilizzanti
- Agrofarmaci

Per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il software di calcolo SimaPro (versione 8.5) e principalmente la banca dati LCA Ecoinvent v.3.

L'unità funzionale del sistema studiato (l'unità alla quale sono riferiti i calcoli) è l'unità di massa (kg di grano, pesche o pere t.q.).

Per il calcolo degli indicatori nella fase di analisi degli impatti (LCIA - Life Cycle Impact Assessment), si sono utilizzati i fattori di caratterizzazione CML-baseline, versione 3.05.

Per una breve descrizione dei principali indicatori secondo il metodo si rimanda all'azione 3.1.

I vari indicatori sono poi stati dettagliati secondo le categorie di impatto riportate nella tabella 31.

Tab. 31 – Modalità di suddivisione degli indicatori nelle diverse categorie di impatto

Classificazione	Descrizione
Impianto (frutticole)	Produzione materiali per infrastrutture e mezzi tecnici (pali, cavi, reti antigrandine, fertilizzanti, agrofarmaci). Rifiuti (infrastrutture, reti antigrandine, impianti irrigazione fissi). L'impatto di entrambe le voci è distribuito sulla durata stimata del frutteto.
Operazioni colturali	Consumi energetici per operazioni di coltivazione (lavorazioni terreno, semina, impianto, fertilizzazioni, potature, trinciature, diserbi, trattamenti fitosanitari, operazioni di raccolta, ecc.).
Irrigazione	Consumi energetici e consumo idrico per l'irrigazione.
Semente (grano)	Produzione della semente.
Fertilizzanti	Produzione industriale fertilizzanti e ammendanti.
Agrofarmaci	Produzione industriale agrofarmaci.
Emissioni da uso di fertilizzanti	Emissioni dirette e indirette di N ₂ O, NO, NH ₃ nella coltivazione.

Nelle tabelle 32 e 33 vengono riportate, rispettivamente, le caratteristiche salienti del campo monitorato a grano e degli appezzamenti a pesco e pero. Il campo a frumento vedeva due gestioni della fertilizzazione: compost e minerale. Si ricorda inoltre che il campo a pero è stato vittima dell'alluvione del maggio 2023.

Tab. 32 – I principali aspetti della tecnica colturale applicata nel campo a frumento tenero

Caratteristiche appezzamenti	Frumento tenero (2023) Castell'Arquato (PC)
Superficie (ha)	3,8

Varietà	Bologna
Resa produttiva 2023 (t/ha)	7,6 (compost) 7,4 (urea)
Input (principali)	
Semente (kg/ha)	220
Consumi per operazioni colturali (kg/ha gasolio)	196 (compost) 166 (urea)
Unità fertilizzanti N	ca. 180 300 q.li/ha compost RSU 390 kg/ha urea
Quantità fitofarmaci (kg/ha)	1,03
Sottoprodotti (t/ha)	Paglia 6,22 (controllo) 6,38 (compost)

Tab. 33 – I principali aspetti della tecnica colturale applicata alle due frutticole

Caratteristiche appezzamenti	Pero (campo alluvionato)	Pesco
Produzione integrata	Bagnacavallo (RA)	Faenza (RA)
Superficie (ha)	1,2	1,18
Varietà	Abate Fétel	Flaminia (pesca polpa gialla)
Resa produttiva 2023 (t/ha)	19,7	38
Forma allevamento	Candelabro	Fusetto
Durata stimata frutteto (anni)	30	25
Materiale strutture di sostegno	Pali cemento	Pali cemento
Impianto antigrandine	si	si
Impianto irrigazione	Fertirrigazione	Fertirrigazione
Input (principali)		

Piante (n.ro/ha)	1.041	1.480
Consumi per operazioni colturali (kg/ha gasolio)	755 Lavorazioni straordinarie	405
Irrigazione, acqua in pressione (kwh)	500	825
Volume irriguo (m ³ /ha)	2.000	3.300
Unità fertilizzanti N	45 minerali vari	96 Organicap (50%) e Nitrophoska (50%)
Quantità agrofarmaci (kg/ha)	143	23
Confusione sessuale	si	si

Risultati

Frumento

Nella tabella 34 vengono riportati gli indicatori per le due tesi a frumento; nelle tabelle 35 e 36 gli indicatori vengono suddivisi nelle diverse categorie d'impatto sia per la tesi fertilizzata con compost che per quella fertilizzata con urea.

Nei grafici 17 e 18 si riporta il peso percentuale delle categorie di impatto per i diversi indicatori.

Tab. 34 – Gli indicatori ambientali espressi per kg di frumento

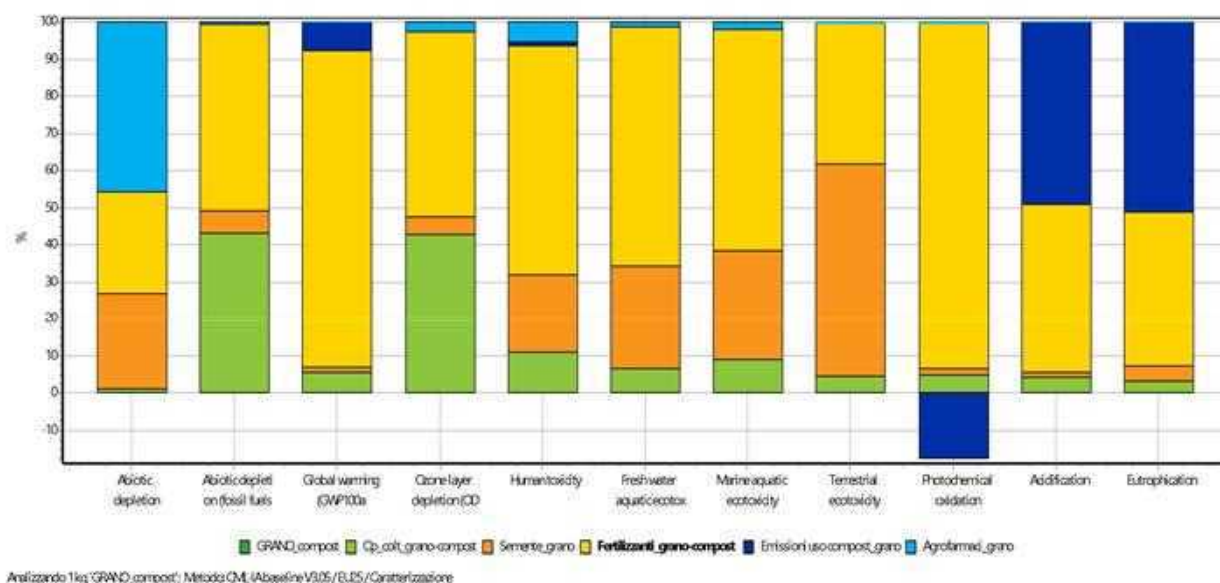
Categoria d'impatto	Unità	Compost	Urea
Abiotic depletion	kg Sb eq	4,45E-07	1,10E-06
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	2,82	4,05
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	1,64	0,40
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,17E-08	4,06E-08
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,049	0,095
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,026	0,038
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	58,05	120,36
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,0017	0,0013
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,00022	-5,78E-05

Acidification	kg SO2 eq	0,015	0,0068
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,0045	0,0023

Tab. 35 – Gli indicatori ambientali per la tesi fertilizzata con **compost** espressi per kg di frumento

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Op. colt.	Semente	Compost	Emissioni uso compost	Agrofarmaci
Abiotic depletion	kg Sb eq	4,45E-07	5,05E-09	1,15E-07	1,21E-07	0	2,04E-07
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	2,82	1,22	0,17	1,42	0	0,020
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	1,64	0,090	0,023	1,40	0,13	0,0014
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,17E-08	1,36E-08	1,47E-09	1,58E-08	0	8,12E-10
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,049	0,0053	0,010	0,030	0,00046	0,0026
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,026	0,0017	0,0072	0,017	0	0,00039
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	58,05	5,195	17,04	34,72	0	1,09
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,0017	7,45E-05	0,00095	0,00063	0	6,11E-06
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	0,00022	1,35E-05	4,45E-06	0,00025	-4,68E-05	5,14E-07
Acidification	kg SO2 eq	0,015	0,00063	0,00020	0,00686	0,0074	7,05E-06
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,0045	0,00015	0,00017	0,0019	0,0023	4,62E-06

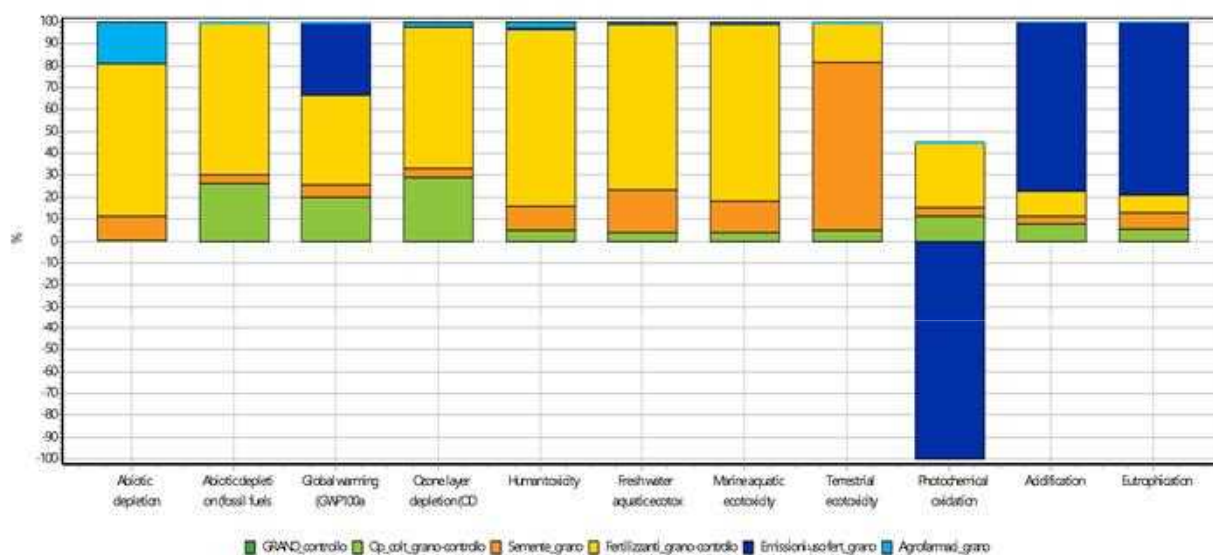
Graf. 17 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per la tesi **compost**



Tab. 36 – Gli indicatori ambientali per la tesi fertilizzata con urea espressi per kg di frumento

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Op. colt.	Semente	Compost	Emissioni uso compost	Agrofarmaci
Abiotic depletion	kg Sb eq	1,10E-06	4,39E-09	1,18E-07	7,73E-07	0	2,09E-07
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	4,05	1,06	0,18	2,79	0	0,020
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,40	0,078	0,023	0,16	0,13	0,0014
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,06E-08	1,18E-08	1,51E-09	2,64E-08	0	8,33E-10
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,095	0,0046	0,011	0,077	0,00032	0,0027
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,038	0,0015	0,0074	0,029	0	0,00040
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	120,36	4,519	17,50	97,22	0	1,12
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,0013	6,48E-05	0,00098	0,00023	0	6,27E-06
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	-5,78E-05	1,17E-05	4,57E-06	3,10E-05	-0,00011	5,28E-07
Acidification	kg SO2 eq	0,0068	0,00055	0,00021	0,00079	0,0053	7,24E-06
Eutrophication	kg PO4---eq	0,0023	0,00013	0,00018	0,00019	0,0018	4,74E-06

Graf. 18 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per la tesi urea



Osservando i risultati di tabella 34, si può notare che 7 degli 11 indicatori sono più alti per la tesi fertilizzata con urea. Sono, al contrario, più alti per il compost, la GWP (per una maggiore spiegazione si rimanda all'azione 3.1), la tossicità terrestre e l'eutrofizzazione.

Per quanto riguarda il peso percentuale delle categorie d'impatto (graf. 17), per la tesi compost si osserva il peso preponderante della produzione del compost sulla GWP, così come è molto importante sugli indicatori riferiti all'ecotossicità. Sul consumo di risorse abiotiche incidono la produzione della semente, del compost e degli agrofarmaci. Sull'uso dei carburanti fossili sono prevalenti le operazioni colturali e la produzione di semente e di compost. Infine, su eutrofizzazione e acidificazione incidono quasi a pari merito la produzione del compost e il suo in uso in campo.

Nel caso della tesi fertilizzata con il minerale, sulla GWP incide principalmente la produzione di urea e le sue emissioni da uso in campo. L'urea è preponderante anche per la tossicità verso l'uomo e per gli ambienti acquatici, mentre sulla tossicità verso l'uomo incide soprattutto la produzione della semente. Sulla eutrofizzazione e sull'acidificazione, infine, sono preponderanti le emissioni di uso di urea in campo.

Pesco e pero

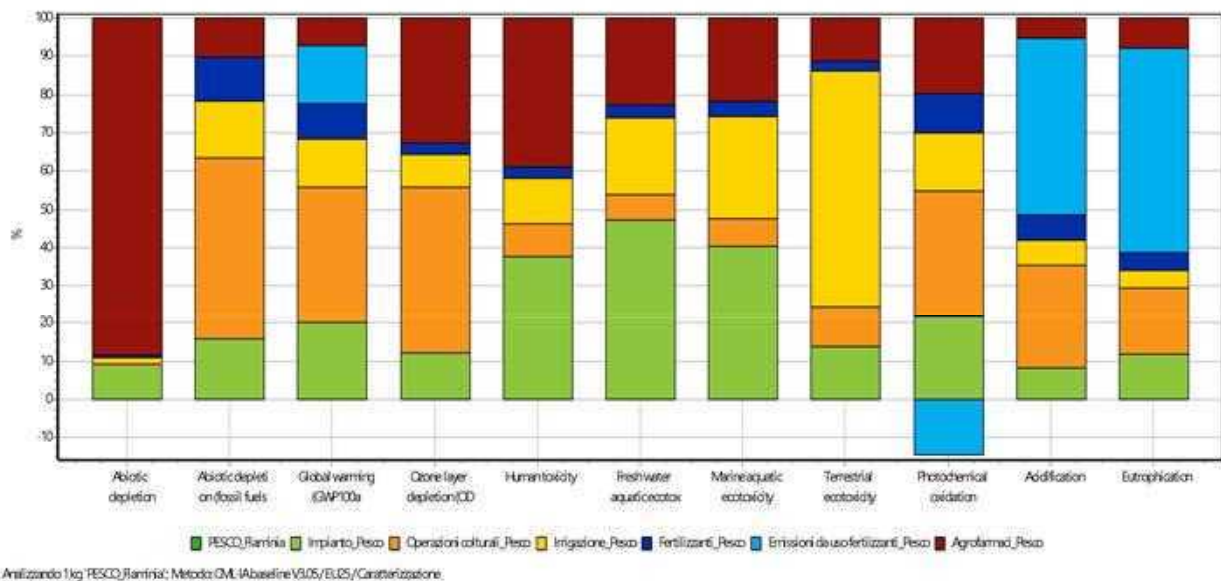
Nelle tabelle 37 e 38 si riportano gli indicatori, suddivisi nelle diverse categorie d'impatto rispettivamente per il pesco e il pero.

Nei grafici 19 e 20 si riporta il peso percentuale delle categorie di impatto per i diversi indicatori.

Tab. 37 – Gli indicatori ambientali espressi per kg di pesche

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Impianto	Op. colt.	Irrigaz.	Fertiliz.	Emissioni da uso fertiiz.	Agrofarmaci
Abiotic depletion	kg Sb eq	1,05E-06	9,33E-08	2,37E-09	1,96E-08	4,98E-09	0	9,27E-07
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	1,17	0,19	0,55	0,17	0,14	0	0,12
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,11	0,023	0,040	0,014	0,011	0,017	0,0084
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,41E-08	1,72E-09	6,18E-09	1,22E-09	4,06E-10	0	4,61E-09
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,028	0,011	0,0024	0,0034	0,00079	2,99E-05	0,011
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,012	0,0059	0,00082	0,0025	0,00041	0	0,0028
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	35,17	14,19	2,52	9,39	1,42	0	7,66
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,00032	4,53E-05	3,37E-05	0,00020	8,41E-06	0	3,60E-05
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	1,59E-05	4,06E-06	6,12E-06	2,84E-06	1,88E-06	-2,70E-06	3,70E-06
Acidification	kg SO2 eq	0,0010	8,67E-05	0,00028	6,93E-05	6,86E-05	0,00048	5,48E-05
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,00037	4,45E-05	6,57E-05	1,67E-05	1,73E-05	0,00020	3,00E-05

Graf. 19 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per il pesce



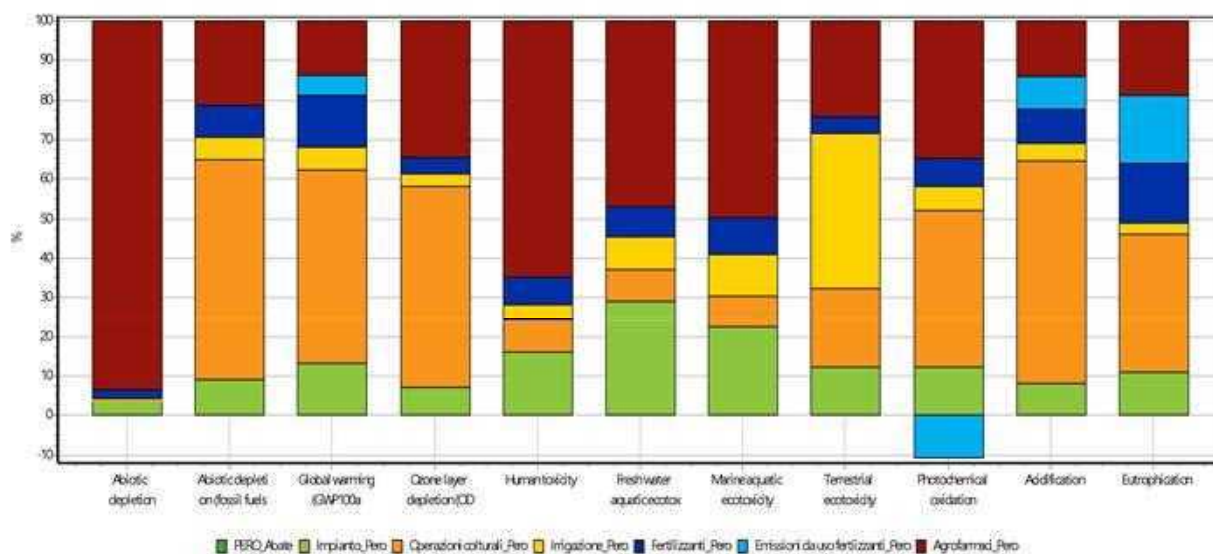
Per quanto riguarda il PESCO, sulla GWP incidono principalmente le operazioni colturali (graf. 19), seguite dall'insieme delle voci fertilizzanti-emissioni da uso in campo e dalla categoria impianto. Sul consumo di risorse abiotiche incide in larga parte gli agrofarmaci mentre sull'uso di carburanti fossili l'impatto maggiore deriva dalle operazioni colturali. Sulla tossicità verso l'uomo incidono soprattutto, in egual misura, l'impianto e gli agrofarmaci. Sulla ecotossicità terrestre pesa maggiormente l'irrigazione. A tal proposito, si evidenzia che, essendo la pompa per irrigazione alimentata da energia elettrica di rete, le attività associate alla produzione di energia idroelettrica, piuttosto importante nel nostro Paese, possono avere effetti indiretti significativi sull'ecotossicità. Infine, sulla eutrofizzazione e sulla acidificazione incidono prevalentemente le emissioni da uso di fertilizzanti in campo.

Tab. 38 – Gli indicatori ambientali espressi per kg di pere

Categoria d'impatto	Unità	Totale	Impianto	Op. colt.	Irrigaz.	Fertiliz.	Emissioni da uso fertiiz.	Agrofarmaci
Abiotic depletion	kg Sb eq	4,42E-06	1,63E-07	8,10E-09	2,28E-08	9,20E-08	0	4,14E-06
Abiotic depletion (fossil fuels)	MJ	3,50	0,32	1,95	0,20	0,28	0	0,75
Global warming (GWP100a)	kg CO2 eq	0,29	0,038	0,14	0,016	0,038	0,015	0,040
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,28E-08	2,97E-09	2,18E-08	1,43E-09	1,71E-09	0	1,48E-08
Human toxicity	kg 1,4-DB eq	0,10	0,017	0,0085	0,0039	0,0074	8,44E-06	0,066
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DB eq	0,035	0,010	0,0027	0,0029	0,0026	0	0,016

Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	105,31	23,72	8,33	10,96	9,87	0	52,43
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DB eq	0,00060	7,27E-05	0,00012	0,00023	2,63E-05	0	0,00014
Photochemical oxidation	kg C2H4 eq	4,84E-05	6,61E-06	2,17E-05	3,31E-06	3,79E-06	-5,84E-06	1,89E-05
Acidification	kg SO2 eq	0,0018	0,00014	0,0010	8,09E-05	0,00015	0,00015	0,00025
Eutrophication	kg PO4--- eq	0,00067	7,22E-05	0,00023	1,95E-05	9,98E-05	0,00012	0,00012

Graf. 20 – Suddivisione percentuale dei diversi indicatori nelle categorie di impatto considerate per il pero



Per quanto riguarda il PERO, gli indicatori che emergono vanno naturalmente commentati considerando che il campo è stato alluvionato e quindi sono state necessarie diverse lavorazioni straordinarie (frangizollatura, ripuntatura, rinalzata, erpice rotante, semina interfila), che hanno portato complessivamente ad un consumo di carburanti molto elevato (755 kg/ha), inoltre si è reso necessario un maggior numero di interventi di difesa fitosanitaria. Va altresì considerato che la resa produttiva ha ovviamente risentito di una diminuzione attestandosi su poco meno di 20 t/ha quando la media del triennio precedente era di 26 t/ha.

Ne consegue che il GWP si attesta su 0,29 kg CO₂eq/kg pere (tab. 38) per circa il 50% derivanti dalle operazioni colturali (graf. 20). Operazioni colturali che hanno il peso maggiore anche sugli indicatori consumo di carburanti fossili, consumo dello strato di ozono, sull'ossidazione fotochimica, sulla acidificazione e sulla eutrofizzazione. Sul consumo di risorse abiotiche incide per oltre il 90% gli agrofarmaci, che pesano molto anche sugli indicatori legati alla tossicità verso l'uomo e sugli ambienti acquatici. Infine, sulla ecotossicità terrestre si evidenzia, come già per il pesce, il consumo elettrico per l'irrigazione.

Conclusioni

Per quanto riguarda il frumento, 7 degli 11 indicatori ambientali sono più alti per la tesi fertilizzata con urea. Sono, al contrario, più alti per il compost, la GWP, la tossicità terrestre e l'eutrofizzazione. In merito alla GWP, il peso preponderante deriva dalla produzione del compost, così come è molto importante sugli indicatori riferiti all'ecotossicità.

Per quanto riguarda il pesco, sulla GWP incidono principalmente le operazioni colturali, seguite dall'insieme dalle voci fertilizzanti-emissioni da uso in campo e dalla categoria impianto. Sul consumo di risorse abiotiche incide in larga parte gli agrofarmaci mentre sull'uso di carburanti fossili l'impatto maggiore deriva dalle operazioni colturali. Sulla tossicità verso l'uomo incidono soprattutto, in egual misura, l'impianto e gli agrofarmaci. Sulla ecotossicità terrestre pesa maggiormente l'irrigazione. Infine, sulla eutrofizzazione e sulla acidificazione incidono prevalentemente le emissioni da uso di fertilizzanti in campo.

Al riguardo del pero, gli indicatori che emergono vanno naturalmente commentati considerando che il campo è stato alluvionato e quindi sono state necessarie diverse lavorazioni straordinarie, inoltre si è reso necessario un maggior numero di interventi di difesa fitosanitaria. Va altresì considerato che la resa produttiva ha ovviamente risentito di una diminuzione.

Ne consegue che il GWP risente, per circa il 50%, delle operazioni colturali straordinarie, che hanno il peso maggiore anche sugli indicatori consumo di carburanti fossili, consumo dello strato di ozono, ossidazione fotochimica, acidificazione ed eutrofizzazione. Sul consumo di risorse abiotiche incide per oltre il 90% gli agrofarmaci, che pesano molto anche sugli indicatori legati alla tossicità verso l'uomo e sugli ambienti acquatici. Infine, sulla ecotossicità terrestre si evidenzia, come già per il pesco, l'irrigazione.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal Progetto sono stati raggiunti senza sostanziali scostamenti; non si segnalano particolari criticità tecnico-scientifiche.

2.2.6 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	conduzione prova	27,00	175	4.725,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	conduzione prova	27,00	128	3.456,00

	Totale:	8.181,00
--	----------------	-----------------

2.5.4 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze persone fisiche

Nominativo del consulente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	25.164,00	Analisi LCA	9.072,00
Totale			9.072,00

2.1.7 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.5: INNOVAZIONE: UTILIZZO DI TECNOLOGIE DI SENSORISTICA PROSSIMALE PER CONOSCERE LA VARIABILITÀ SPAZIALE DELLE PROPRIETÀ DEI SUOLI

Unità aziendale responsabile: UCSC-PC

In questa azione, UCSC ha sperimentato, nei 4 siti di monitoraggio, l'uso delle più avanzate tecnologie di mappatura prossimale dei suoli agricoli volte a conoscere proprietà chimiche e fisiche dei suoli.

In particolare, gli obiettivi di quest'azione sono stati:

- valutare l'accuratezza delle stime di proprietà del suolo ottenute grazie alla redazione di mappe ad alta risoluzione create da UCSC attraverso un approccio che integra immagini satellitari, sensoristica prossimale e intelligenza artificiale in confronto con i rilievi pedologici e le analisi eseguite da I.TER;
- confrontare i due approcci di rilievo del suolo in termini di rapporto costo-accuratezza e vantaggi operativi della mappatura prossimale rispetto al rilevamento pedologico "classico".

Con il termine sensori prossimali si intende una serie di tecnologie di misura in cui il sensore è a diretto contatto o ad una breve distanza dalla superficie del suolo. Il vantaggio di queste tecnologie di misura è dato dalla possibilità di ottenere un elevato numero di dati georeferenziati in tempi rapidi, generare mappe ad alta risoluzione utilizzando modelli predittivi basati su intelligenza artificiale (IA), il tutto a costi "relativamente" bassi.

Nei 4 siti di monitoraggio UCSC ha condotto una campagna di mappatura degli appezzamenti del progetto utilizzando due sensori prossimali (Figura 21, Figura 22 e Figura 23). Il primo sensore, denominato iScan PRO (Figura 21), è un sensore della ditta americana Veris Technologies che sfrutta la tecnologia della conducibilità elettrica e la spettroscopia nel visibile (vis-NIR). Il secondo sensore è un sensore a raggi gamma (MS-2000) della ditta Medusa Radiometrics il quale misura la concentrazione (Beq/kg) di quattro radionuclidi del terreno.

UCSC nel corso di una serie di progetti di ricerca europei (ClienFarms e Farms4Climate) ha sviluppato un approccio avanzato per la mappatura del suolo che si compone di 4 fasi (Figura 24):

- mappatura del terreno con sensore singolo o multiplo;
- campionamento del terreno attraverso smart sampling (minimo 2/3 campioni per appezzamento) e analisi del suolo per creazione di un dataset locale utile alla calibrazione sito-specifica del modello predittivo;
- applicazione di un modello predittivo basato su IA. Si può applicare un modello "globale" senza utilizzo di campionamento del suolo di fase 2 e 3 o il modello "locale" utilizzando dati del campionamento.

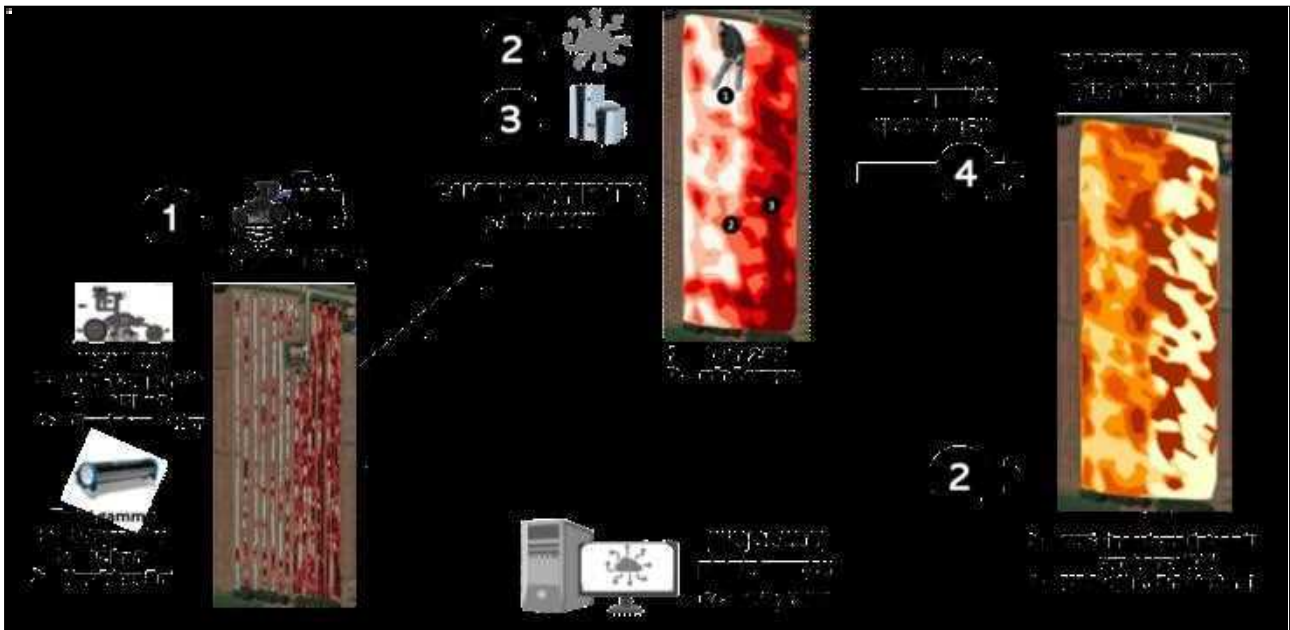


Figura 24 Fasi dell’approccio avanzato per la mappatura del suolo attraverso l’applicazione di un modello “globale” calibrato e validato su oltre 800 campioni di suolo della regione (senza necessità di prelevare campioni fisici di suolo) oppure di un modello “locale” calibrando in maniera sito-specifica l’appezzamento mappato. Nella fase di mappatura sono riportate alcune informazioni circa la velocità di lavoro ideale dei due sensori, il numero di punti misurati e la spaziatura dei passaggi col sensore.

Le variabili utilizzate dai modelli predittivi di Figura 24 per la mappatura ad alta risoluzione di una serie di proprietà del suolo tra cui la tessitura (contenuto % di sabbia, limo e argilla, contenuto di sostanza organica, densità apparente e azoto totale) sono riportate in Figura 25 e 26 relativamente alla sostanza organica e argilla come esempio. Tali algoritmi utilizzano algoritmi di intelligenza artificiale (*quantile random forest*) utilizzano come covariate i dati dei sensori prossimali, indici vegetazionali calcolati dalle bande Sentinel 2 estratte dall’immagine satellitare con suolo nudo più vicina alla data di mappatura e i pixel delle mappe di suolo della regione Emilia Romagna. I modelli predittivi applicati ai dati ottenuti grazie alle mappature effettuate sui 4 siti di monitoraggio sono stati calibrati e validati su un dataset di oltre 800 campioni di suolo il quale deriva da un’attività di campionamento di oltre 200 ettari tra Emilia Romagna, Veneto, Lombardia e Piemonte.

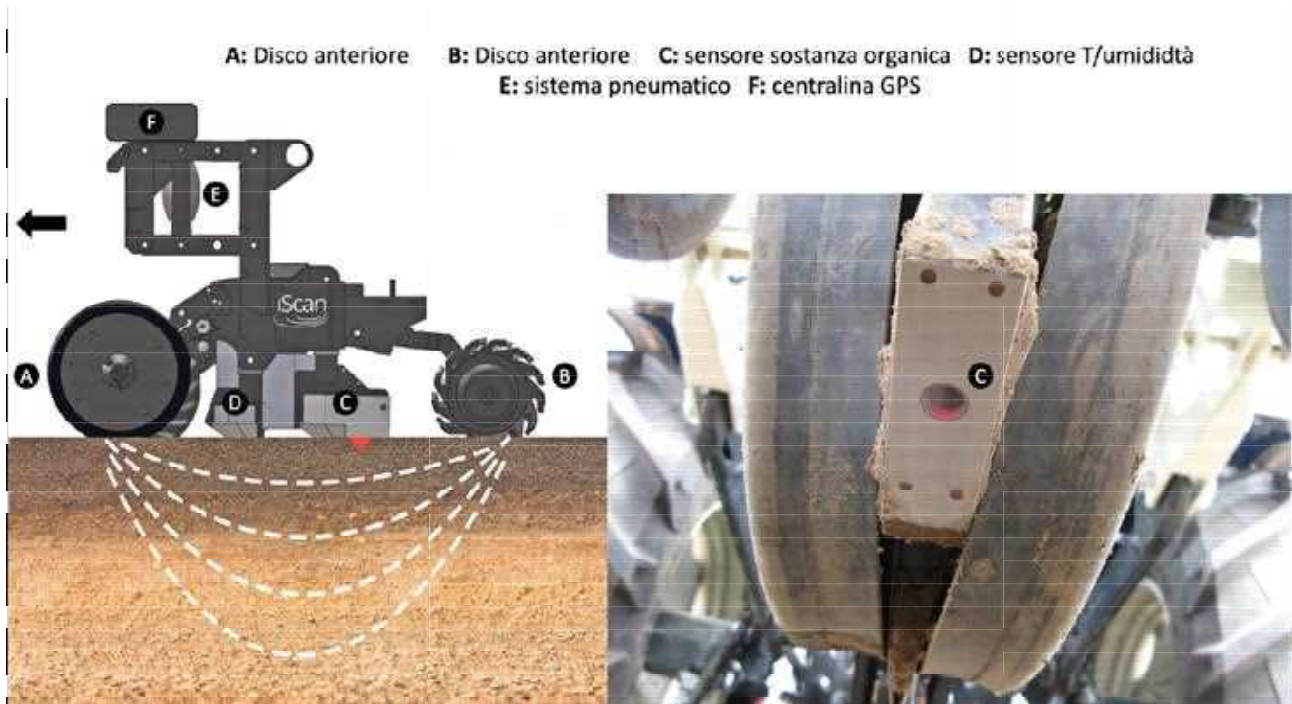


Figura 21 Sensore iScan pro e suoi elementi. In particolare il sensore usato per la stima della sostanza organica (C) misura la lunghezza d'onda di due bande vicine al rosso e all'infrarosso mentre gli elementi A e B misurano la conducibilità elettrica del suolo che è un proprietà fisica del terreno legata alle componenti della tessitura del suolo e alla capacità di scambio cationico.



Figura 22 Momenti del passaggio del sensore iScan PRO montato sull'attacco a tre punti presso le aziende GF Zani (interfila di un pereto - 7/12/2023) e DeltaBio (terreno arativo - 17/11/2023)

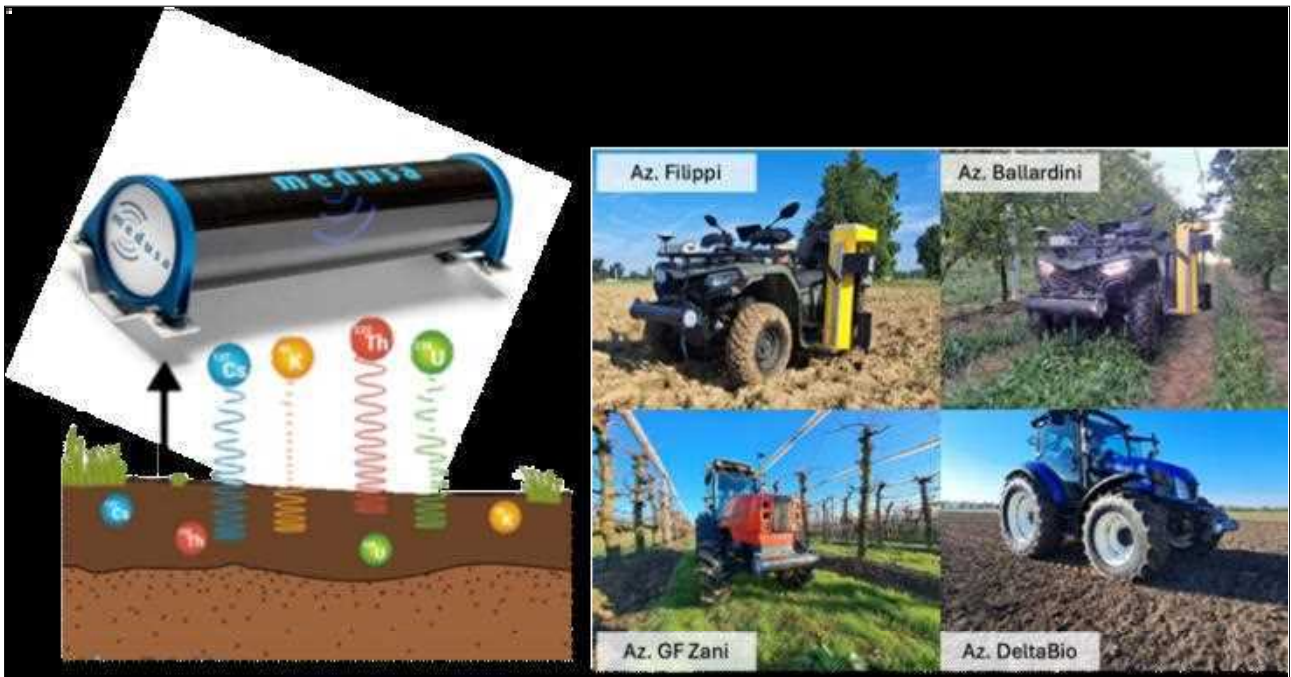


Figura 23 Particolare dei quattro radionuclidi (Th^{232} , Cs^{137} , K^{40} , U^{238}) che vengono misurati con il passaggio del sensore gamma MS-2000 il quale può essere montato di fronte ad un trattore o ad un quad 4x4 come evidenziato dalle immagini scattate durante le fasi di mappatura presso i 4 siti di monitoraggio del progetto (Az. Filippi 18/10/2023, Az. Ballardini 23/7/2024, Az. DeltaBio 17/11/2023, Az. GFZani 7/12/2023)

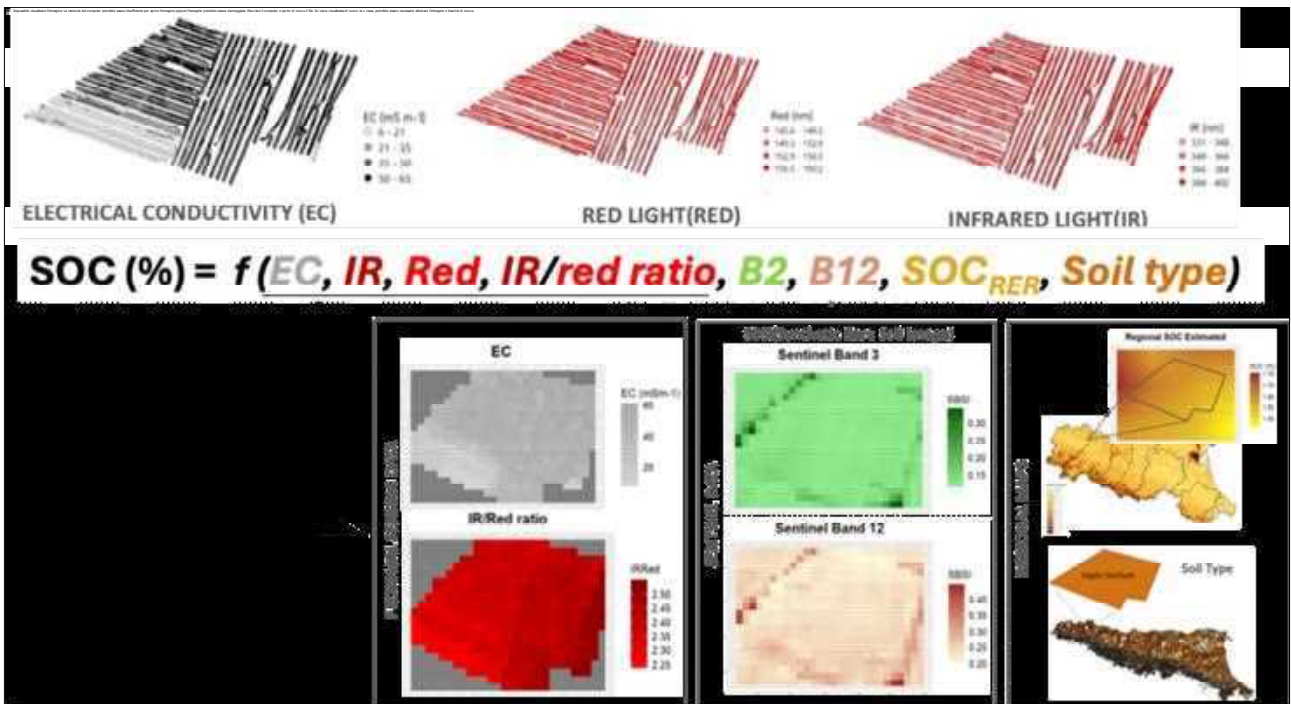


Figura 24 Covariate del modello predittivo del Carbonio Organico del terreno (%) per il sensore Veris iSCAN pro. EC: conducibilità elettrica (sensori A e B Fig.21), IR e RED sono il valore di riflettanza del suolo alle lunghezze d'onda del rosso e dell'infrarosso (sensore C Fig.21), B3 e B12 sono i valori dell'indice SBSI di suolo nudo dell'immagine satellitare Sentinel 2 più vicina alla data di mappatura e le due mappe sono le mappe di suolo (sistema carta dei suolo 1:250.000 e valore del pixel di SOC estratto dalla mappa di concentrazione del carbonio organico a 30 cm della pianura dell'Emilia Romagna.

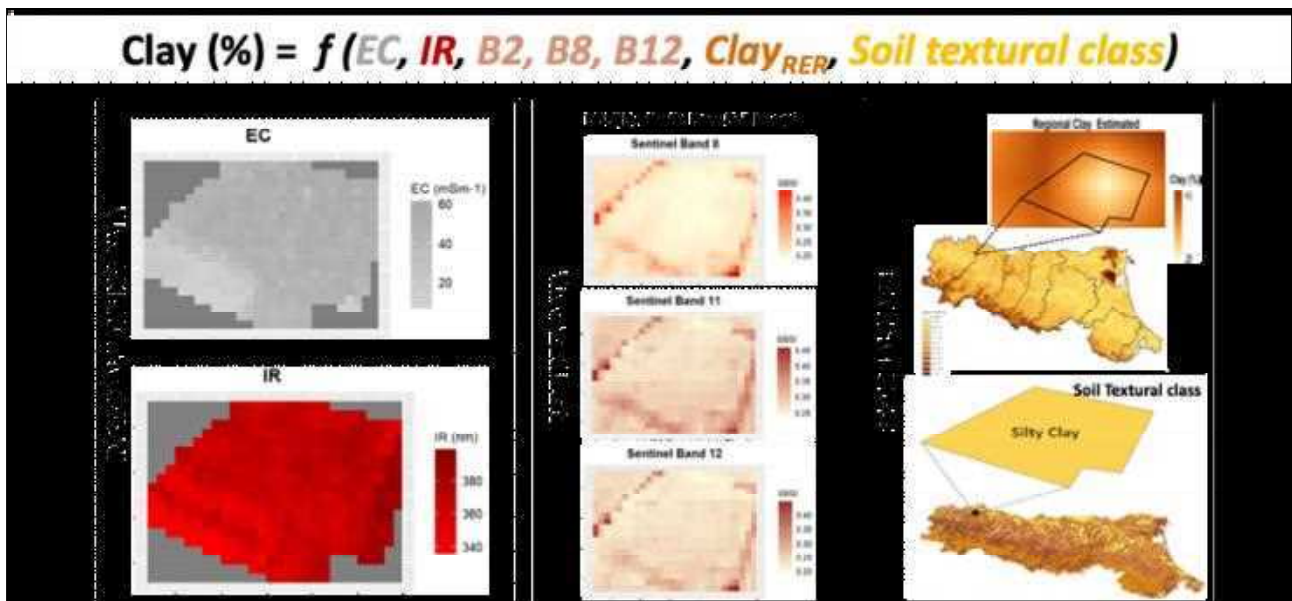


Figura 25 Covariate del modello predittivo del contenuto di argilla (%) per il sensore Veris iSCAN pro. EC: conducibilità elettrica (sensori A e B Fig.21), IR è il valore di riflettanza del suolo alle lunghezze d'onda del rosso (sensore C Fig.21), B8, B11 e B12 sono i valori degli indice SBSI di suolo nudo dell'immagine satellitare Sentinel 2 più vicina alla data di mappatura e le due mappe sono rispettivamente i valori di classe tessiturale e la concentrazione di argilla % estratti dalla mappa dell'Emilia Romagna.

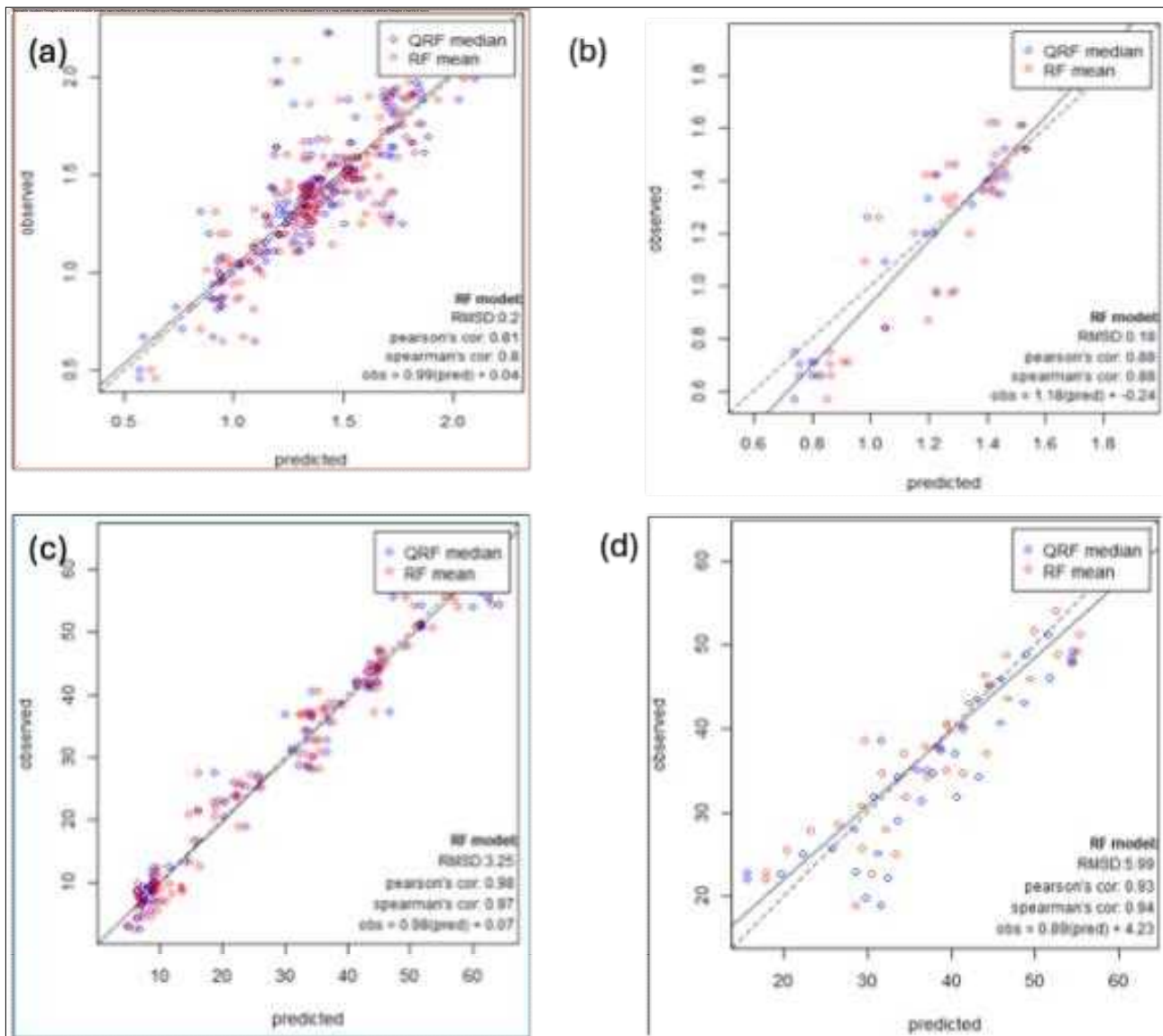


Figura 26 Validazione dei modelli predittivi “globali” per il contenuto di SOC (a,b) e argilla (c,d) relativi al sensore iScan pro (a,c) e quello a raggi gamma (b,d). RMSE è l’errore quadratico medio della differenza tra valori predetti e osservati.

Per tutti gli appezzamenti sono state prodotte le mappe ad alta risoluzione applicando i modelli globali e quelli locali per entrambi i sensori e restituendo alle aziende agricole in formato pdf le mappe ad alta risoluzione delle seguenti proprietà: sostanza organica, azoto totale e tessitura (sabbia, limo e argilla %). Un totale di 80 mappe sono state create (4 appezzamenti x 2 sensori x 2 modelli x 5 proprietà). Per semplicità di seguito si riportano i confronti per alcuni siti di monitoraggio e alcune proprietà del terreno in termini di accuratezza confrontando i valori dei modelli globali e locali ad una serie di campionamenti “indipendenti” (non utilizzati nei modelli predittivi di UCSC) che si riferiscono ai campionamenti realizzati tramite rilevamento pedologico “classico da parte di I.TER.

Un primo test dell'approccio di mappatura prossimale è stato condotto presso l'Az. Deltabio su suoli a tessitura sabbiosa. Utilizzando il sensore Veris iSCAN PRO e applicando il modello "locale" (con 3 punti di campionamento locali) si è ottenuto una stima molto accurata del contenuto % di sabbia con un valore di R^2 del 90% (Figura 27). In questa azienda si sono testati i modelli predittivi della sostanza organica utilizzando entrambi i sensori prossimali (Figura 28) e si è inoltre proceduto alla comparazione dell'accuratezza tra i rispettivi modelli "globali" e "locali". In generale si può affermare che già con il modello globale la stima del contenuto di SO effettuata con i modelli predittivi per entrambi i sensori è da ritenersi ottima con valori di RMSE inferiori 0.4%. Con l'utilizzo del modello globale e quindi la raccolta di 3 campioni per appezzamento le performance di stima della SO dei modelli, in particolare quello con sensore a raggi gamma, migliorano sostanzialmente riuscendo a stimare la stessa media dei rilievi pedologici con un errore del 0.26% che equivale alla variabilità analitica di laboratorio del metodo di misurazione dei campioni di suolo (sia per metodo Walkley-black che con analizzatore elementare).

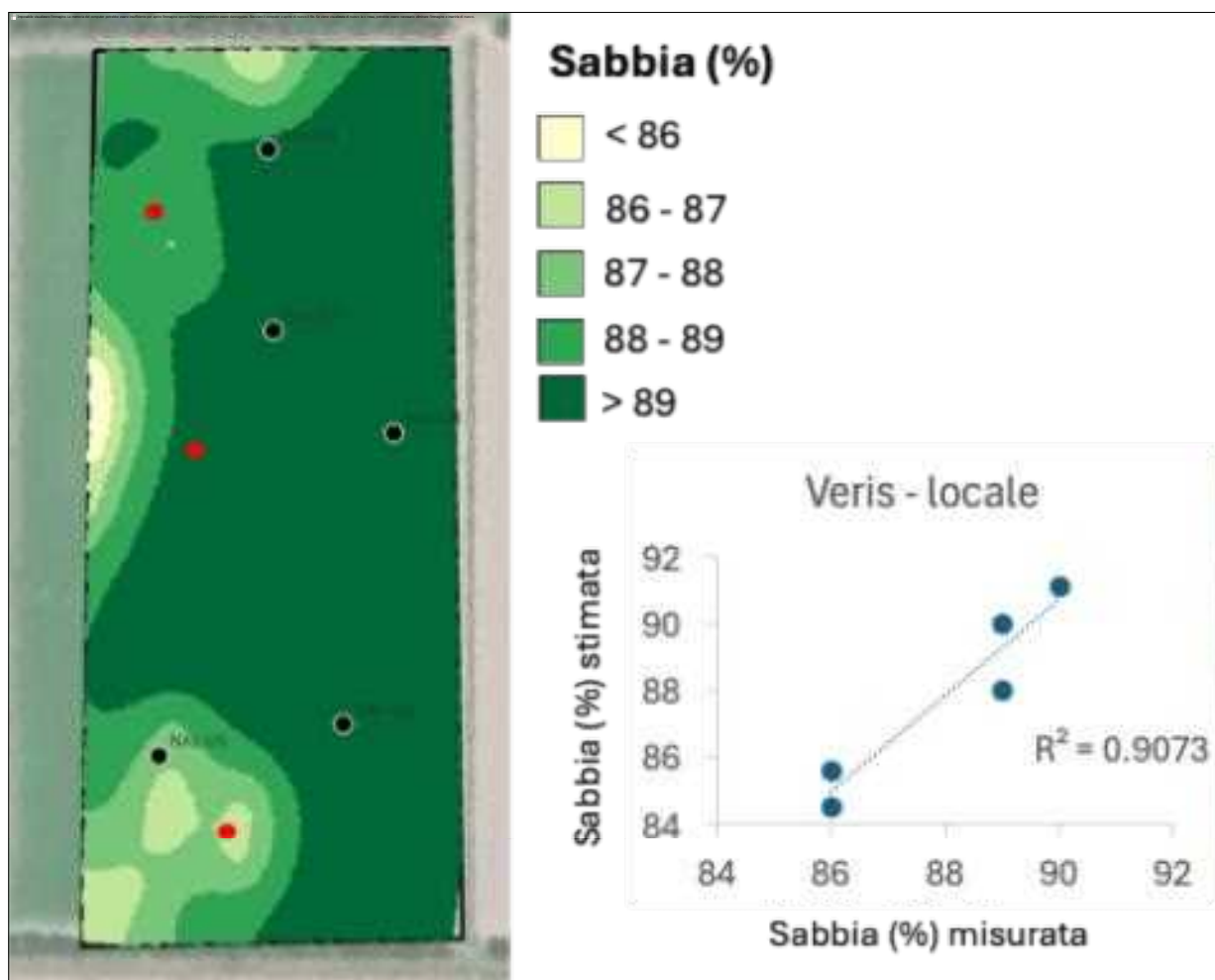


Figura 27 Mappa del contenuto di sabbia (%) presso Az. DeltaBio ottenuta con dati del sensore Veris I-SCAN PRO. Il modello predittivo utilizzato è quello locale con tre punti di campionamento (punti rossi) per calibrazione sito-specifica. I punti neri sono i punti di campionamento eseguiti da I.TER per verifica accuratezza valori stimati con mappa.

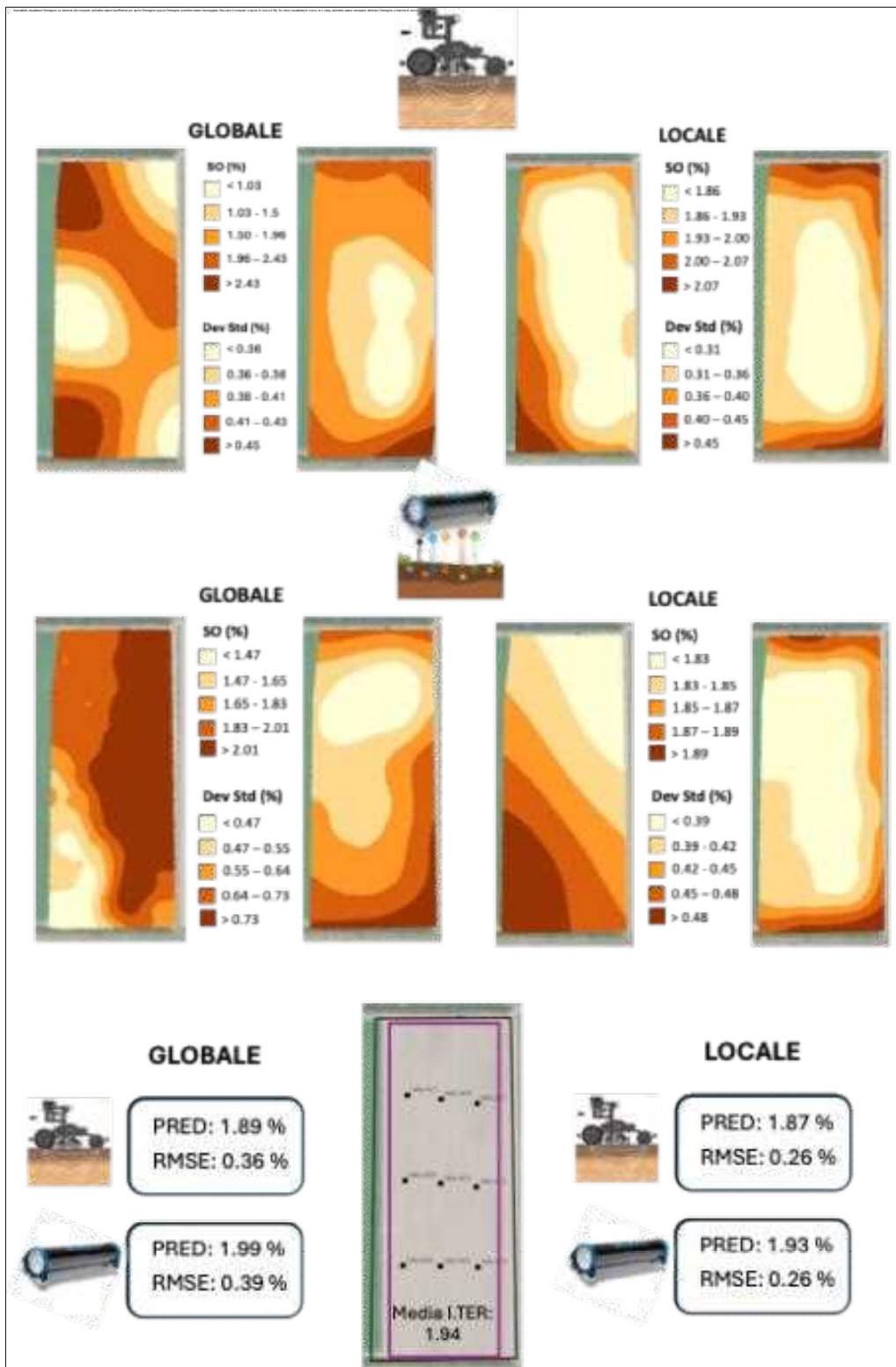


Figura 28 Confronto delle mappe del contenuto di sostanza organica (SO %) e loro deviazione standard (%) dei valori stimati prodotte con sensori Veris i-Scan PRO e sensore a raggi gamma presso Az.DeltaBio. Nei box sotto è riportato il valore medio stimato di SO del campo (PRED) e l'errore quadratico medio (RMSE %) dei modelli globali e locali per entrambi i sensori. I punti neri sono i punti di campionamento (n=9) eseguiti da I.T.E.R per verifica accuratezza valori stimati con mappa.

Un altro interessante confronto tra l'accuratezza dei modelli predittivi dei due sensori rispetto al rilevamento pedologico è stato effettuato presso l'Az. Filippi situata a Castell'Arquato in provincia di Piacenza su suoli a tessitura franco limoso limosa (Figura 29 a). L'appezzamento è diviso in due e sulla metà di destra è oggetto di applicazione di compost urbano (30 ton/ha/anno) da due anni su rotazione frumento-pomodoro. Su questo appezzamento la stima diretta di sabbia, limo e argilla attraverso il modello predittivo "globale" utilizzando il sensore gamma ha mostrato ottimi livelli di accuratezza (Figura 29b) con valori di RMSE % rispetto ai punti di campionamento di I.TER di 2.91%, 2.15% e 6.1% rispettivamente per argilla, limo e sabbia. Tale accuratezza ha permesso di rilevare differenze importanti "reali" nel contenuto di argilla ad esempio nelle varie zone del campo (in alcuni punti le differenze sono risultate essere > 10% rispetto alla media del campo di 31%). Per quanto riguarda la capacità predittiva del contenuto di SO attraverso mappatura prossimale, le mappe ottenute con entrambi i sensori per l'az. Filippi mostrano in tutti i casi l'effetto dell'applicazione del compost sulla parte di campo trattata (Figura 30) con un RMSE medio inferiore a 0.3 % nel caso dei modelli "locali" per entrambi i sensori e una deviazione standard sempre inferiore a 0.25% in tutto il campo ad eccezione delle capezzagne. Inoltre confrontando le medie di SO misurate con rilevamento pedologico con quelle stimate dai sensori (Tabella 30) l'aumento di SO ottenuta con l'applicazione del compost è risultata essere accurata e dello stesso ordine di grandezza confermando perciò la capacità dei modelli predittivi di rilevare con accuratezza e precisione l'effetto di pratiche di carbon farming come l'ammendamento organico sul sequestro di C organico.

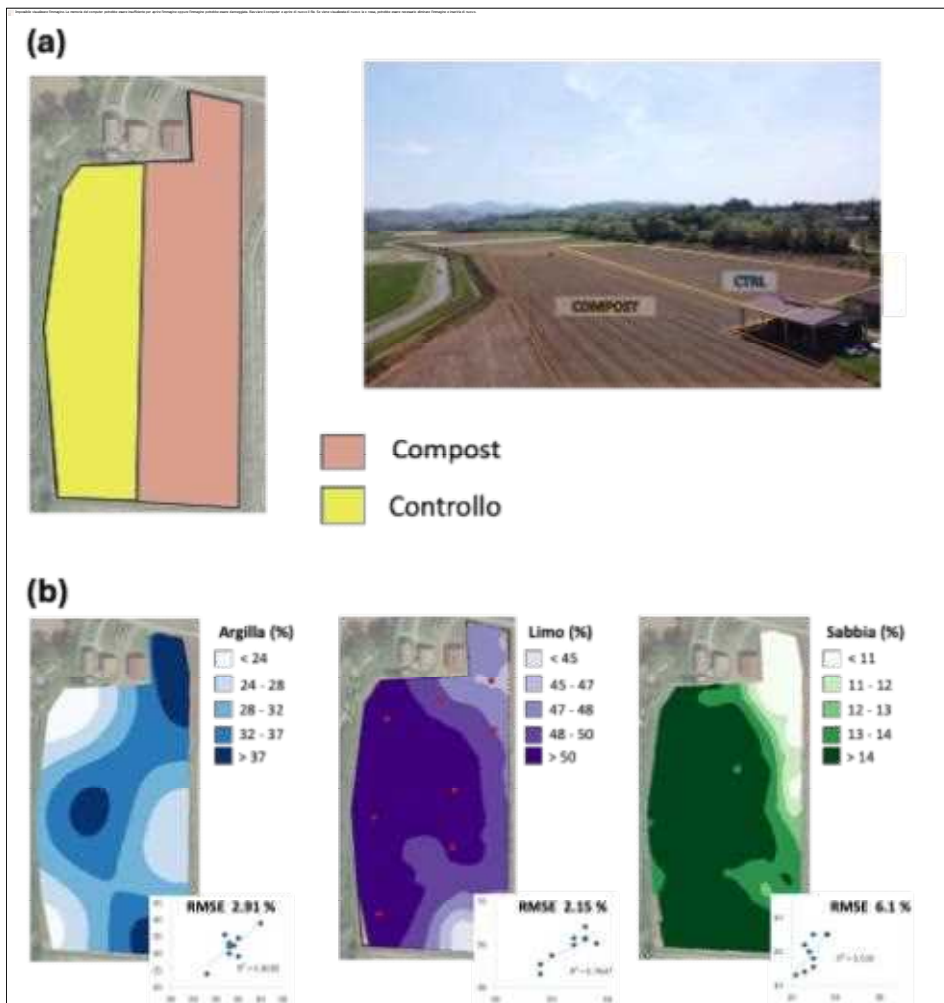


Figura 29 (a) Sito di monitoraggio presso Az. Filippi (Castell'Arquato, PC) con applicazione di compost da FORSU urbano. (b) mappe del contenuto di argilla, limo e sabbia % ottenute con sensore a raggi gamma e attraverso applicazione modello "globale". I punti rossi sono i punti di confronto con rilievo pedologico effettuato da I.TER.

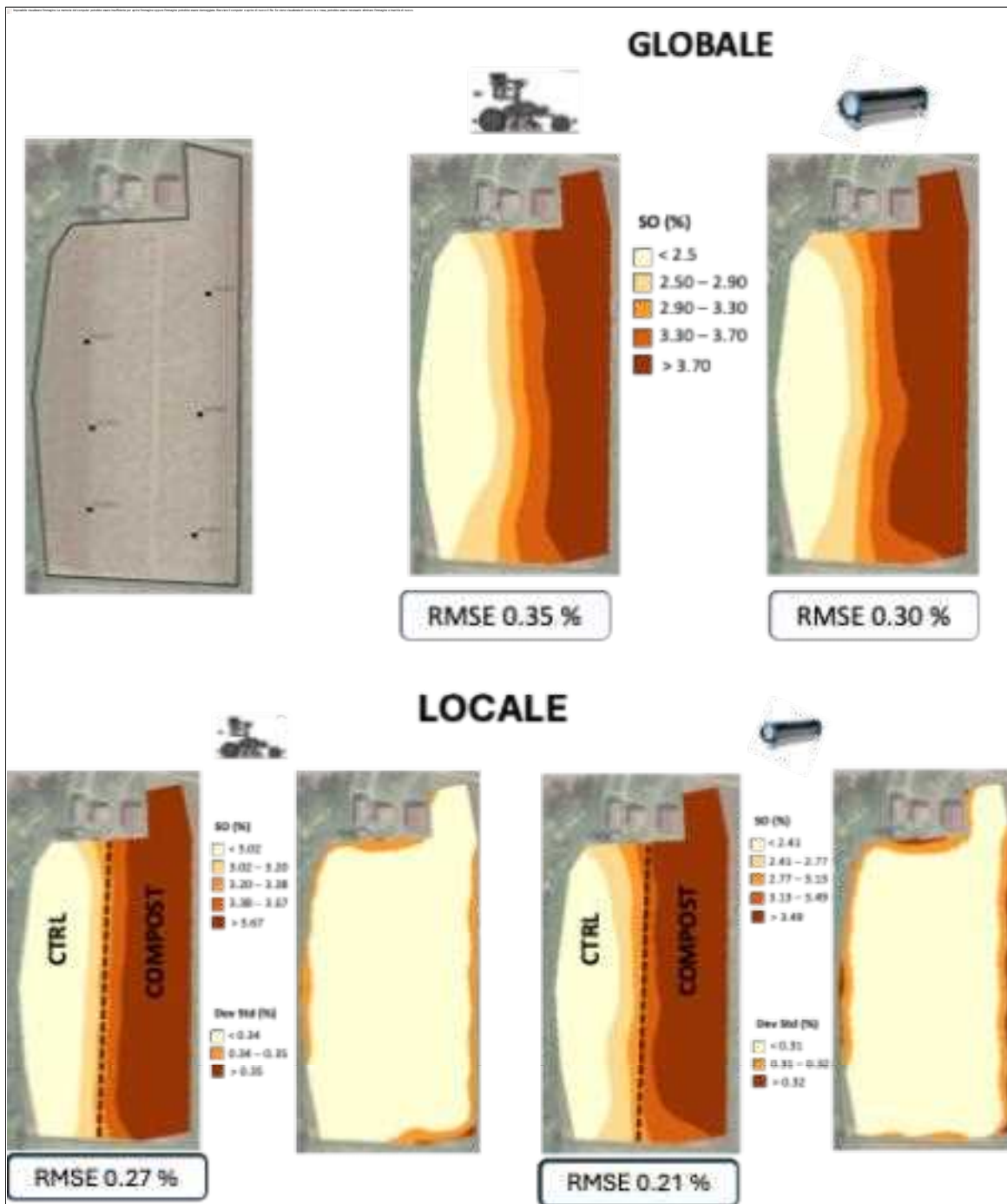


Figura 30 Mappe del contenuto di sostanza organica (SO %) e loro deviazione standard (%) ottenute con modelli locali e globali utilizzando i sensori Veris i-Scan PRO e sensore a raggi gamma presso Az. Filippi. Nei box è riportato l'errore quadratico medio (RMSE %) dei valori stimati dei modelli predittivi rispetto ai valori dei punti di campionamento (punti neri) eseguiti da I.TER.

Tabella 39 Valori di SO (%) media stimata per le porzioni del sito di monitoraggio dell’Az. Filippi ottenuti dal modello predittivo UCSC “locale” per entrambi i sensori prossimali e loro confronto con valore misurati di SO ottenuti da con n=3 punti di campionamento da parte di I.TER con rilevamento pedologico

Trattamento	Valori	Rilevamento pedologico I.TER	Veris iScan	Raggi gamma
Controllo	SO (%)	2.52	2.62	2.51
	Dev Stand (%)	0.14	0.19	0.2
Compost	SO (%)	3.41	3.82	3.61
	Dev Stand (%)	0.32	0.18	0.2

Un ultimo interessante confronto tra rilievo pedologico e mappatura prossimale è stato condotto presso l’appezzamento a frutteto dell’Az. Granfrutta Zani. Anche in questo caso è stata valutata la capacità predittiva dei modelli predittivi in termini di componenti tessiturali (Figura 31) e contenuto di sostanza organica nell’interfila e sottofila del frutteto (Figura 32). Il contenuto di sabbia, limo e argilla, come per gli altri siti di monitoraggio, risulta essere stimato accuratamente con l’utilizzo del sensore a raggi gamma (Figura 31) con valori di RMSE sempre inferiori al 3% per tutte e tre le componenti. Tale risultato conferma l’accuratezza e la precisione del modello “locale” in quanto in grado di catturare la variabilità spaziale anche quando le variazioni reali sono dell’ordine di qualche punto percentuale della componente tessiturale stimata. Relativamente alla tessitura entrambi i sensori hanno prodotto delle stime di SO che si discostano leggermente rispetto a quello misurato con rilevamento pedologico accoppiato all’analisi del campione con analizzatore elementare (Figura 32 e tabella 40). In questo caso sia nel sottofila che nell’interfila i valori stimati di SO con il sensore gamma hanno mostrato un RMSE medio superiore all’1% (Figura 32). In particolare nel sottofila il rilevamento pedologico ha misurato un contenuto % di SO del 5.51 % con una deviazione standard di 1.93%, al contrario il sensore gamma nei medesimi punti ha stimato un contenuto di SO del 3.55 ma con un valore di deviazione standard inferiore a 0.1 %. Questo indica una capacità del sensore gamma e del suo modello predittivo di essere preciso ma meno accurato in condizioni di frutteto dove la variabilità spaziale del contenuto di SO è fortemente influenzata dalla variabilità di apparati radicali, residui colturali e micro ambienti sotto chioma. Tutti questi fattori possono influenzare la lettura dei radionuclidi effettuata dal sensore e il modello predittivo basato su algoritmi di intelligenza artificiale allenati per valori di radionuclidi misurati su suoli arativi fatica a stimare accuratamente il contenuto di SO in frutteti.

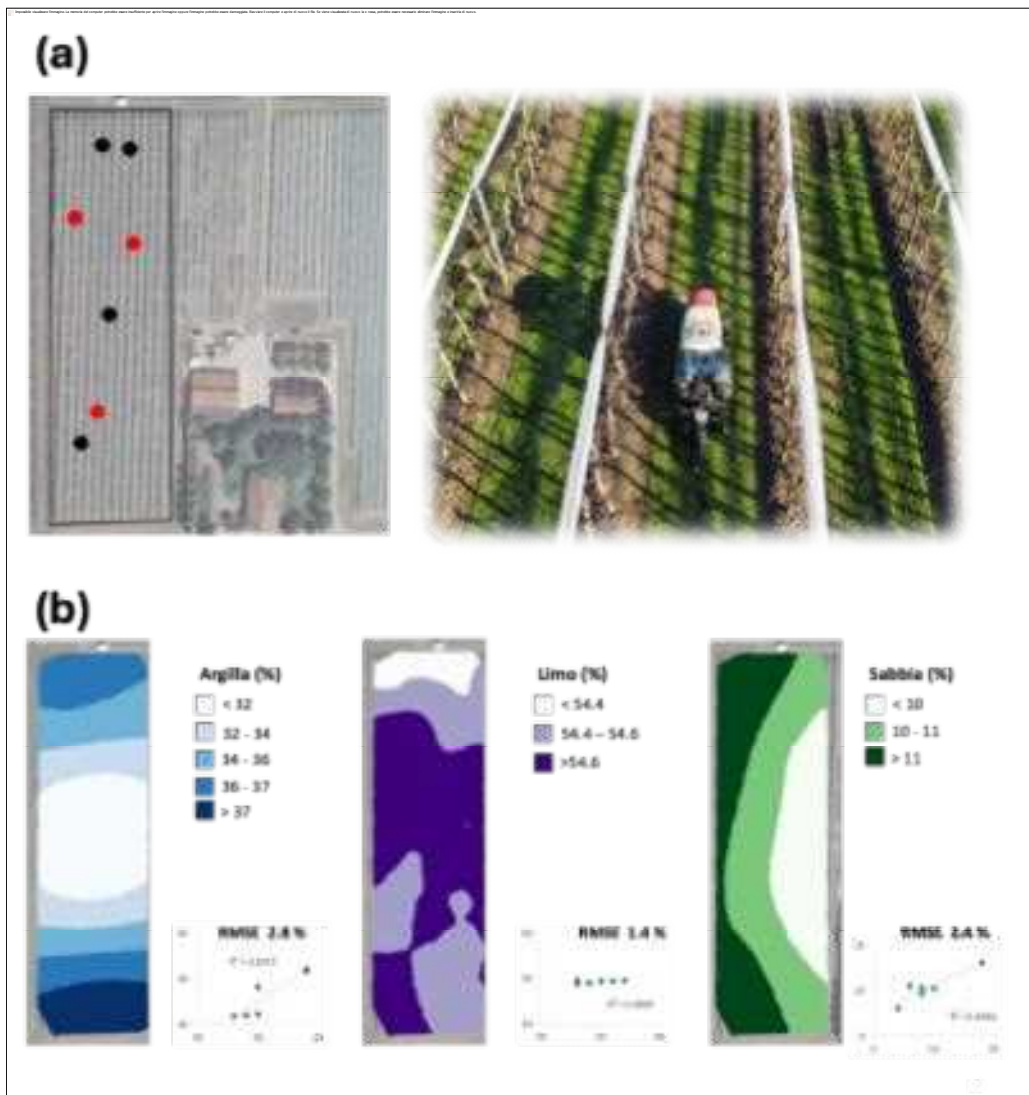


Figura 31 a) Sito di monitoraggio a frutteto presso Az. Granfrutta Zani (Bagnacavallo, RA). (b) mappe del contenuto di argilla, limo e sabbia % ottenute con sensore a raggi gamma e attraverso applicazione modello "locale" con n=3 punti di campionamento per calibrazione sito-specifica (punti rossi). I punti neri sono i punti di confronto (n=3) con rilievo pedologico effettuato da I.TER.

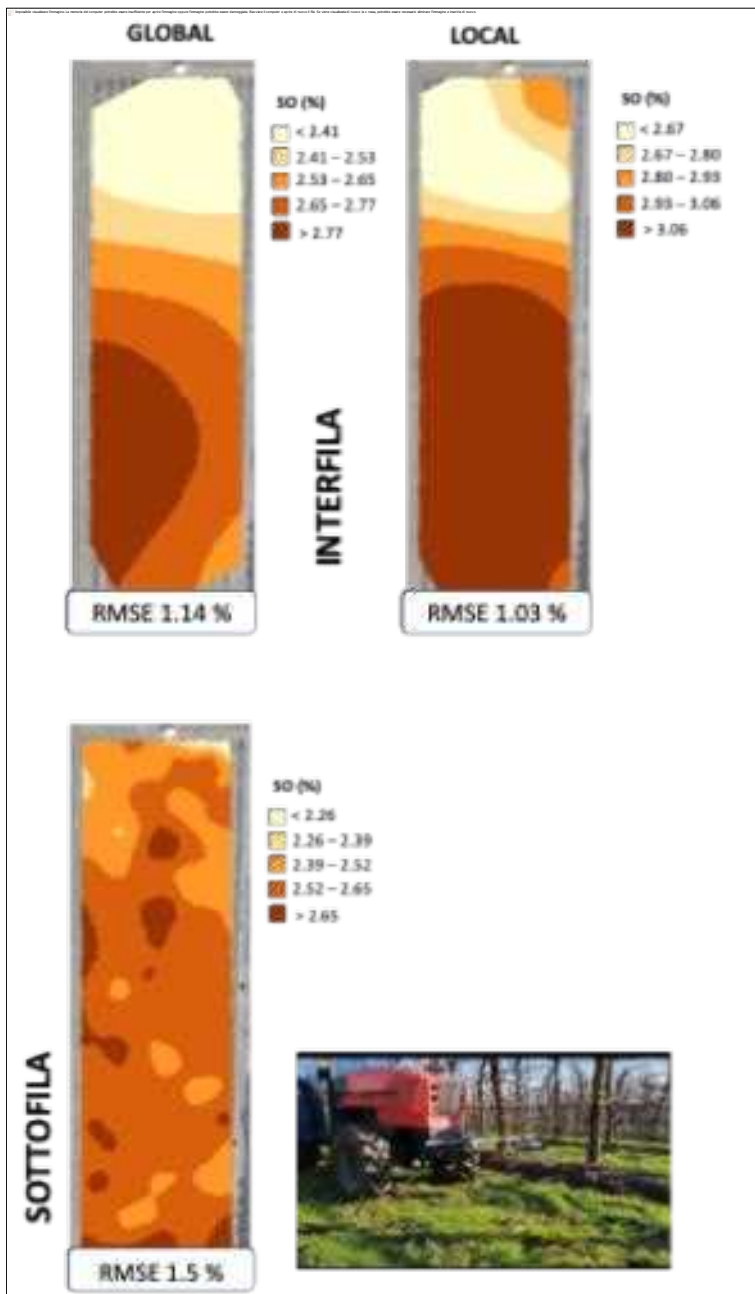


Figura 32 Mappe del contenuto di sostanza organica (SO %) ottenute con modelli locali e globali utilizzando il sensore a raggi gamma nell'interfila e lungo il sottofila del frutteto del sito sperimentale presso Az. Granfrutta Zani. Nei box è riportato l'errore quadratico medio (RMSE %) dei valori stimati dei modelli predittivi rispetto ai valori dei punti di campionamento (punti neri) eseguiti da I.TER. Nell'immagine si intravede il particolare del montaggio frontale laterale per eseguire scansione con sensore lungo l'interfila del frutteto mentre in Figura 23 si vede il montaggio frontale per la scansione dell'interfila.

Il secondo obiettivo di questa azione era quello fornire indicazioni sulla possibilità di replicare l'approccio integrato di mappatura che unisce le competenze di rilevamento pedologico con la mappatura prossimale avviando anche un'analisi dei costi.

Il futuro dello studio del suolo dovrebbe andare su questa strada di integrazione in quanto le mappature prossimali, opportunamente tarate e validate con gli opportuni controlli analitici e l'integrazione di dati pedologici consente di favorire l'utilizzo dell'informazione per agricoltura di precisione.

Abbiamo visto come in terreni gestiti a seminativi e orticole il livello di accuratezza nello stimare il contenuto di sostanza organica e le componenti tessiturali con i modelli predittivi basati su integrazione di dati prossimali, dati telerivelati e mappe di suolo regionali sia estremamente elevato se consideriamo la velocità con cui si possa ottenere questo dato. Maggiormente complessa è invece la valutazione all'interno di impianti di colture arboree in cui le diverse situazioni gestionali (sottofila lavorato o diserbato e interfila inerbito) richiedono una maggiore taratura e integrazione con i dati pedologici.

In sintesi è emerso che la mappatura prossimale è sicuramente un approccio avanzato tecnologicamente "maturo" scalabile e con risvolti applicativi interessanti nei seminativi. Senz'altro nelle colture arboree l'approccio va ulteriormente tarato e integrato. L'integrazione dei due metodi inoltre consente di integrare i dati di mappatura prossimale che sono in grado di interpretare le proprietà dello strato superficiale (0-30 cm), mentre con l'integrazione pedologica è possibile inerire informazioni aggiuntive in merito alle conoscenze degli strati pedologici profondi. Pertanto si auspica valido l'approccio di mappatura prossimale integrata con lo studio pedologico.

Una altra serie di considerazioni che possono essere fatte applicando un approccio di mappatura prossimale sono le seguenti:

- velocità di misurazione delle proprietà del suolo (senza calibrazione "locale" la stima di molte proprietà del suolo con l'approccio prossimale è diretta in campo ed accurata grazie ai modelli di IA ben calibrati e validati su un ampio spettro di tipologie di suolo)
- l'alta frequenza di misurazione e la possibilità di restituire in poco tempo a costo ridotto mappe ad alta risoluzione (risoluzione fino al metro) offre la possibilità di rilevare differenze sostanziale nelle proprietà del suolo all'interno del medesimo appezzamento e tra più appezzamenti in quanto sono mappabili contemporaneamente fino a 50 ha al giorno.
- Il processo di collezione in campo dei dati e il successivo scaricamento e processamento dei dati è semi-automatizzato grazie all'utilizzo di software che si basano su algoritmi calibrati e testati da operatori con conoscenze informatiche di medio livello (office, interfacce grafiche e software per quali QGis)
- La georeferenziazione dei dati offre la possibilità di utilizzare tali mappe in applicazioni quali applicazioni di tecniche di agricoltura di precisione (concimazione e irrigazione a rateo variabile) e processi di certificazione e verifica degli assorbimenti del carbonio all'interno di programmi di carbon farming (le mappe possono essere utilizzate come dati di input per modelli di stima delle variazioni di C del suolo oppure come layer per l'identificazione tramite

smart sampling dei punti di campionamento per l'inizializzazione dei modelli o verifica delle stima modellistiche).

Di seguito si evidenzia la stima dell'analisi dei costi per una superficie media di 10 Ha applicando l'approccio integrato.

Tabella 40 Costi stimati (eur/ha) del rilievo pedologico classico e dei vari approcci di mappatura prossimale e loro relativa accuratezza (media RMSE % normalizzata per la sostanza organica e la tessitura nei 4 siti di monitoraggio per gli approcci di mappatura prossimale e deviazione standard % delle repliche di laboratorio per il rilievo pedologico). Tali valori di costo sono stimati per un appezzamento medio di 10 ha e tengono conto dei costi fissi e variabili da sostenere e ammortamento a 10 anni dei mezzi di lavoro (trivelle, strumenti laboratorio, sensori, etc..) e al contrario non tengono conto del costo di viaggi (partenza e ritorno al luogo di lavoro).

Rilevamento pedologico con trivella relazione e integrazione alla mappatura prossimale	100 euro/Ha
Eventuale studio con 2 profili di suolo e analisi degli orizzonti (Opzionale)	150 euro /Ha
Mappatura prossimale cons sensore Veris i-Scan PRO (Fig.21 e 22) attaccato a trattore	140 euro /Ha
Mappatura prossimale con sensore raggi gamma (Figura 23) installato su quad con autocampionatore	130 euro/ha
Costo analisi di controllo (6 campioni circa ogni 10 Ha)	60 euro/ha

Tipologia rilievo proprietà del suolo strato superficiale (30 cm)		Accuratezza (A _i) (nRMSE %)	Costo (C _i) (eur/ha)	Rapporto costo/accuratezza relativo* $\epsilon = \frac{C_{ril ped} \times A_{ril ped}}{C_{map pros} \times A_{map pros}}$
Rilevamento pedologico con n=6 campioni per appezzamento di 10ha*		18%	100	-
Mappatura prossimale cons sensore Veris i-Scan PRO (Fig.21 e 22) attaccato a trattore	Modello "globale"	28%	55	1.17
	Modello "locale" con n=3 campioni per appezzamento (se <30ha)	20%	85	1.06
Mappatura prossimale con sensore raggi gamma (Figura 23) installato su quad con autocampionatore	Modello "globale"	25%	50	1.44
	Modello "locale" con n=3 campioni per appezzamento (se <30ha)	15%	80	1.50

* quando ϵ è maggiore di uno, $\epsilon > 1$, la mappatura prossimale è più efficiente in termini di costi rispetto allo schema di riferimento (rilievo pedologico classico).

** Campionamento-> analisi->restituzione valori puntuali

*** Mappatura-> applicazione modello -> restituzione mappe

**** Mappatura-> Campionamento-> analisi -> applicazione modello -> restituzione mappe



Figura 31 (a) Particolari del tablet utilizzato per la visione in tempo reali della mappatura con sensore gamma, (b) identificazione tramite software dedicato e navigazione verso i punti di campionamento e (c) campionamento nella stessa giornata della mappatura dei punti per la calibrazione sito-specifica del modello predittivo per proprietà multiple del suolo

Tabella 40 Valori di SO (%) media stimata per sottofila e interfila del frutteto del sito di monitoraggio dell’Az. Gran Frutta Zani ottenuti dal modello predittivo UCSC “locale” per entrambi i sensori prossimali con n=3 punti di calibrazione (punti rossa Figura 31a) sito specifica e confronto con valore misurati di SO ottenuti da con n=4 punti di campionamento (punti neri Figura 31a) da parte di I.TER con rilevamento pedologico.

Trattamento	Valori	Rilevamento pedologico I.TER	Veris iScan	Raggi gamma
Interfila	SO (%)	3.73	3.1	2.95
	Dev Stand (%)	0.8	0.24	0.21
Sottofila	SO (%)	5.51	-	3.55
	Dev Stand (%)	1.93	-	0.08

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti. L’inserimento nella rete di monitoraggio sullo stato di salute dei suoli di un’azienda agricola frutticola (Ballardini) che è stata vittima di danni da alluvione ha comportato uno slittamento delle attività, in quanto si sono dovute attendere che le condizioni di inerbimento e di umidità dei suoli consentissero il passaggio nell’interfilare delle macchine attrezzate con appositi sensori prossimali.

2.2.7 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia media	monitoraggio suolo	43,00	80	3.440,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	monitoraggio suolo	27,00	156	4.212,00
	Responsabile scientifico	Svolgimento prove in campo	31,00	223	6.913,00
	Professore	Supervisione prove in campo	73,00	80	5.840,00
	Tecnico di laboratorio	Svolgimento prove in campo	31,00	176	5.456,00
	Collaboratore	Svolgimento prove in campo		1.036	13.355,57
				Totale:	39.216,57

2.5.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze - società

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Gruppo C.S.A. S.p.A.		160,00	sostanza organica	160,00
Gruppo C.S.A. S.p.A.		1.180,00	analisi suolo routinarie	1.180,00
Gruppo C.S.A. S.p.A.		100,00	densità apparente e umidità	100,00
Totale				1.440,00

2.1.8 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 3.6: LINEE GUIDA PER LA BUONA GESTIONE DEL SUOLO E DELLE ACQUE E PER RIDURRE LE AVVERSITÀ CON TECNICHE A BASSO IMPATTO

Unità aziendale responsabile: I.ter

Le linee Guida prodotte hanno riguardato in particolare la buona gestione del suolo nelle aree alluvionate oltre alla raccolta di alcune considerazioni di buona gestione dei suoli emiliano romagnoli. In particolare per i suoli alluvionati sono emerse le seguenti considerazioni e linee guida.

LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL SUOLO NELLE AREE ALLUVIONATE

OSSERVAZIONI CONDIVISE NEL CORSO DEI VARI SOPRALLUOGHI E INCONTRI TECNICI IN CAMPO

1) Le zone alluvionate sono state interessate da una diversa durata del periodo di allagamento, variabile da poche ore fino a 20 giorni circa. La durata di sommersione degli appezzamenti indagati rappresenta un elemento fondante utilizzato per la distinzione delle diverse situazioni riconosciute.

2) Le zone alluvionate sono state interessate dalla deposizione di sedimenti di diverso spessore che è diminuito in fase di asciugamento rispetto alla fase bagnata. Lo spessore dei depositi asciutti rappresenta un elemento fondante utilizzato per la distinzione delle diverse situazioni riconosciute.

3) I sedimenti sono caratterizzati da diversi contenuti di sabbia, limo e argilla. Nelle aree alluvionate indagate e situate in zone distanti dai fiumi e dai torrenti, prevalgono depositi limosi con argilla variabile dal 26 al 40%, contenuti di sabbia molto fine < 10% e limo dal 50 al 65% circa (stima di esperto). Negli appezzamenti in prossimità della rottura dell'argine del fiume prevalgono invece depositi sabbiosi uniti a depositi zonali di ciottoli e/o detriti vari.

4) Nelle colture arboree caratterizzate da un sottofila baulato o rincalzato, il sedimento generalmente si è dimostrato essere di minore spessore rispetto a quello presente nell'interfila; ciò era particolarmente evidente nelle situazioni in cui il deposito non superava in generale i 2-3 cm di spessore.

5) Nei primi giorni posteriori al ritiro delle acque i depositi alluvionali rilasciati sui campi si presentavano in forma fangosa bagnata, asciugandosi poi nel tempo e dando origine a croste di diverso spessore. In forma fangosa si sono evidenziati fenomeni di anossia (colori grigio verdastri e odore di putrescenza nella parte bassa del sedimento a contatto con il piano di campagna originario).

6) Il grado di durezza dei sedimenti è stato condizionato dal loro stato di umidità, dallo spessore (più spesso, più duro) e dalla tessitura (più argilla, più duro). Il passaggio di umidità del sedimento dallo stato di “tempera”, idoneo per le lavorazioni, allo stato “secco” è avvenuto, generalmente, in maniera repentina. In particolare, negli impianti frutticoli caratterizzati da lunghi filari le condizioni di umidità del suolo erano diverse, presentando una maggiore umidità o bagnatura verso la direzione di scolo delle acque. Tutto ciò ha richiesto l’attenzione dell’agricoltore per scegliere il momento migliore per l’esecuzione della lavorazione.

7) I suoli originari al di sotto del sedimento fangoso presentavano condizioni di normale umidità e non erano mai bagnati. I rilievi pedologici eseguiti con trivella olandese nelle diverse situazioni di deposito e allagamento hanno sempre riscontrato condizioni del suolo originario indagato (fino a circa 100 cm) da poco umide a umide in tutto il profilo. Eccezionalmente, sono stati riscontrati strati bagnati solo in zone in cui era presente una risalita di falda sottostante. In generale, i suoli di medio impasto al momento dei vari rilievi si presentavano ben drenati, con una discreta struttura e in buone condizioni. In alcune situazioni sono stati rilevati lombrichi vivi. La struttura del suolo originario riscontrata era quella tipica dell’area pedologica indagata, per cui non si sono evidenziati cambiamenti determinati dall’allagamento. Lo stesso si è verificato anche nei suoli alluvionati caratterizzati da un contenuto di argilla > 40%. Eclatante l’impronta del passaggio delle macchine rilevato nelle carreggiate degli impianti arborei. Qui, il sedimento fangoso bagnato si è spostato sotto il peso della macchina e la ruota ha appoggiato direttamente sul suolo originario umido e con buone condizioni di portanza.

8) Le piante presenti nei siti indagati mostravano uno stato di salute migliore rispetto a quanto ci si potesse aspettare. Le foglie di alcune specie (in particolare pesco e albicocco) si sono seccate solo nel caso in cui siano state sommerse dall’alluvione, ma qualche giorno dopo l’allontanamento delle acque i rametti hanno ricacciato nuove foglie. Per quanto riguarda le pomacee (pero e melo) le foglie si sono sporcate, ma non seccate. Alcune specie (in particolare drupacee) hanno manifestato a livello del punto d’innesto fenomeni di gommosi, in quanto probabilmente la sommersione dei tessuti del tronco potrebbe aver aggravato la disaffinità di innesto. Comunque per fare bilanci reali sullo stato di salute delle piante è necessario continuare a verificare la risposta nel tempo e nel corso, almeno, della prossima annata di produzione.

9) La morte delle piante alluvionate generalmente è stata riscontrata nelle aree morfologicamente depresse e interessate dall’innalzamento della falda sottostante.

10) Le varie osservazioni inerenti lo stato di salute dei suoli e delle piante hanno portato a condividere che, indipendentemente dalla durata del periodo di sommersione, il suolo originario non ha raggiunto lo stato di saturazione d’acqua. L’acqua si è infiltrata in profondità grazie ai macropori, ma non ha saturato i meso e micropori del suolo. Pertanto le radici delle piante arboree sono riuscite a sopravvivere. Ciò viene confermato anche dallo stato fisiologico osservato nelle piante, che non hanno manifestato fenomeni epinastici di foglie e germogli (curvatura verso

il basso) tipici della presenza di anossia a livello radicale. Tuttavia in alcuni casi, l'allagamento dei terreni potrebbe aver danneggiato la funzionalità degli apparati radicali, con una diminuzione della loro capacità di assorbimento idrico, che si è evidenziata durante l'estate, in cui per parecchie giornate si sono raggiunte temperature molto elevate, a cui non sempre le piante sono state in grado di resistere.

11) La maggior parte degli impianti visitati hanno evidenziato danni alla sistemazione del terreno e alla rete scolante (es. baulature compromesse, fossi di scolo riempiti da sedimenti, modifica delle pendenze di scolo delle acque, etc.). Nei siti in prossimità delle rotte fluviali il terreno è stato interessato da forte erosione, talvolta con scalzamento delle piante, oltre che da deposito localizzato.

12) In generale, nei casi in cui il sedimento si è depositato, è stato necessario intervenire per arieggiare il suolo con lavorazioni la cui intensità e ripetizione dei passaggi, è stata condizionata dallo spessore del sedimento. Laddove il deposito presentava detriti, ghiaie e/o materiale vario è stato necessario rimuoverli dal terreno.

PRINCIPALI CONSIDERAZIONI EMERSE DURANTE GLI INCONTRI IN CAMPO

Le principali considerazioni sulla gestione dei sedimenti in frutticoltura, viticoltura e seminativi vengono espresse di seguito per le quattro casistiche di diverso spessore dei sedimenti e durata della sommersione individuate (vedi Allegato 1 per materiale fotografico).

In generale, il Gruppo di Lavoro ha condiviso l'importanza di aumentare il contenuto di sostanza organica biologicamente attiva nei sedimenti e pertanto nel futuro strato superficiale lavorato.

In particolare, si è valutato di **integrare sostanza organica stabilizzata**, ponendo attenzione al bilancio C/N tramite:

- **L'utilizzo di compost, ammendanti, letame maturo**, etc. A tale proposito, si veda l'Allegato 2 del presente documento riguardante la *"Carta della localizzazione degli impianti di digestione anaerobica e degli impianti di compostaggio in relazione alla dotazione in sostanza organica dei suoli della pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm"*.
- **L'impiego di sovesci** per favorire sia l'aumento di sostanza organica attiva, sia il miglioramento della struttura del sedimento/ suolo grazie alla funzione degli apparati radicali delle specie utilizzate.

Di seguito si riportano le linee Guida condivise e definite per la gestione dei suoli delle aree diversificate per durata di allagamento e spessore dei sedimenti depositati dall'alluvione.

AREE INTERESSATE DAL DEPOSITO DI SEDIMENTI SPESSI DA 1 A 3 CM E DA ALLAGAMENTO DURATO AL MASSIMO 7 GIORNI

FRUTTETI E VIGNETI

Interfila: L'inerbimento è stato preservato e non è stato compromesso dal deposito alluvionale. Può essere stato opportuno eseguire lavorazioni volte ad arieggiare il suolo e a preservare l'inerbimento.

Sottofila: Il deposito, seppur di modesto spessore, ha determinato croste che potevano limitare l'infiltrazione dell'acqua di irrigazione, ma anche piovana. Pertanto, i tecnici hanno eseguito prove di irrigazione monitorando il ruscellamento e/o assorbimento dell'acqua al fine di valutare la necessità o meno di intervenire nel sottofila con lavorazioni superficiali. L'eventuale scelta di non eseguire lavorazioni superficiali è stata determinata dalla volontà di evitare la rottura dei capillari dell'apparato radicale al fine di contenere eventuali ulteriori stress alla pianta.

SEMINATIVI

Non si sono evidenziate particolari criticità per la gestione futura; il modesto spessore del sedimento ne consente una facile miscelazione con il suolo originario tramite lavorazioni superficiali e/o profonde a seconda delle necessità colturali.

AREE INTERESSATE DAL DEPOSITO DI SEDIMENTI SPESSI DA 3 A 20 CM E DA ALLAGAMENTO DURATO AL MASSIMO 7 GIORNI

FRUTTETI E VIGNETI

Interfila: L'inerbimento è stato completamente coperto e compromesso dal deposito alluvionale. Al fine di incorporare il sedimento nel suolo si è condiviso di eseguire lavorazioni superficiali con profondità (se possibile) doppia dello spessore del sedimento. La difficoltà è stata quella di poter effettuare le lavorazioni con il sedimento in condizioni di tempera. Infatti, nei filari molto lunghi le condizioni di umidità dei sedimenti non erano omogenee (più umidi verso lo scolo delle acque) e pertanto l'agricoltore ha individuato il momento maggiormente idoneo per le lavorazioni in funzione della propria esperienza. Gli agricoltori hanno eseguito diverse tipologie di interventi al fine di incorporare i depositi alluvionali nel suolo in relazione all'attrezzature in loro possesso (es. dal trinciazolle sull'interfila o il giroterra, ai dischi nel sottofila o il girorami in assenza di baulatura e spessore non troppo elevato della crosta, a prove tecniche con ripuntatori, vangatrici o rotoaratri). Si enfatizza ulteriormente la necessità di monitorare le tecniche e i tempi di ripristino delle sistemazioni degli appezzamenti (interramento sedimento; ripristino baulature e pendenza scolo-acque, ripristino dei fossi di scolo, etc.).

Sottofila: Nelle zone baulate il maggiore spessore del sedimento si è depositato nell'interfila. Pertanto, caso per caso in funzione dello spessore del sedimento, è stato necessario valutare se eseguire o meno la lavorazione del sottofila. In generale, si è convenuto che la lavorazione e l'incorporamento del sedimento anche nel sottofila potesse favorire l'infiltrazione dell'acqua di irrigazione e l'arieggiamento del suolo.

SEMINATIVI

Si è condiviso che:

- **L'esecuzione di lavorazioni superficiali**, ad esempio con erpici a dischi, profonde circa 20-25 cm, o comunque del doppio dello spessore del deposito alluvionale, potesse favorire il miglioramento della struttura del sedimento frammentandolo.
- **L'esecuzione di una seconda lavorazione profonda**, come un'aratura a 40-50 cm, potesse facilitare l'incorporamento del sedimento nel suolo originario.

Sintesi Incontri Terreni Alluvionati Pagina 7 di 8

AREE INTERESSATE DAL DEPOSITO DI SEDIMENTI CON SPESSORE < 5 CM E DA ALLAGAMENTO DURATO DA 7 A 20 GIORNI

FRUTTETI E VIGNETI

Interfila: L'inerbimento è stato preservato e non è stato compromesso dal deposito alluvionale. Può essere stato opportuno eseguire lavorazioni volte ad arieggiare il suolo e a preservare l'inerbimento.

Sottofila: Il deposito, seppur di modesto spessore, ha determinato croste che potevano limitare l'infiltrazione dell'acqua di irrigazione, ma anche piovana. Pertanto, i tecnici hanno eseguito prove di irrigazione monitorando il ruscellamento e/o assorbimento dell'acqua al fine di valutare la necessità o meno di intervenire nel sottofila con lavorazioni superficiali. L'eventuale scelta di non eseguire lavorazioni superficiali è stata determinata dalla volontà di evitare la rottura dei capillari dell'apparato radicale al fine di contenere eventuali ulteriori stress alla pianta.

Nel caso di specie innestate è opportuno continuare a monitorare la comparsa o meno di gommosi determinata da una sommersione prolungata del punto d'innesto che potrebbe aver aggravato la disaffinità. In generale, sarà necessario porre particolare attenzione alla risposta vegeto produttiva della pianta nel tempo; ulteriori stress idrici (carenza o eccesso) potrebbero favorire un deperimento irreversibile della coltura.

SEMINATIVI

Non si evidenziano particolari criticità per la gestione futura; il modesto spessore del sedimento consente una facile miscelazione con il suolo originario tramite lavorazioni superficiali e/o profonde a seconda delle necessità colturali.

AREE GOLENALI INTERESSATE DA SEDIMENTI DI VARIO SPESSORE E FENOMENI DI EROSIONE

Generalmente, il sedimento depositatosi in vicinanza di rotte fluviali è caratterizzato da una tessitura sabbiosa o franco sabbiosa simile ai suoli originari. Nonostante la tessitura grossolana, successivamente all'intervento irriguo/evento piovoso si formano croste superficiali che limitano l'infiltrazione di acqua. Valgono, pertanto, le considerazioni finalizzate al miglioramento del contenuto di sostanza organica e di struttura del sedimento già descritte in precedenza.

FRUTTETI E VIGNETI

Interfila: Quando lo spessore è inferiore a 3 cm l'inerbimento è stato preservato e non è stato compromesso dal deposito alluvionale; pertanto può essere stato opportuno eseguire lavorazioni volte ad arieggiare il suolo e a preservare l'inerbimento. Quando lo spessore del deposito alluvionale era > 3 cm l'inerbimento è stato completamente coperto. Per incorporare il sedimento nel suolo originario si è condivisa la necessità di eseguire lavorazioni superficiali con profondità (se possibile) doppia dello spessore del sedimento. Le lavorazioni dovrebbero essere eseguite con il sedimento in condizioni di tempera; pertanto l'agricoltore ha individuato il momento maggiormente idoneo di umidità in funzione della propria esperienza. Gli agricoltori hanno eseguito diverse tipologie di lavorazioni al fine di incorporare i depositi alluvionali nel suolo in

relazione all' attrezzature in loro possesso (es. dal trinciazolle sull' interfila o il giroterra, ai dischi nel sottofila o il girorami in assenza di baulatura e spessore non troppo elevato della crosta, a prove tecniche con ripuntatori, vangatrici o rotoaratri). Si enfatizza ulteriormente la necessità di monitorare le tecniche e i tempi di ripristino delle sistemazioni degli appezzamenti (interramento sedimento; ripristino baulature e pendenza scolo-acque, ripristino dei fossi di scolo, etc.).

Sottofila: In queste aree i processi di deposito o erosione hanno fortemente compromesso le baulature esistenti. Pertanto, sono state generalmente eseguite lavorazioni di ripristino. Sintesi Incontri Terreni Alluvionati Pagina 8 di 8.

SEMINATIVI

Non si evidenziano particolari criticità per la gestione futura quando lo spessore del sedimento è modesto.

Con sedimenti di maggiore spessore si è invece condiviso che:

- L'esecuzione di lavorazioni superficiali, ad esempio con erpici a dischi, profonde circa 20-25 cm, o comunque del doppio dello spessore del deposito alluvionale, potesse favorire il miglioramento della struttura del sedimento frammentandolo.
- L'esecuzione di una seconda lavorazione profonda, come un'aratura a 40-50 cm, potesse facilitare l'incorporamento del sedimento nel suolo originario.

BUONA GESTIONE DEL SUOLO E DELLE ACQUE E PER RIDURRE LE AVVERSITÀ CON TECNICHE A BASSO IMPATTO

Il gruppo di lavoro nei vari incontri, anche in funzione dei risultati emersi nell'azione 3.2 di monitoraggio e nel corso degli incontri in campo, ha condiviso le considerazioni di seguito espresse.

Innanzitutto, un fondamentale riferimento di buone pratiche agronomiche è la pubblicazione "linee guida volontarie per la gestione sostenibile del suolo" (FAO 2015) che chiarisce l'importante ruolo della gestione sostenibile del suolo nel contribuire agli sforzi collettivi per la mitigazione e l'adattamento al cambiamento climatico, per la lotta alla desertificazione e la protezione della biodiversità. La gestione del suolo sostenibile è volta a preservare, mantenere o migliorare i servizi di sostegno, approvvigionamento, regolazione e cultura forniti dal suolo, senza compromettere in modo significativo le funzioni del suolo che li consentono.

Suolo, acqua e sostanza organica sono risorse importanti e da conoscere per un'agricoltura di qualità e sostenibile.

Il suolo è uno dei beni più preziosi dell'umanità, è una risorsa non rinnovabile che è necessario conoscere, tutelare e rispettare. In natura non esiste un unico suolo, ne esistono diversi per origine, colore, profondità, fertilità, e che variano da luogo a luogo, così come si esplica la diversità nelle rocce, nelle piante, negli animali. Il suolo occupa la parte superiore della superficie terrestre, permette la vita dei vegetali, degli animali e dell'uomo. È un organismo vivente, dinamico, operoso. Per consentire produzioni sostenibili il suolo deve essere sano, e l'Agenzia ONU ha

stabilito che un suolo sano si riconosce per “la capacità di sostenere produttività, diversità e i servizi ambientali degli

ecosistemi terrestri”. Pertanto le buone pratiche agricole e la gestione agronomica del suolo rivestono un ruolo importante nella produzione di cibo sano, nutriente e di qualità.

L’acqua rappresenta il principale costituente degli esseri viventi, sia animali che vegetali, superando in alcuni casi anche il 90% della composizione. Regola la crescita e lo stato di benessere generale delle piante. Eccessi di acqua nel suolo durante il periodo vegetativo determinano situazioni di ristagno idrico con problemi di asfissia e mancanza di ossigeno e possono favorire la trasmissione di malattie all’apparato radicale, mentre la carenza d’acqua, porta la pianta a stress da appassimento e a progressivo deperimento. Per mantenere un buon equilibrio vegetativo delle colture è necessario avere una buona struttura nei suoli che possa favorire sia la capacità di accogliere acqua come riserva per le piante ed evitare situazioni di ristagno connesse con compattazione e difficoltà di sgrondo delle acque piovane. È indispensabile conoscere la capacità dei suoli di trattenere acqua disponibile per le piante per eventualmente reintegrare le carenze tramite interventi irrigui. È risaputo che il contenuto d’acqua nel suolo varia a seconda del clima, delle coltivazioni e delle caratteristiche del terreno. Conoscendo quindi i caratteri dei suoli, quali ad esempio tessitura, struttura, porosità, permeabilità e spessore, si può valutare la loro capacità di trattenere l’acqua e renderla disponibile alle piante. Ad esempio, la tessitura sabbiosa, determina maggiori spazi vuoti favorendo una maggiore permeabilità. Mentre nei suoli argillosi, più fini e tendenzialmente meno porosi, l’acqua tende a permanere. La struttura del suolo, cioè la modalità di aggregazione delle particelle terrose, può modificare i pregi o i difetti della tessitura. La tecnica agronomica interferisce sensibilmente sulla struttura, migliorandola se eseguita razionalmente, peggiorandola o addirittura distruggendola se eseguita in modo irrazionale. Per mantenere un corretto equilibrio acqua-suolo è pertanto indispensabile intervenire correttamente sul terreno, scegliendo l’ottimale profondità delle lavorazioni e l’esecuzione in condizioni di umidità del suolo idonee.

Sostanza organica: mantenere o implementare la sostanza organica nei suoli è una necessità.

Il cambiamento climatico favorisce il decremento della sostanza organica nei suoli. Infatti, nelle aree dell’Europa meridionale l’incremento delle temperature favorisce la decomposizione e la mineralizzazione della materia organica, riducendo il contenuto di carbonio organico, con gravi conseguenze sul suolo (processi di desertificazione) e sulla sua capacità produttiva. In Emilia-Romagna la carta della dotazione della sostanza organica evidenzia lo scarso contenuto di sostanza organica presente in buona parte dei suoli agricoli della pianura. Inoltre, per garantire adeguati livelli produttivi, si ricorre a continue integrazioni con i fertilizzanti sintetici il cui abuso è una minaccia per l’ambiente. Ad aggravare tale contesto contribuiscono la crisi energetica, la difficoltà di approvvigionamento e l’incremento dei costi delle materie prime, producendo un aumento dei prezzi dei fertilizzanti.

Sempre più si assiste a un considerevole interesse nell’ utilizzo di Compost e di Biodigestato sia per la necessità di accrescere la sostanza organica nei terreni coltivati, sia per l’incremento della disponibilità di tali materie organiche. Rispetto al letame esse presentano notevoli vantaggi, quali,

ad esempio, la maggiore reperibilità, i minori costi di trasporto e spandimento, il minor volume, l'odore assente o poco percepibile e l'assenza di semi di infestanti. Le attività di monitoraggio ad oggi perseguite prima con il GO SOSFERA e ora con il GO APPLICA nel sito dell'Azienda Deltabio hanno evidenziato il miglioramento generico delle caratteristiche chimiche-fisiche del terreno (struttura e fertilità), e implementazione del contenuto di sostanza organica. Inoltre, la reintegrazione e il ricircolo di biomasse ottenute da residui e sottoprodotti della filiera agroalimentare nonché il loro utilizzo razionale, consentono di minimizzare il costo ambientale delle materie prime a monte della filiera produttiva, ampliandone contemporaneamente la disponibilità e alimentando un processo virtuoso in un'ottica di economia circolare. La buona gestione di queste matrici necessita l'impostazione di un piano di fertilizzazione prima dell'uso al fine di non eccedere con le dosi e garantire la massima efficienza della concimazione. Per l'approvvigionamento di tali matrici si può fare riferimento a quanto prodotto nelle linee guida definite con il GO SOSFERA: <https://rinova.eu/it/news/pubblicate-le-linee-guida-sosfera-per-il-mantenimento-della-sostanza-organica-nei-suoli/>

I punti focali delle buone pratiche agronomiche sono i seguenti:

- ridurre al minimo l'erosione del suolo da parte di acqua e vento;
- mantenere una buona struttura del suolo evitando la compattazione;
- mantenere una copertura superficiale sufficiente per proteggere il suolo, come ad esempio l'inerbimento permanente o una cover crop nel periodo delle piogge.
- mantenere o migliorare il contenuto di sostanza organica, ad esempio con apporti di materiali organici, contenendo le lavorazioni, favorendo la copertura dell'interfilare con inerbimento permanente o sovescio;
- mantenere o migliorare la fertilità del suolo utilizzando piani di fertilizzazione;
- applicare la buona gestione dell'acqua favorendo l'infiltrazione delle acque da precipitazioni e garantendo il drenaggio di qualsiasi eccesso oltre a puntare a un utilizzo efficiente per soddisfare le esigenze delle piante: gli impianti di irrigazione a goccia, tipicamente utilizzati nella frutticoltura emiliano-romagnola assolvono bene queste funzioni;
- preservare la biodiversità del suolo per sostenerne tutte le funzioni biologiche;
- ridurre l'impermeabilizzazione del suolo aziendale al minimo;
- non contaminare il suolo;
- contenere la salinizzazione e la sodificazione del suolo.

Inoltre le buone pratiche devono volgere alla riduzione delle emissioni di gas serra al fine di contenere l'impronta di carbonio e favorire:

- il sequestro del carbonio dall'atmosfera nel suolo: le tecniche di sequestro del carbonio sono tutte quelle pratiche agricole che tendono alla conservazione della fertilità del suolo perché aumentano il suo contenuto di sostanza organica, quali ad esempio l'inerbimento dell'interfilare

- aumentare l'efficienza produttiva: intensificazione sostenibile che migliori le produzioni tramite un più efficiente impiego degli input.
- ridurre le emissioni: ottimizzare in primis la fertilizzazione azotata (dosi, epoche, tipologie di fertilizzanti, tecnologie di precisione, modalità di distribuzione soprattutto per gli effluenti di allevamento) e l'impiego degli altri mezzi tecnici (acqua, mezzi per la difesa).
- produrre e risparmiare energia: possono contribuire tutti gli interventi di risparmio energetico e di aumento della efficienza energetica delle macchine impiegate, oltre all'installazione di impianti di produzione energetica da fonte rinnovabile (es. fotovoltaico).

In particolare, per le produzioni frutticole le seguenti pratiche contribuiscono, in ordine di importanza, alla riduzione delle emissioni di gas serra (GHG):

- tecniche di ottimizzazione nell'impiego dei fertilizzanti per la riduzione sia delle emissioni derivanti dalla loro produzione industriale, in particolare degli azotati di sintesi, che il loro uso in campo (emissioni di N₂O);
- adozione di bilanci nutritivi, opportunamente supportati da sistemi decisionali e analisi sulla fertilità del suolo, per il contenimento della dose di azoto, il frazionamento e la scelta del fertilizzante;
- adozione di tecniche più efficienti di distribuzione come la fertirrigazione;
- adozione di pratiche per ridurre le perdite di N₂O in atmosfera (evitare il compattamento del suolo, assicurare il drenaggio superficiale e più in generale, rispettare le buone pratiche agronomiche nella gestione del suolo che favoriscono la funzionalità microbica del suolo).
- impiego di fonti energetiche rinnovabili, ad es. per il funzionamento degli impianti di irrigazione e delle macchine operatrici (carro raccolta elettrico).
- impiego di sensoristica locale e sistemi informativi a supporto delle decisioni per l'ottimizzazione dell'irrigazione.
- utilizzo di materiali rinnovabili nelle infrastrutture di sostegno del frutteto, come ad es. la paleria in legno, anziché in cemento armato.
- impiego più efficiente dei prodotti agrochimici (fitofarmaci) e loro sostituzione, qualora possibile, con tecniche alternative (es. confusione sessuale).
- se non sussistono particolari problematiche fitosanitarie, lasciare in campo i residui di potatura e trinciarli.

Di seguito alcune considerazioni tecniche per ottenere quanto sopra esposto.

Seminativi

E' necessario contenere la profondità delle lavorazioni ed eseguirle in buone condizioni di umidità al fine di migliorare la struttura e l'attività biologica del suolo, favorendo anche la preservazione o aumento di sostanza organica. Intervenire con drenaggi solo nelle situazioni in cui è necessario.

Colture arboree

L'inerbimento dell'interfilare è importante nelle colture arboree perché facilita la percorribilità con i mezzi meccanici e preserva o migliora il contenuto di sostanza organica e la qualità biologica nel suolo ma richiede attenzione e tecniche volte a contenere la compattazione determinata dal passaggio delle macchine. Come evidenziato dalle prove di infiltrazione (azione 3.2, i frutteti risultano caratterizzati da tre microambienti: sottofila, interfila e zona di passaggio dei mezzi. Quest'ultima appare generalmente compatta e nelle colture che necessitano importanti quantitativi di acqua irrigua (es. Kiwi) si evidenziano zone con evidente ristagno idrico che in parte possono condizionare la salute degli apparati radicali superficiali. Si consiglia pertanto di utilizzare l'arieggiatore (de compattatore) sia per contenere la compattazione del passaggio delle macchine, che per favorire la percolazione delle acque e facilitare l'esplorazione radicale. La frequenza dei passaggi dell'arieggiatore cambia in funzione del tipo di suolo (più frequente nei suoli franco limoso argillosi rispetto ai suoli con tessitura media o più grossolana). L'uso degli arieggiatori facilita l'approfondimento radicale; sarebbe bene farlo in autunno in condizioni di tempera. Non è necessario arieggiare tutti gli anni.

Per evitare feltri di vegetazione superficiale (inerbimenti > 20 anni) si consiglia di mantenere l'erba più alta (fare taglio più avanti nella stagione).

Sarebbero da prediligere inerbimenti alternati a interfilari lavorati o sovesciati. Si è osservato negli incontri in campo che se l'erba cresce in alto si sviluppa meglio il suo apparato radicale favorendo l'approfondimento della sostanza organica.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e integrati/adattati a seguito dell'emergenza alluvione 2023; non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività.

2.2.8 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	definizione linee guida	27,00	152	4.104,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	definizione linee guida	43,00	84	3.612,00

	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	definizione linee guida	27,00	144	3.888,00
Totale:					11.604,00

2.5.5 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze persone fisiche

Nominativo del consulente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	25.164,00	definizione linee guida	3.132,00
Totale			3.132,00

2.1.9 ATTIVITÀ E RISULTATI

AZIONE 4: DIVULGAZIONE

Unità aziendale responsabile: Ri.Nova e I.Ter

Azione 4.1 - Divulgazione tecnica

L'azione è stata sviluppata tramite:

- Definizione e promozione del GO “APPLica”; ciò è stato avviato in tutte le attività realizzate sia negli incontri di divulgazione che negli incontri e sopralluoghi in campo.
- 1 Comunicato Stampa: emesso il 23/07/24. <https://rinova.eu/media/airo4njg/cs-applica-230724.pdf>
- Trasmissioni radiofoniche di “comunicazione rurale” presso Radio Budrio. per diffondere i risultati, le conoscenze e le informazioni derivanti dal lavoro del GO. il Responsabile della Comunicazione radiofonica di I.TER, ha avviato la comunicazione attraverso la radio, all’interno dell’apposita rubrica “Terra Terra”, attualmente trasmessa su Radio Budrio. Sono state realizzate 15 trasmissioni radiofoniche di circa 10 minuti inerenti le varie tematiche trattate con Il GO APPLICA. Ogni puntata è inserita nel podcast di Radio Budrio e nel sito web di I.TER dedicato al progetto: <https://www.pedologia.net/it/GO-APPLica/cms/Pagina.action?pageAction=&page=InfoSuolo.69&localeSite=it>
- Articoli tecnici:
 - Difendere il suolo e ripristinare la fertilità dopo l’alluvione in Romagna. Frutticoltura n. 9, 2023. https://rinova.eu/media/e2lhwt1v/difendere-il-suolo_applica-301123.pdf
 - Lo stato dei suoli e delle colture arboree colpite. ECOSCIENZA Numero 5, Anno 2023. <https://rinova.eu/media/0qmp3leu/ecos2023-05-per-web-68-69.pdf>
- Nota tecnica:
Emergenza terreni alluvionati - Sintesi delle principali considerazioni e informazioni tratte nel corso di incontri tecnici in campo. https://rinova.eu/media/qgxdqflm/sintesi-incontri-terreni-alluvionati_def.pdf
- Visite guidate:
 - 25/06/24 Emergenza terreni alluvionati (colture arboree). Confronto in campo: monitorare lo stato di salute dei suoli e delle piante per condividere le migliori tecniche di gestione. https://rinova.eu/media/xltkuxjh/alluvione-visita-25_6_24_def.pdf

- Incontri tecnici in campo:
 - 20/07/23 Emergenza terreni alluvionati (colture arboree). Confronto in campo: monitorare lo stato di salute dei suoli e delle piante per condividere le migliori tecniche di gestione. https://rinova.eu/media/3mcdqz15/alluvione-visita-20_7_23_rvfr.pdf
 - 03/08/23 Emergenza terreni alluvionati (colture estensive, orticole e arboree). Confronto in campo: monitorare lo stato di salute dei suoli e delle piante per condividere le migliori tecniche di gestione. https://rinova.eu/media/iuanbohx/alluvione-visita-e-incontro-3_8_23_v03.pdf
 - 24/08/23 Emergenza terreni alluvionati (colture arboree). Confronto in campo: monitorare lo stato di salute dei suoli e delle piante per condividere le migliori tecniche di gestione. https://rinova.eu/media/1qigtjy4/alluvione-visita-e-incontro-24_8_23.pdf

- Convegno finale:
01/08/24 – Convegno conclusivo del Progetto APPLICA. C/o Granfrutta Zani https://rinova.eu/media/2ubhve5r/applica-convegno-finale-010824ra_.pdf

- Audiovisivo con le interviste ai protagonisti del GOI:
https://www.youtube.com/watch?v=T8g2Dp_RAIU&t=10s

- 6 brevi audiovisivi che trattano il tema del suolo sono stati realizzati da I.TER con la collaborazione della videomaker Angelica Bellei. L’obiettivo raggiunto è stato quello di fornire informazioni sul suolo. Gli audiovisivi sono stati caricati sul sito web e la chat “INFOSUOLO” creata da I.TER su telegram.

- Podcast Radio Budrio - Terra terra : <https://www.radiobudrio.it/podcast/budrio-new-york.html>

- Pagina dedicata sul Portale RI.NOVA: <https://rinova.eu/it/progetti/applica-applicazione-per-la-diagnosi-dello-stato-di-salute-di-suoli-e-piante/>

- Pagina dedicata sul Portale I.ter: <https://www.pedologia.net/it/GO-APPLICA/cms/Pagina.action?pageAction=&page=InfoSuolo.69&localeSite=it>

- Sezione Social:
<https://www.facebook.com/share/p/dBnAzD6LKqwEVcqb/>
<https://www.facebook.com/share/p/Nz9eFAPuHgdiFk1j/>
<https://www.facebook.com/reel/799740138663344>

AZIONE 4.2 – Divulgazione per le scuole e l’inclusione sociale

Il piano ha previsto l’organizzazione di due “Seminari di dialogo sul suolo” realizzati in campo presso due delle sedi COpAPS Cooperativa sociale a.r.l, azienda socia del Consorzio L’Arcolaio.

I seminari si sono realizzati le mattine di: lunedì 25 marzo 2024 c/o COpAPS Cooperativa sociale a.r.l - Sasso Marconi; martedì 09 aprile 2024 c/o Agriturismo Parco della Chiusa – Casalecchio di Reno (BO).

La locandina degli eventi: <https://rinova.eu/media/pdzln51x/applica-alla-scoperta-delle-terre.pdf>

I “Seminari di dialogo sul suolo” sono stati proposti agli utenti e ai lavoratori della cooperativa COpAPS interessati al tema suolo e anche al mondo della scuola: nr. 4 classi con circa 100 alunni, della scuola IC di BORGONUOVO di Sasso Marconi (BO).

L’ISTITUTO COMPRENSIVO DI BORGONUOVO aveva manifestato l’interesse tramite specifica lettera allegata al progetto.

In particolare:

- il 25/03 hanno partecipato attivamente la classe 1A e 1C con 37 alunni e 2 insegnanti.

- il 09/04 hanno partecipato attivamente la classe 1B e 2B con 43 alunni e 3 insegnanti.

I due eventi sono stati realizzati dagli esperti di didattica e divulgazione di Ri.NOVA, dagli esperti del suolo di I.TER che hanno collaborato insieme per trasmettere la conoscenza del “bene” suolo come uno dei più preziosi per l’umanità.

“Il suolo è una risorsa vitale, limitata, non rinnovabile e insostituibile. Un suolo sano costituisce la base essenziale dell’economia, della società e dell’ambiente, in quanto produce alimenti, accresce la nostra resilienza ai cambiamenti climatici, agli eventi meteorologici estremi, alla siccità e alle inondazioni e favorisce il nostro benessere. Riesce inoltre a immagazzinare carbonio, ha una maggiore capacità di assorbire, conservare e filtrare l’acqua e fornisce servizi vitali come alimenti sicuri e nutrienti e biomassa per i settori non alimentari”. Questa Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio (5 luglio 2023) esprime in maniera chiara l’importanza del suolo e delle sue principali funzioni.

Durante i “Seminari di dialogo sul suolo” si sono voluti trasmettere i valori pedagogici e didattici quali: le competenze sociali e trasversali, le abilità manuali, la socializzazione tra pari, l’osservazione di caratteristiche e inclinazioni personali difficilmente rilevabili nei contesti didattici tradizionali, orientando gli studenti verso possibili scelte di studio e di lavoro in ambito agricolo-agroalimentare. Momenti che hanno anche valorizzato l’ambito socio-ambientali e quindi: le conoscenze in campo botanico, agrario e ambientale.

L’attività ha avvicinato gli alunni al mondo del suolo, attraverso la diretta osservazione e l’esperienza pratica, che ha fatto comprendere il sistema di relazioni complesso della vita sulla terra partendo dalle azioni e dai luoghi quotidiani.

Questi eventi hanno anche offerto la possibilità di far conoscere il suolo per coltivare il proprio orto, sono nate discussioni sulla scelta delle piante da coltivare anche nell'orto che gli alunni curano quotidianamente nel cortile della scuola stessa.

In funzione delle caratteristiche dei suoli, inoltre, è stata l'opportunità per informazioni anche sui problemi di crescita delle piante.

Per fare comprendere la complessità e l'importanza di tale risorsa è stato ideato un percorso didattico-educativo ad hoc per gli adulti e per gli alunni della scuola, grazie alla metodologia dell'imparare facendo: la didattica attiva.

Il programma dei seminari è stato creato ad hoc dagli esperti in funzione dei temi, dei destinatari, dei tempi e dei luoghi individuati. Un'attività che aveva l'obiettivo di offrire attività ludico-didattiche ricche di contenuti in un contesto piacevole. Per facilitare l'apprendimento e la comprensione dei temi trattati, sono state utilizzate attrezzature e materiali tecnici del pedologo, ma anche schede didattiche.

I partecipanti sono stati coinvolti attivamente in prima persona dagli esperti. Durante l'attività proposta erano infatti previsti momenti di ricerca attiva in ambiente grazie anche all'utilizzo di strumenti professionali che aiutavano la scoperta, tempi di ascolto e confronto nei punti di maggior interesse della cooperativa e del Parco fluviale e anche fasi di sperimentazione grazie all'utilizzo di materiali che potessero attivare i test.

Di seguito il format che è stato realizzato:

- Accoglienza del gruppo nell'area individuata, delimitata e sicura.
- Presentazione dell'azienda da parte di CoPAPS: specificando chi sono e le attività che realizzano in cooperativa e a servizio dei cittadini.
- Presentazione del programma educativo della mattinata.
- Proposta del cammino in un percorso a tappe dell'azienda agricola/del Parco, alla scoperta dei diversi tipi di suoli, facendo anche l'inquadramento ambientale
- In punti prestabiliti si è andati alla scoperta della Terra. L'esperto pedologo ha messo a disposizione la sua attrezzatura professionale e con l'uso di una trivella ha consentito lo studio del suolo. Il carotaggio ha permesso di vedere: il colore, il contenuto di sabbia, limo e argilla, la presenza di ciottoli, le dimensioni e la distribuzione dei pori, il contenuto di calcare e il pH. Si è stimolata la curiosità dei partecipanti anche per comprendere le principali caratteristiche utili per le scelte di gestione agronomica come ad esempio evidenziare l'esistenza o meno di problemi di ristagno idrico. L'esperto ha descritto le caratteristiche del suolo seguendo appositi manuali e le ha segnalate in schede che sono state poi utilizzate nelle successive fasi di elaborazione.

Nell'area didattica allestita con banchi da lavoro a disposizione dei ragazzi è stato realizzato:

- lo studio dei paesaggi grazie alla Carta dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (1:25000) uno strumento di grande utilità che ha fornito informazioni sulle caratteristiche dei diversi tipi di suolo.

- Lo studio della vita nel suolo ed in particolare del bioindicatore del suo stato di salute: il lombrico. Ai ragazzi è stata offerta la possibilità di vedere e osservare il loro comportamento grazie agli esemplari vivi che erano stati recuperati. Sono state fatte attività pratiche per conoscere la loro vita e le loro abitudini e capire perché sono così importanti per il suolo e quindi per la nostra sopravvivenza. Si è fatto vedere loro anche come costruire un lombricaio per allevarli in classe.

Al termine si è fatta un'attività di analisi sensoriale dei diversi tipi di suolo individuati compreso il campione di suolo del cortile della scuola. I ragazzi hanno messo alla prova i loro sensi per individuare le caratteristiche e le particolarità dei singoli terreni, discutendo in seguito delle differenze e anche delle loro similitudini.

Per verificare che il suolo varia da luogo a luogo a seconda dei vari fattori che ne determinano la formazione (es. geologia, clima, vegetazione, attività umana), gli alunni hanno raccolto nel cortile della scuola e nell'orto dei ragazzi un campione di terra che hanno analizzato insieme all'esperto.

I "Seminari di dialogo sul suolo" hanno coinvolto in totale un centinaio di persone tra adolescenti, insegnanti, educatori e anche utenti della cooperativa sociale.

Ogni evento si è concluso con un momento di condivisione dell'esperienza dal quale sono emerse altre curiosità da parte dei partecipanti ed ha aperto una discussione con gli esperti. Questa esperienza ha messo in luce le emozioni scaturite dai ragazzi e dagli adulti sul momento vissuto insieme, ha fatto affiorare i dubbi e anche le false credenze che avevano sul suolo. Il feedback ricevuto dai partecipanti sui due seminari è risultato positivo. I più giovani hanno valutato l'esperienza ricca di contenuti e anche attraente dal punto di vista della metodologia di didattica attiva adottata. Gli adulti, soprattutto i docenti della scuola, hanno valutato l'esperienza esauriente e hanno chiesto di poter ripetere l'evento per dare la possibilità di partecipare a gruppi di alunni diversi. I docenti hanno anche condiviso con gli organizzatori che il tema "suolo" viene trattato nelle classi seconde ma in maniera ridotta e non sufficientemente esaustivo. Unico appunto è stato fatto sulla durata che potrebbe essere maggiore, per poter offrire agli esperti il tempo di sviscerare i temi nel dettaglio. L'esperienza ha confermato dai partecipanti che gli stimoli ricevuti sono stati volti a far comprendere il sistema di relazioni complesso della vita sulla terra partendo dalle azioni e dai luoghi quotidiani.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità

Gli obiettivi previsti dal piano sono stati raggiunti e integrati/adattati a seguito dell'emergenza alluvione 2023; non sono state rilevate particolari criticità durante lo svolgimento delle attività di divulgazione.

2.2.9 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	147	3.969,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	46	1.242,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	33	891,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	165	4.455,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	8	216,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	16	432,00
	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	8	216,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	divulgazione	43,00	30	1.290,00
	Personale dipendente: costi standard fascia media	divulgazione	43,00	66	2.838,00

	Personale dipendente: costi standard fascia bassa	divulgazione	27,00	79	2.133,00
	Personale non dipendente	divulgazione			3.468,00
	Personale non dipendente	divulgazione			3.240,00
Totale:					24.390,00

2.5.6 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

Consulenze persone fisiche

Nominativo del consulente	Importo del contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	25.164,00	divulgazione	5.724,00
Totale			5.724,00

2.6 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE

Fornitore	Descrizione	Costo
KAIROSTUDIO SRL	Realizzazione audiovisivo	€950,00
ORMA COMUNICAZIONE SOC. COOP.	Realizzazione comunicato stampa	€1.250,00
TRAVEL&SERVICE	Servizio trasporto scolastico	€1.100,00
Totale:		3.300,00

AZIONE 5: FORMAZIONE

Unità aziendale responsabile: Dinamica

2.7 SPESE PER ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E CONSULENZA

Sono stati svolti i seguenti corsi di formazione:

Proposta formativa 5518005 “La gestione nel suolo e della pianta negli ecosistemi agricoli” con la seguente domanda di avvio formazione GOI:

- 5705201 con 19 partecipanti al termine per un importo di costo totale pari a € 13.642,76 la quota di finanziamento pubblico è pari a € 13.642,76 chiusa con domanda di rendiconto formazione GOI n. 5745131.

3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico-scientifiche	Il GOI, pur rispettando gli obiettivi originari, è stato opportunamente adattato alle esigenze contingenti del settore produttivo agricolo derivanti dall'emergenza alluvione 2023, integrando al suo interno diverse attività ovviamente non previste. L'introduzione nella rete di monitoraggio di un'azienda frutticola alluvionata ha comportato anche alcuni ritardi operativi che hanno richiesto una proroga dei termini.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Non si rilevano particolari criticità gestionali.
Criticità finanziarie	Non si rilevano criticità finanziarie.

4 Altre informazioni

Nessuna altra informazione viene integrata.

5 Considerazioni finali

Le attività originariamente previste nel Piano sono state condotte regolarmente e sono state integrate con diverse attività inerenti il suolo a seguito dell'emergenza alluvione del maggio 2023, andando incontro alle richieste del settore produttivo sulla gestione dei suoli alluvionati.

6 - RELAZIONE TECNICA

Con l'**Azione 2** si sono individuati i 4 siti in cui realizzare le attività di monitoraggio delle azioni del Piano e definiti i protocolli di campionamento da utilizzare. I siti sono: l'azienda orticola Soc. Agr. Deltabio, localizzata nei suoli sabbiosi della pianura costiera del Basso Ferrarese con 3 tesi di gestione di matrici organiche (compost, biodigestato e letame); l'azienda Ballardini a Bagnacavallo (RA) su pero alluvionato e interessato da un importante deposito di fango; l'azienda di Granfrutta Zani a Faenza, coltivata a pesco, tipica della frutticoltura della pianura romagnola; l'Azienda Filippi

a Castell'Arquato (PC), coltivata a seminativi in rotazione, con apporto di compost e controllo minerale.

Nell'**Azione 3.1** (Sito dimostrativo sull'utilizzo di matrici organiche in colture orticole nelle zone vulnerabili ai nitrati) sono proseguite le attività, già avviate con il GO SOSFERA, nel sito dimostrativo presso l'azienda Deltabio a Codigoro (FE). Nel monitoraggio 2023 sullo stato nutrizionale del pomodoro da industria, corredato dai rilievi vegeto-produttivi, si è osservata una mancanza di differenze statisticamente significative tra le diverse matrici organiche apportate al suolo in pre-trapianto. In linea generale, lo stato nutrizionale della coltura è stato ottimale per tutte le matrici organiche, con valori di concentrazione fogliare degli elementi nutritivi molto simili, ovvero piccole oscillazioni dovute alla variabilità di campo. Inoltre, per quanto riguarda gli aspetti produttivi e qualitativi, lo stato fitosanitario e la biomassa prodotta (radice-foglia), la coltura non ha marcato differenze statisticamente significative in funzione dell'ammendante utilizzato. Per quanto riguarda l'analisi LCA di impatto ambientale, che ha riguardato le tesi fertilizzate con compost e letame, a fronte di una resa produttiva molto simile tra le due tesi, gli indicatori ambientali sono tutti a favore del letame, con valori talora anche parecchio più bassi, come nel caso del GWP. Al netto di alcune approssimazioni derivanti dal software di calcolo e dalle relative banche dati, si può quindi affermare che l'impiego del letame sia risultato maggiormente sostenibile dal punto di vista ambientale.

Nell'ambito dell'**Azione 3.2** (Servizio di diagnosi dello stato di salute dei suoli), realizzata presso i 4 siti individuati nell'ambito dello studio preliminare (Azione 2), sono stati condotti i monitoraggi volti a conoscere lo stato di salute dei suoli in correlazione con le diverse tipologie di suoli, colture e tecniche di gestione. I risultati hanno consentito di trarre delle considerazioni e definire delle linee guida di buona gestione dei suoli sia in situazioni alluvionate che non.

La dotazione di *sostanza organica* risulta elevata nei siti FIL (Az. Agr. Filippi), BAL (Az. Agr. Ballardini) e ZAN (Az. Agr. Granfrutta Zani) caratterizzati da suoli a tessitura FLA (franco-limoso-argillosa) e media nei suoli sabbiosi dell'azienda Deltabio. In generale si evidenzia che:

- il sito FIL trattato con compost urbano presenta un contenuto di sostanza organica significativamente più alto rispetto al controllo minerale;
- il sito frutticolo BAL, (alluvionato) ha un comportamento opposto rispetto a quello di ZAN in quanto il maggior contenuto di sostanza organica si rileva nel sottofila rispetto all'interfila; ciò potrebbe essere imputato al fatto che il sottofila baulato generalmente ha ricevuto meno deposito di fango;
- il sito frutticolo ZAN (non alluvionato) evidenzia quanto già rilevato con il GO FRUTTIFICO e cioè che il maggior contenuto di sostanza organica è presente nell'interfilare inerbito.
- il sito orticolo Deltabio evidenzia un contenuto medio di sostanza organica; un buon risultato in considerazione che i suoli sono sabbiosi a conferma di quanto evidenziato con il GO SOSFERA e cioè che entrambe le tre matrici utilizzate nelle prove sono valide per migliorare il contenuto di sostanza organica.

Per quanto riguarda la *densità apparente*:

- l'azienda a seminativo FIL non mostra differenze significative tra i due trattamenti (controllo e compost urbano);
- le aziende frutticole BAL e ZAN presentano entrambi valori più bassi nel sottofila (maggiormente arieggiato) e più alti nell'interfila (probabile conseguenza del compattamento da passaggio di macchine);
- l'azienda Deltabio esprime risultati simili nelle tre tesi, anche se biodigestato esprime tendenzialmente una DA minore. Sono necessari riscontri con ulteriori monitoraggi.

In merito alla *velocità d'infiltrazione dell'acqua* nelle zone di interfila inerbita rispetto a quelle di sottofila:

- nel sito ZAN si osservano velocità d'infiltrazione nei diversi settori congruenti con la diversa gestione del terreno: maggiori velocità nel tratto di sottofila non inerbito, minori in quello d'interfila interessato dal passaggio di ruote, intermedie nel centro dell'interfila. Il sito BAL, invece, evidenzia un diverso comportamento, a partire dalle bassissime velocità d'infiltrazione nel centro dell'interfila, probabilmente determinato dall'elevata compattazione del sedimento alluvionale e dalla notevole variabilità di valori riscontrati sia nel sottofila, sia nell'interfila interessato dal passaggio di ruote.
- A prescindere dall'identificazione delle cause legate a questi comportamenti, vi è comunque da ribadire che proprio nel sito BAL, soggetto ad alluvionamento e a successive lavorazioni per rendere meno compatto il sedimento, si sono osservate velocità d'infiltrazione molto variabili e differenti rispetto a quelle del sito ZAN.

Per quanto attiene allo *stato biologico del suolo (QBS-ar)*, si evidenzia che:

- La tesi a seminativo trattato con compost urbano dell'azienda FIL ha un valore di QBS-ar di qualità, mentre il controllo no. È risaputo che nei seminativi le lavorazioni abbassano il livello di QBS-ar e si reputa interessante l'innalzamento con utilizzo del compost urbano.
- Nell'azienda BAL sia interfila che sottofila sono sotto la soglia di qualità; un po' più alto il sottofila in quanto meno interessato dalle lavorazioni; ciò è imputabile all'importante spessore (circa 20 cm) del deposito alluvionale che ha ricoperto il suolo.
- Nell'azienda ZAN l'indice di qualità elevato è imputabile all'assenza di lavorazioni nel suolo e al buon contenuto di sostanza organica.
- Nell'azienda NAL il limite è sottosoglia in tutte e tre le tesi; potrebbe essere determinato sia dalla elevata presenza di sabbia che non favorisce la vita degli artropodi e sia per l'utilizzo orticolo che prevede diversi interventi di lavorazione del suolo durante l'anno.

L'**Azione 3.3** (Servizio suolo) ha consentito l'attivazione di un servizio pilota che ha portato alla formazione del Gruppo di Lavoro "Emergenza Terreni Alluvionati" per condividere con ricercatori, tecnici e agricoltori la gestione dei suoli alluvionati. Sono stati elaborati documenti che riportano la sintesi delle riflessioni espresse e condivise durante i sopralluoghi e gli incontri tecnici svolti presso le aziende alluvionate. L'obiettivo di tale sintesi è stato quello, non solo di mantenere traccia delle osservazioni e considerazioni emerse, ma anche di poterle divulgare a un pubblico più ampio. Inoltre, è stato attivato un canale su Telegram volto a fornire informazioni e a raccogliere

documenti inerenti il suolo, rivolto ai tecnici agricoli e agli agricoltori interessati alla conoscenza del suolo e per individuare la migliore gestione. Sul canale sono stati caricati documenti riferiti a diverse tematiche quali: Suolo e alluvione 2023; Biodiversità; Gestione del suolo; Suolo e fertilizzazione; Suolo e pianta; Suolo e sequestro di carbonio.

Nell'**Azione 3.4** (Monitoraggio delle risposte vegetative e delle tecniche colturali) sono stati svolti i monitoraggi presso le aziende Ballardini, Granfrutta Zani e Filippi, in termini di risposte vegetative e fitosanitarie delle colture e delle tecniche colturali adottate e loro sostenibilità ambientale. Per quanto riguarda le risposte vegetative delle due colture arboree, ovvero pesco e pero, la concentrazione degli elementi nutritivi fogliari è risultata buona. Per quanto riguarda i valori dello SPAD, sono risultati sostanzialmente costanti durante la stagione vegetativa. Il frumento non ha mostrato differenze statisticamente significative dei dati rilevati tra i due trattamenti compost e minerale. A livello di stato nutrizionale fogliare, la concentrazione degli elementi nutritivi è risultata ottimale comparandola con dati di bibliografia.

Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale, nel frumento, 7 degli 11 indicatori ambientali sono più alti per la tesi fertilizzata con urea. Sono, al contrario, più alti per il compost, la GWP, la tossicità terrestre e l'eutrofizzazione. In merito alla GWP, il peso preponderante deriva dalla produzione del compost, così come è molto importante sugli indicatori riferiti all'ecotossicità.

Per quanto riguarda il pesco, sulla GWP incidono principalmente le operazioni colturali, seguite dall'insieme dalle voci fertilizzanti-emissioni da uso in campo e dalla categoria impianto. Al riguardo del pero, gli indicatori che emergono vanno naturalmente commentati considerando che il campo è stato alluvionato e quindi sono state necessarie diverse lavorazioni straordinarie, inoltre si è reso necessario un maggior numero di interventi di difesa fitosanitaria. Va altresì considerato che la resa produttiva ha ovviamente risentito di una diminuzione. Ne consegue che il GWP risente, per circa il 50%, delle operazioni colturali straordinarie.

Nell'**Azione 3.5** (Utilizzo di tecnologie di sensoristica prossimale per conoscere la variabilità spaziale delle proprietà dei suoli) si è sperimentato, nei 4 siti di monitoraggio, l'uso delle più avanzate tecnologie di mappatura prossimale dei suoli agricoli, volte a conoscere la variabilità spaziale delle principali proprietà chimiche e fisiche dei suoli, a confronto con i rilievi pedologici e le analisi "tradizionali" eseguite da I.TER.

Obiettivo di questa azione era quello fornire indicazioni sulla possibilità di replicare l'approccio integrato di mappatura che unisce le competenze di rilevamento pedologico con la mappatura prossimale speditiva avviando anche un'analisi dei costi. Il futuro dello studio del suolo dovrebbe andare su questa strada di integrazione in quanto le mappature prossimali, opportunamente tarate e validate con gli opportuni controlli analitici e l'integrazione di dati pedologici consente di favorire l'utilizzo dell'informazione per agricoltura di precisione.

Si è visto che nei terreni gestiti a seminativi e orticole il livello di accuratezza nella stima del contenuto di sostanza organica e delle componenti tessiturali con i modelli predittivi basati su integrazione di dati prossimali, dati telerivelati e mappe di suolo regionali sia estremamente elevato, soprattutto considerata la velocità con cui si possono ottenere questi dati. Maggiormente

complessa è invece la valutazione all'interno di impianti di colture arboree in cui le diverse situazioni gestionali (sottofila lavorato o diserbato e interfila inerbito) richiedono una maggiore taratura e integrazione con i dati pedologici.

In sintesi è emerso che la mappatura prossimale è sicuramente un approccio avanzato tecnologicamente "maturo" scalabile e con risvolti applicativi interessanti nei seminativi, mentre senz'altro, nelle colture arboree l'approccio va ulteriormente tarato e integrato. Tale metodica di lavoro si ritiene essenziale per poter verificare e monitorare l'impatto di pratiche agronomiche (ad es. carbon farming) su vasta scala e poter ottimizzare le potenzialità aziendali in termini di qualità e quantità delle produzioni.

Nell'ambito dell'**Azione 3.6** (Linee guida per la buona gestione del suolo e delle acque e per ridurre le avversità con tecniche a basso impatto), sono state definite delle Linee Guida al fine di individuare le tecniche consigliabili nel territorio agricolo di pianura della Regione interessato dagli eccezionali eventi alluvionali del maggio 2023, oltre a condividere tecniche per migliorare la salute del suolo più in generale.

Per le zone alluvionate sono state proposte una serie di interventi a seconda dello spessore del sedimento, dei giorni di allagamento e della tipologia di colture (frutteti e vigneti e seminativi).

Sono state inoltre fornite le indicazioni per la buona gestione del suolo e delle acque al fine di migliorare la fertilità del suolo e ridurre le avversità con tecniche a basso impatto.

Le potenziali ricadute del GOI APPLICA in ambito produttivo e territoriale possono essere riassunte nei seguenti punti:

1. Miglioramento della Gestione dei Suoli

Le attività di monitoraggio e sperimentazione hanno permesso di individuare tecniche agronomiche efficaci per incrementare la fertilità dei suoli, anche in contesti complessi come le aree alluvionate o con suoli sabbiosi. Questo porta a:

- Aumento della fertilità e della qualità del suolo: le pratiche di gestione e l'impiego di matrici organiche (compost, letame, biodigestato) contribuiscono ad aumentare il contenuto di sostanza organica nei terreni, migliorando la struttura del suolo e la sua capacità di ritenzione idrica.
- Conservazione della sostanza organica: il monitoraggio su colture diverse ha mostrato che l'uso di ammendanti organici, in particolare il compost, è particolarmente utile per mantenere alti livelli di sostanza organica anche in seminativi sottoposti a lavorazioni intensive.

2. Sostenibilità Ambientale

Le analisi LCA (Life Cycle Assessment) svolte nell'ambito del progetto hanno evidenziato una maggiore sostenibilità ambientale dell'uso di letame rispetto ad altre matrici, grazie a un impatto minore in termini di emissioni di gas serra (GWP) e altri indicatori ambientali. Ciò ha un effetto positivo su:

- Riduzione dell'impatto ambientale delle colture: un'accurata gestione dei fertilizzanti organici può ridurre l'impronta ecologica, con benefici in termini di minori emissioni di gas serra e riduzione dell'eutrofizzazione.
- Promozione di pratiche di agricoltura sostenibile: i risultati del progetto forniscono un supporto scientifico per promuovere tecniche di gestione più sostenibili e rispettose dell'ambiente.

3. Gestione delle Aree Alluvionate

L'esperienza del progetto nel gestire suoli alluvionati ha permesso di sviluppare linee guida specifiche per il recupero e la gestione dei terreni colpiti. Le ricadute potenziali includono:

- Recupero della produttività dei suoli alluvionati: le linee guida per la gestione di terreni coperti da depositi alluvionali offrono soluzioni pratiche per ripristinare la struttura del suolo e favorire il ritorno alla produttività.
- Riduzione del rischio di degrado del suolo: con l'applicazione di tecniche a basso impatto e la riduzione della compattazione, si previene l'ulteriore degrado e si migliora la qualità del suolo.

4. Applicabilità delle Tecniche di Mappatura Prossimale

Le tecnologie di mappatura prossimale e la diagnostica dello stato di salute del suolo forniscono dati accurati e aggiornati che possono essere utilizzati per:

- Agricoltura di precisione: l'uso combinato di tecniche pedologiche tradizionali e mappatura prossimale consente una gestione più mirata e precisa, riducendo sprechi e aumentando la produttività.
- Scalabilità: l'approccio è replicabile e scalabile, il che apre la possibilità di applicazioni in contesti diversi, oltre ai seminativi, come le colture arboree, pur con la necessità di ulteriori tarature.
- Pianificazione agronomica: la conoscenza dettagliata della variabilità spaziale delle proprietà del suolo consente una gestione di precisione, ottimizzando input come fertilizzanti e acqua.
- Supporto alla gestione integrata del territorio soprattutto in termini di valutazione del grado di efficacia delle pratiche agronomiche volte alla carbon farming.

5. Formazione e Condivisione delle Conoscenze

Il progetto ha attivato un canale di comunicazione (Telegram) per fornire informazioni tecniche a un ampio pubblico di agricoltori e tecnici del settore. Questo approccio può avere impatti positivi sul lungo termine:

- Diffusione delle buone pratiche: la condivisione di linee guida e raccomandazioni permette di estendere i benefici del progetto ad altre aziende agricole e territori, promuovendo un uso sostenibile delle risorse.
- Aumento della consapevolezza: l'accesso a dati e documenti favorisce la crescita della consapevolezza sull'importanza della gestione del suolo, con un effetto positivo sulla preservazione della risorsa suolo.

Data

Firma del legale rapp.te

.....

Firma autografa () Firma digitale (**)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