

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01
"GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ
DELL'AGRICOLTURA"**

FOCUS AREA 3A E 5E DGR N. 2144 DEL 10 DICEMBRE 2018

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO ID n. 5112049

DOMANDA DI PAGAMENTO ID n. 5530534

FOCUS AREA: 3A

Titolo Piano	Sviluppo dei servizi dell'O.I. per la conoscenza e l'organizzazione della filiera del pomodoro da industria (S.O.I.Pom.I.)
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	O.I. Pomodoro da Industria Nord Italia- Viale F. Tanara 31/A 43121 - Parma PR
Elenco partner del GO	Università Cattolica del Sacro Cuore-CRAST (Sede operativa Piacenza); RI.NOVA- Soc Coop; AGRONICA GROUP SRL; CITIMAP S.C. a r.l.; Az. Agr. Marzocchi Arianna; Az. Agr. La Risorgiva di Forlini Nadia; DINAMICA.

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	30
Data inizio attività	21/01/2020
Data termine attività (includere eventuali proroghe già concesse)	30/12/2022

Relazione relativa al periodo di attività dal	21/01/2020	Al 30/12/2022
Data rilascio relazione	27/02/2023	

Autore della relazione	Stefania Delvecchio (RI.NOVA)		
Telefono		email	sdelvecchio@rinova.eu

1 Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Azione 1- Esercizio della cooperazione

RI.NOVA, in collaborazione e per conto del mandatario O.I. Pomodoro da Industria del Nord Italia, ha svolto la funzione di coordinamento generale e organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO). RI.NOVA ha quindi pianificato tutte attività previste nel piano, mettendo in atto le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

Azione 3- Realizzazione del Piano

Azione 3.1 Definizione delle strategie di classificazione e di monitoraggio colturale del pomodoro da industria a partire dalle serie temporali ESA Sentinel 2.

In questa azione preliminare il CRAFT, il Centro Citimap insieme all'OI del Pomodoro, hanno definito gli obiettivi strategici di particolare interesse per l'OI. Il lavoro ha riguardato l'attività di classificazione e monitoraggio della coltura del pomodoro da industria basato sui dati della costellazione Sentinel 2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Per quanto riguarda il monitoraggio delle condizioni vegetative e la previsione della produzione, sono stati identificati gli elementi di interesse per l'OI del Pomodoro, come ad esempio gli indici spettrali utilizzati per il monitoraggio delle condizioni vegetative e lo stato di avanzamento della raccolta. Attività conclusa come previsto nel piano presentato

Azione 3.2 Campagna di raccolta di siti di training e di test (verità al suolo) per le procedure di classificazione.

L'attività è stata regolarmente svolta ed è stata pianificata e attuata l'attività di raccolta dati per alimentare gli algoritmi di intelligenza artificiale finalizzati ad identificare gli appezzamenti coltivati a pomodoro da industria. L'OI Pomodoro si è occupata della raccolta dei dati di verità al suolo degli appezzamenti coltivati a pomodoro con altre colture estive presenti sul territorio soggetto a classificazione. Al fine di raccogliere un maggior quantitativo di informazioni, è stata messa a punto da parte del CRAFT in collaborazione con CITIMAP un applicativo web denominata "ISIDOROapp". L'applicativo web "ISIDOROapp" ha permesso di raccogliere in modo dinamico e preciso un elevato numero di informazioni nel corso della stagione colturale sia in termini di classificazione colturale sia in termini di monitoraggio delle condizioni vegetative e fenologiche. Le informazioni inserite all'interno dell'applicativo web venivano direttamente riportate in un database gestito dal CRAFT. L'applicativo è stato messo a disposizione a tutti i tecnici delle Organizzazione di Produttori (OP) coinvolte all'interno del progetto grazie al contributo continuo e costante dell'OI del Pomodoro. Anche le aziende agricole biologiche partner del progetto hanno contribuito fornendo i dati utili durante le campagne di coltivazione. Attività conclusa come previsto nel piano presentato

Azione 3.3 Classificazione colturale a partire dalla serie temporali Sentinel 2 ESA

Sono state condotte le attività necessarie per la realizzazione dell'applicazione vero e proprio della classificazione colturale a partire dalle serie temporali della costellazione di osservazione della terra Sentinel 2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Al fine di soddisfare gli obiettivi strategici, di interesse prioritario per l'OI, definiti preliminarmente dall'Azione 3.1. Nel corso della vita del progetto OI Pomodoro ha raccolto, elaborato e condiviso con i partner dell'azione i dati riguardanti le superficie trapiantate a pomodoro da industria dalla OP associate. La procedura di classificazione colturale per l'identificativo degli appezzamenti coltivati a pomodoro ha raggiunto elevate performance in termini di accuratezza globale e di concordanza con i dati a disposizione dell'industria di trasformazione. Attività conclusa come previsto nel piano presentato

Azione 3.4 Previsione della produzione a stadi diversi del ciclo vegetativo a sostegno della organizzazione della filiera del pomodoro da industria e gestione informazioni agronomiche

Sono state sviluppate delle procedure informatiche ed ottenute delle informazioni previsionali sullo sviluppo delle colture in corso e delle produzioni. OI Pomodoro ha operato attivamente nel raccogliere le

varie informazioni e dati ad esempio: varietà, epoca di trapianto e di fioritura data di raccolta e quantitativi raccolti nei diversi anni. Queste informazioni fornite al CRAFT hanno costituito una base di dati con cui impostare ed addestrare gli algoritmi. Si è scelto di utilizzare un approccio basato sull'intelligenza artificiale (machine learning-ML) in sostituzione ai modelli meccanicistici per ridurre il numero di input ambientali ed agronomici necessari. L'algoritmo di machine learning è stato istruito a riconoscere il potenziale produttivo a partire dalle informazioni satellitari (Sentinel-2) come ad esempio indici di vegetazione (es. NDVI, NDRE e GNDVI). In aggiunta, agli indici di vegetazione sono stati inseriti all'interno dell'algoritmo ML anche informazioni relative alle proprietà del suolo. Le procedure per il monitoraggio dello stato di salute e di avanzamento fenologico hanno permesso di ottenere importanti informazioni per l'intera filiera agroalimentare. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

Azione 3.5 Predisposizione di un sistema informativo e per il miglioramento della logistica legata alla raccolta e ai trasporti

Nell'ambito del progetto la gestione della raccolta e della logistica delle consegne di pomodoro da parte delle Organizzazioni dei Produttori (OP) verso le industrie di trasformazione (IT) del pomodoro ha beneficiato delle informazioni territoriali al fine di ottimizzare le operazioni di gestione e programmazione della raccolta nonché del trasporto. Ottimizzando il monitoraggio di queste fasi è stata migliorata la gestione in generale della logistica del pomodoro e riducendo indirettamente la sosta del pomodoro presso gli stabilimenti. E' stata sviluppata una dashboard da parte del CRAFT in collaborazione con CITIMAP e concordata con l'OI del Pomodoro del Nord Italia per visualizzare in maniera semplice e intuitiva la distribuzione del numero degli ettari e lo stato di avanzamento della raccolta suddiviso per provincia e per comune. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

Azione 3.6 Implementazione della piattaforma software per la gestione statistica e in paradigma "big-data" nella filiera del pomodoro da industria.

Agronica Group ha lavorato con OI Pomodoro per la realizzazione di una piattaforma dati al servizio della filiera, in grado di aumentare le conoscenze del settore e automatizzare e razionalizzare i tempi tecnici di trasmissione e la disponibilità dei dati, utilizzando come dataset statistico i certificati di consegna in seno alle Imprese di Trasformazione e snellendo le comunicazioni tra IT-OP-OI. La sperimentazione ha mostrato la capacità della piattaforma di lavorare in breve tempo un notevole carico di dati, restituendo informazioni aggregate relative ai quantitativi conferiti, in slot settimanali, ai parametri qualitativi riguardanti la presenza di scarto, di difettosità e di contenuto in brix. Questi sono parametri determinanti per la trasformazione del pomodoro da industria, che incidono direttamente sulla scelta della linea di lavorazione e sulle rese di trasformazione e commerciabilità del prodotto finito. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

4. Divulgazione

Le attività di divulgazione, ed in particolare gli eventi plenari, sono state attivate compatibilmente con l'emergenza COVID 19. O.I. Pomodoro da Industria del Nord Italia in accordo i partner del GO ha organizzato e gestito diverse azioni di divulgazioni. Sono stati organizzati n. 2 incontri di condivisione plenaria; n. 10 incontri tecnici; realizzato n.1 strumento audiovisivo; n. 3 articoli. Inoltre OI Pomodoro ha messo a disposizione del Gruppo Operativo il proprio Portale Internet, in modo che le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente accessibili identificabili e fruibili dall'utenza, in particolare dagli operatori economici della filiera del pomodoro da industria. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

5. Formazione/Consulenza

La prevista attività di formazione, è stata attivata nel corso del 2021 con un corso di formazione e si è conclusa nel 2021 con il viaggio studio. Attività conclusa come previsto nel piano presentato.

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 – Esercizio della cooperazione	RI.NOVA OI Pomodoro Italia Nord	Per tutto il periodo del progetto sono state gestite le attività di organizzazione e attivazione del GO. Coordinamento amministrativo per la gestione delle spese ai fini della rendicontazione e della richiesta del contributo. Organizzato momenti di confronto volti a condividere lo stato d'avanzamento dei lavori o eventuali criticità da affrontare per il buon proseguimento del piano	1	1	30	36
3. Realizzazione del Piano	CRAST-UCSC; CITIMAP; OI Pomodoro da Industria del Nord Italia; Az.agri. Marzocchi; Az. Agr. La Risorgiva; AGRONICA Group.	Raccolta dati ed elaborazione per la messa a punto della procedura di classificazione culturale e previsionale delle rese a partire dalle immagini satellitari Sentinel -2(ESA). Questo ha permesso di effettuare la mappatura degli appezzamenti coltivati a pomodoro ed avere informazioni previsionali precoci della produzione. E' stato sviluppato una dashboard per visualizzare le informazioni relative al monitoraggio della filiera. Inoltre la creazione della piattaforma realizzata ha permesso di gestire la filiera del pomodoro permettendo una trasmissione rapida e sicura dei dati delle consegne fra IT, OP, OI.	1	1	30	36
4 Divulgazione	OI Pomodoro da Industria del Nord Italia; Az.agri. Marzocchi; Az. Agr. La Risorgiva	L'azione di divulgazione ha consentito di avviare attività volte ad accrescere la consapevolezza degli agricoltori e operatori dell'importanza nel territorio tramite la realizzazione di visite guidate, incontri tecnici e pagina Web, incontri tecnici e articoli.	1	5	30	30

5 Formazione	Dinamica	Formazione tramite la realizzazione di Corsi e viaggio studio rivolti a descrivere e fare conoscere le nuove tecnologie applicabili per valorizzare l'importanza e il valore della Filiera del pomodoro da industria.	7	7	24	24
--------------	----------	---	---	---	----	----

2 Descrizione per singola azione

AZIONE 2.1 ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

2.1.1 Attività e risultati

Azione	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	RI.NOVA; OI Pomodoro da industria Nord Italia
Descrizione attività	<p>OI Pomodoro da Industria Nord Italia, nel suo ruolo di mandatario, ha mantenuto la funzione di coordinamento generale, demandando, in accordo con gli altri Partner, a RI.NOVA la funzione di coordinamento organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO).</p> <p>RI.NOVA ha quindi avuto il compito di pianificare le attività previste nel Piano mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per fare questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi.</p> <p><u>Attivazione del Gruppo Operativo</u></p> <p>La graduatoria relativa all'avviso pubblico riferita alla FA 3A è stata approvata dalla Regione Emilia-Romagna con determina n. 15702 del 30/08/2019 successivamente con Determina n. 17611 del 30/09/2019 è stato approvato alla concessione dei contributi ritenuti ammissibili a finanziamento.</p> <p>In fase preliminare di avvio, i partner sono stati informati dell'approvazione della domanda.</p> <p>Dopo aver assolto gli aspetti amministrativi è stata indetta una riunione del Gruppo Operativo nella sua interezza (Parma, 21/01/2020 presso la sede di la sede dell'OI Pomodoro da industria Nord Italia), alla quale hanno preso parte tutte le figure coinvolte per i diversi partner. In questa sede, il Responsabile del Progetto e il Responsabile Scientifico <i>Università Cattolica del Sacro Cuore-</i></p>

CRAST-PC.) hanno riproposto i contenuti e gli obiettivi del Piano, al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare le modalità di realizzazione delle azioni d'innovazione.

La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.

In merito agli aspetti formali, riferiti in particolare alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, il RI.NOVA, unitamente al Responsabile Scientifico (RS) e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. A seguito di questa valutazione si è formalmente attivato il GO, dandone comunicazione a tutti i partner tramite e-mail. In questa fase si è proceduto inoltre alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).

A seguito dell'approvazione del Piano è stata gestita la fase di costituzione dell'ATS con tutti i partner del Gruppo Operativo (GO) fino alla sua completa formalizzazione avvenuta il 11 novembre 2019. Nell'ATS sono anche descritti i ruoli di ciascun partner nell'ambito del GO.

Costituzione del Comitato di Piano

In occasione della riunione di attivazione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO

Gestione del Gruppo Operativo

Dalla data di attivazione del GO (21/01/2020), il Responsabile di Progetto ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- La definizione delle azioni correttive.

Il Responsabile di Progetto (RP), in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico (RS) e il Capofila, si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori.

Allo stesso modo, il RP e il RS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi ottenuti in ciascuna fase. Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali di RI.NOVA

(v. Autocontrollo e Qualità).

Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio

A campione, il RP ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RP ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità di RI.NOVA.

Preparazione dei documenti per le domande di pagamento

In occasione della domanda di pagamento(saldo), il RP e il RS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno effettuato l'analisi dei risultati ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico.

Altre attività connesse alla gestione del GO

Oltre alle attività descritte in precedenza, RI.NOVA ha svolto una serie di attività di supporto al GO, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento. RI.NOVA si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.

Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, RI.NOVA ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Controllo che i requisiti, specificati nei protocolli tecnici, fossero rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispetto degli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Assicurare la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispetto delle modalità e dei tempi di verifica definiti per il Piano;
- Individuazione dei fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP 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 del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Nel corso dell'attività sono state organizzate diverse riunioni e verbalizzate come previste dal Piano. I documenti, come indicato dal Sistema Qualità di RI.NOVA, sono archiviati e disponibili presso la sede degli uffici di RI.NOVA. Di seguito sono indicate le date delle principali riunioni:

- 21/01/2020
- 10/07/2020
- 09/10/2020
- 03/02/2021
- 24/05/2021
- 01/06/2021
- 30/06/2021
- 08/11/2021
- 20/12/2021
- 07/02/2022
- 24/11/2022
- 17/12/2022

Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:

- Controlli per l'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali coinvolti nella conduzione delle specifiche attività.

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

Nel corso del progetto sono state inviate dal Capofila alla Emilia-Romagna le seguenti comunicazioni e richieste di varianti e proroga.

Si segnalano le seguenti comunicazioni:

- Comunicazione variazione personale impiegato (Inviato PEC in data 29/06/2020).
- Comunicazione variazione di Impresa Agronica Group (Inviato PEC in data 09/08/2021).

Si segnalano le seguenti richieste di varianti e proroga:

- Richiesta di variante presentata tramite SIAG dal Capofila in data 25/02/2022 a seguito della fusione di CRPV Soc. Coop e Alimos Alimenta la Salute Soc. Coop in RI.NOVA Soc. Coop. (Accoglimento della domanda della Regione Emilia-Romagna con Determina n.4098 del 04/03/2022).
- Richiesta di variante presentata tramite SIAG dal Capofila in data 05/07/2022 riguardanti: subentro del partner azienda agricola A. Bersani in sostituzione del partner azienda agricola La Risorgiva di N. Forlini (non approvata vedi Determina n. 15789 del 19/08/2022); Azienda agr. A. Marzocchi variazione della voce del personale da 'conduttore' a 'operaio agricolo a tempo determinato' (Approvata con Determina n. 15789 del 19/08/2022); Dinamica variazione offerta formativa. (Ammissibile la variazione di budget finanziario dell'az. Agr. Marzocchi nonché la nuova domanda di proposte di formazione Dinamica -vedi Determina n. 15789 del 19/08/2022)
- Richiesta di proroga inoltrata dal Capofila in data 22/12/2021 e accettazione della proroga da parte della Regione con Delibera di approvazione Num. 267 del 12/01/2022.

	<p>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</p> <p>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 per RI.NOVA).</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>

2.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Impiegato/tecnico	Supervisione delle attività del Piano - RI. NOVA	32	€1.376,00
	Imp. amministrativo	Segreteria RI. NOVA	54	€1.458,00
	mp. amministrativo	Tecnico amministrativo RI. NOVA	21	€903,00
	Imp. di concetto	Tecnico amministrativo RI. NOVA	63	€1.701,00
	Impiegato/tecnico	Responsabile del Piano Coordina le attività di progetto RI. NOVA	335	€9.045
	Impiegato/tecnico	Collabora alla rendicontazione tecnica delle attività del Piano. RI. NOVA	42	€1.134,00
	Impiegato/tecnico	Tecnico OI Pomodoro nord Italia	66	1.782,00€
Totale:				€17.399,00

2.3 Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	Visita campi az. Marzocchi (25/08/2020)	€ 36,12
	Visita campi az. Marzocchi prelievo campioni (21/07/2021)	€ 48,51
Totale:		€ 84,63

3. AZIONI SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

Azione 3.1	Definizione delle strategie di classificazione e di monitoraggio colturale del pomodoro da industria a partire dalle serie temporali ESA Sentinel 2
Unità aziendale responsabile	CRAST-UCSC, Citimap, OI Pomodoro da industria Nord Italia.
Descrizione attività	<p>L'obiettivo di questa azione è stato quello di mettere a punto un sistema di classificazione e monitoraggi colturale del pomodoro da industria a partire dall'analisi delle serie temporali di immagini satellitari multi-spettrali rese disponibili dalla costellazione Sentinel 2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA).</p> <p><i>Descrizione dell'attività</i></p> <p>L'obiettivo di classificazione e mappatura delle colture di pomodoro da industria è stato definito nei seguenti termini:</p>

- estensione geografica dell'area di interesse e definizione dei granuli Sentinel 2 interessati;
- tempistica per la consegna delle informazioni relative alla classificazione colturale e al monitoraggio della raccolta del pomodoro da industria;
- numero di classi di precocità di trapianto da utilizzare per la classificazione colturale.

Inoltre, per quanto riguarda il monitoraggio delle condizioni vegetative e la previsione della produzione, sono stati definiti e identificati gli elementi di interesse per l'OI del Pomodoro, che sono rappresentati da:

- 1) Gli indici spettrali utilizzati per il monitoraggio delle condizioni vegetative in funzione della stima dell'indice di area fogliare della coltura (Leaf Area Index-LAI)
- 2) Formato e calendario in stagioni delle restituzioni in forma di mappa digitale (raster georeferenziato) degli indici spettrali, ed eventuali restituzioni in forma di mappe digitali del LAI;
- 3) Stato di avanzamento della raccolta.

L'attività è stata condotta secondo le modalità previste dal protocollo operativo indicato nel progetto dai partner responsabili dell'azione.

Nell'ambito di questa azione l'Organizzazione Interprofessionale del Pomodoro da industria del Nord Italia ha organizzato e svolto con il proprio personale tecnico diversi incontri, prevalentemente da remoto date le restrizioni dell'emergenza sanitaria COVID-19, con partner CRAFT-UCSC e Citimap e i rappresentanti delle organizzazioni dei produttori (OP) che associano i produttori agricoli e le industrie di trasformazione (IT), che operano in Emilia Romagna. Accompagnati da una serie di contatti preliminari e-mail per la trasmissione degli elementi conoscitivi, gli incontri più significativi si sono tenuti in occasione dei Comitati di Coordinamento dell'OI e di incontri specifici. Si sono inoltre tenuti incontri per aggiornare sugli obiettivi alla filiera e per fornire i dati conoscitivi di contesto e di informazioni dal campo, essenziali perché i partner interessati potessero effettuare la classificazione.

Risultati

L'estensione dell'areale d'indagine è variata negli anni, affinando le tecniche e le capacità di calcolo, la sua definizione è stata necessaria per identificare i granuli da utilizzare, ovvero i tasselli 100 km² di orto-immagini messi a disposizione da ESA e contenenti i dati multispettrali telerilevati da Sentinel 2.



Figura 1. Immagine della localizzazione dei granuli potenzialmente disponibili per l'area d'indagine

Il primo anno sono stati indagati circa 16.000 km² che comprendono le zone di pianura e di collina potenzialmente coltivabili a pomodoro dell'Emilia Romagna. In questo areale il pomodoro da industria rappresenta mediamente 240 km². Gli anni successivi la superficie è stata estesa ad oltre 28.000 dei 46.000 km² di estensione della pianura padana e sui quali il pomodoro riveste circa 370 km². Ogni anno i tecnici dell'OI hanno calcolato l'estensione delle superfici coltivate a pomodoro da industria a livello regionale e di singole province dai propri soci e, tramite queste, la rappresentatività che l'area di indagine della sperimentazione costituisce rispetto alle superfici coltivate a pomodoro da industria complessivamente nel nord Italia.

Nelle tabelle sottostanti, sono riportati i dati negli anni: 2020-2021-2022.

Province	Sigla	Ettari OI 2020	Province	Sigla	Ettari OI 2021	Province	Sigla	Ettari OI 2022
Piacenza	PC	10'025	Piacenza	PC	10'643	Piacenza	PC	9'890
Ferrara	FE	6'788	Ferrara	FE	6'748	Ferrara	FE	6'609
Parma	PR	4'238	Parma	PR	4'498	Parma	PR	4'000
Ravenna	RA	1'988	Mantova	MN	3'788	Mantova	MN	3'537
Bologna	BO	320	Cremona	CR	1'983	Cremona	CR	1'788
Modena	MO	867	Ravenna	RA	2'520	Ravenna	RA	2'222
Reggio Emilia	RE	1'111	Bologna	BO	374	Bologna	BO	301
Forli-Cesena	FC	70	Modena	MO	966	Modena	MO	905
Rimini	RN	22	Reggio Emilia	RE	1'112	Reggio Emilia	RE	1'042
Totale ettari Emilia Romagna		25'429	Forli-Cesena	FC	74	Forli-Cesena	FC	88
Incidenza superfici E.R. sul totale nord Italia		69%	Area indagine SOI POMI 2021 - Totale ettari		32'706	Alessandria	AL	2'594
			Incidenza superfici SOI POMI sul totale nord Italia		85%	Pavia	PV	590
						Lodi	LO	533
						Rovigo	RO	305
						Area indagine SOI POMI 2022 - Totale ettari		34'404
						Incidenza superfici SOI POMI sul totale nord Italia		93%

Le tempistiche delle rilevazioni nei diversi anni hanno riguardano l'arco temporale da marzo ad ottobre. Il lavoro svolto dall'OI è stato effettuato sempre in sinergia con i partner coinvolti nell'azione confrontandosi con UCSC output a scadenze prestabilite e condivise.

Le azioni propedeutiche alla classificazione sono state ritardate nel 2020 a causa dell'emergenza sanitaria da Covid, dilazionando nel tempo l'impegno per impostare le azioni ha compromesso le tempistiche programmate.

L'area monitorata nel 2021 comprendeva tutte le province dell'Emilia-Romagna. Successivamente, nella stagione estiva 2022 per dimostrare la portabilità del servizio è stata ampliata l'area di interesse anche al di fuori della regione Emilia-Romagna. Con questo metodo si è riusciti a monitorare nell'estate 2022 oltre il 94% degli ettari coltivati a pomodoro in Nord Italia.

Le province monitorate al di fuori dell'Emilia-Romagna sono state: Cremona, Mantova, Rovigo, Pavia, Alessandria, Lodi.

Al termine del progetto, le poche province escluse dal monitoraggio sono state Cuneo, Milano, Brescia e Verona, ovvero quelle province aventi una superficie effettiva coltivata a Pomodoro da Industria estremamente ridotta come si evince dalla figura 2.

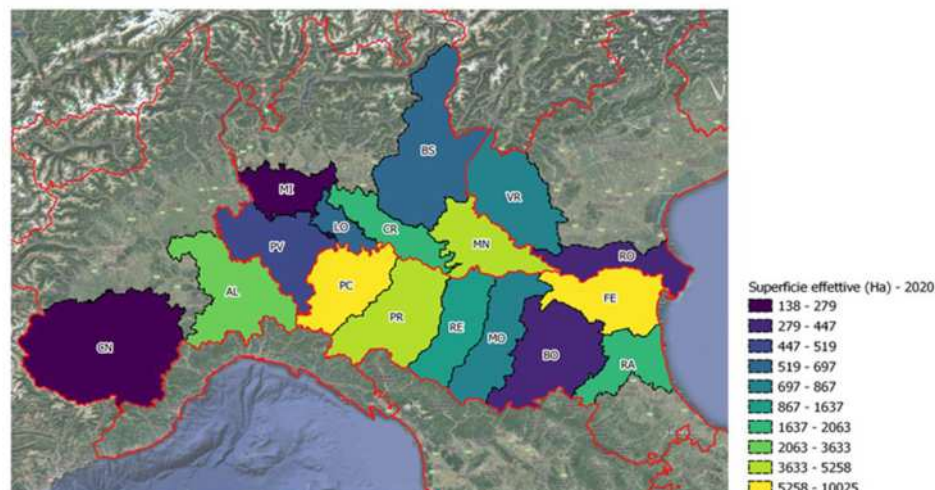


Figura 2. Distribuzione geografica della coltivazione di pomodoro da industria nel Nord Italia.

La figura 2 rappresenta il numero di ettari coltivati a pomodoro da industria per provincia durante la stagione culturale del 2020. I dati forniscono una visione complessiva della distribuzione della coltivazione di pomodoro da industria nelle diverse regioni, fornendo una base informativa per comprendere il ruolo e l'impatto della coltura del pomodoro da industria sull'economia e l'ambiente locale.

Durante le prime riunioni di progetto, sono state concordate importanti scadenze per il monitoraggio dello sviluppo del progetto. Il 15 luglio è stato stabilito come data indicativa per ottenere la prima stima delle superfici coltivate a pomodoro da industria nel Nord Italia e il 15 agosto per l'inizio del monitoraggio dell'avanzamento della raccolta. Inoltre, è stato stabilito ed effettuato un ulteriore aggiornamento della classificazione colturale il 30 luglio.

Per quanto riguarda la stagione estiva 2022, sono state effettuate più valutazioni dell'avanzamento della raccolta, a partire dal 30 luglio e ogni due settimane fino al 15 settembre. Infine, per quanto riguarda le classi di precocità, è stato deciso di stimare direttamente la settimana di trapianto senza suddividere le stime nelle diverse classi di precocità. Tale scelta ha garantito una maggiore risoluzione dell'informazione fornita.

In tabella 1 vengono riassunte le scadenze (quali obiettivi intermedi) concordate con l'Organizzazione Interprofessionale del Pomodoro da Industria del Nord Italia per la stagione estiva 2021 e le scadenze intermedie per la stagione estiva 2022, le quali ci hanno aiutato a ottimizzare la logistica del pomodoro nell'industria del Nord Italia. Le tempistiche sono state concordate al fine di soddisfare le richieste organizzative delle OP e delle industrie di trasformazione.

Tabella 1. Pianificazione delle scadenze per i report intermedi nella stagione estiva 2021 e 2022

Data	Giorno dell'anno (DOY)	Classificazione colturale	Monitoraggio avanzamento raccolta
15/07/2021	196	Primo report 2021	-
30/07/2021	211	Primo aggiornamento 2021	
15/08/2021	227	-	Primo report 2021
15/07/2022	196	Primo report 2022	-
30/07/2022	211	Primo aggiornamento 2022	Primo report 2022
14/08/2022	226	-	Secondo report 2022
31/08/2022	243	-	Terzo report 2022
15/09/2022	258	-	Quarto report 2022

Durante la programmazione e lo svolgimento dell'azione, il team ha definito dettagliatamente le fasi tecniche per raggiungere gli obiettivi specifici che sono propedeutici delle azioni successive.

Il processo è stato attentamente progettato per garantire che gli obiettivi siano raggiunti in modo efficiente ed efficace.

Il flusso di lavoro adottato è stato rappresentato graficamente e riportato nella figura 2 per garantire una comprensione chiara e visiva dell'intero processo che è suddiviso in 4 fasi.

- 1) La prima fase del processo è stata quella di raccolta e archiviazione dei dati delle immagini satellitari. Questo passaggio è stato fondamentale perché ha permesso di garantire che i dati necessari siano disponibili per le fasi successive.
- 2) La seconda fase è la preparazione dei dati relativi alle immagini satellitari. Questo comporta l'elaborazione e la "pulizia" dei dati raccolti per garantirne la qualità e la coerenza.
- 3) La terza fase è l'addestramento e la validazione dell'algorithmo specifico. Questo comporta l'utilizzo dei dati preparati per addestrare il modello in modo che possa essere utilizzato con successo nelle fasi successive.
- 4) L'ultima fase è il deployment o l'applicazione del modello su larga scala.

Questo passaggio comporta l'utilizzo del modello addestrato per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Tuttavia, questo step sarà intrapreso solo se le prestazioni durante l'addestramento raggiungeranno livelli soddisfacenti, garantendo così che il modello sia efficiente e affidabile prima di essere implementato su larga scala. In sintesi, le fasi tecniche definite durante l'azione 3.1 rappresentano una "road map" precisa per il raggiungimento degli obiettivi specifici delle azioni successive, garantendo un processo efficiente e di qualità.



Figura 3 Diagramma del flusso di lavoro adottato per la creazione di algoritmi specifici mirati

Questa rappresentazione visiva (figura3) mostra il processo rigoroso e metodico utilizzato per garantire l'efficacia e l'efficienza nello sviluppo di algoritmi personalizzati per soddisfare le esigenze uniche dei nostri progetti.

Conclusioni

La realizzazione dell'azione 3.1 ha costituito un passo cruciale e strategico all'interno del progetto, poiché ha permesso di elaborare un sistema di specifiche tecniche di classificazione colturale tramite informazioni elaborate da satellite, monitoraggio e previsione produttiva che risponde alle effettive esigenze dell'Organizzazione Interprofessionale del Pomodoro, aumentando la trasparenza e la disponibilità di dati condivisi ai diversi competitori presenti sul mercato e migliorando la qualità dei servizi offerti.

Inoltre, è stato possibile valutare la scalabilità del progetto, confrontando anche gli esiti delle aree omogenee, come la pianura dell'Emilia Romagna, con quanto rilevato in aree più "disaggregate" e di minore estensione, che presentano anche scarsa concentrazione relativa di superfici a pomodoro. L'esito della classificazione di queste ultime è stato oggetto di valutazione nelle successive azioni, fornendo indicazioni pratiche, al fine di stimare la congruità dell'investimento anche considerando l'incremento di imprecisione della stima generale.

<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
--	--

Azione 3.2	Campagne di raccolta di siti di training e di test (verità al suolo) per le procedure di classificazione
Unità aziendale responsabile	CRAST-UCSC, OI Pomodoro da industria Nord Italia; Aziende agricole La Risorgiva; Azienda agricola Marzocchi.
Descrizione attività	<p>L'attività 3.2 del progetto ha previsto la pianificazione e l'attuazione delle campagne di raccolta dati di <i>verità al suolo</i> (registrazione coltura presente, fenologia, digitalizzazione dei confini dell'appezzamento con ausilio di immagini fotografiche) per alimentare gli algoritmi di intelligenza artificiale (<i>siti di training</i>) con l'obiettivo di identificare i terreni coltivati a pomodoro per l'industria.</p> <p>L'attività è stata condotta come da modalità previste da protocollo operativo indicato nel progetto dai partner responsabili dell'azione.</p> <p><i>Descrizione dell'attività</i></p> <p>Per raccogliere il maggior quantitativo di informazioni possibili, il CRAFT ha sviluppato insieme a CITIMAP un'applicazione chiamata "ISIDORO.app". Questa sistema interattivo (web-application) rappresentato dall'app ha permesso di raccogliere facilmente informazioni come la classe colturale, la data di trapianto, la fenologia e la data di raccolta per un elevato numero di terreni in un tempo minimo.</p> <p>L'attività è stata articolata e suddivisa in tre sotto-azioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • sviluppo dell'applicazione web; • registrazione da parte dei tecnici interessati al progetto; • pianificazione delle campagne di raccolta dati tramite l'utilizzo dell'applicazione. <p>L'applicazione è stata progettata non solo per raccogliere informazioni sulle diverse classi colturali presenti nei terreni, come pomodoro, mais e frumento, ma anche per fornire ai tecnici agronomi la possibilità di annotare velocemente e in modo dinamico le informazioni tradizionalmente raccolte in campo.</p> <p>In questa azione l'OI Pomodoro si è occupata della raccolta dati di verità al suolo degli appezzamenti coltivati a pomodoro e ad altre colture estive, distribuiti in modo omogeneo sul territorio soggetto a classificazione. L'OI ha coinvolto i propri soci, di parte agricola (OP) e di trasformazione (IT), chiedendo la loro collaborazione attiva nel reperimento dei dati dai vari siti di campionamento (siti di training). L'OI ha organizzato la distribuzione dei siti di campionamento come riportato nella tabella 1 affinché essa fosse rappresentativa della effettiva produzione da parte delle singole OP.</p>

Tabella 1. Raccolta delle informazioni dei siti di training affidate alle OP in modo proporzionale alla territorialità

	n° SITii	MN	PC	PV	AL	LO	FC	FE	RA	MO	BO	RE	PR	CR	RN	RO
APOL	13	2	5	1	1			1		1					2	
CICO	2							2								
TERREM ERSE	6						2	2	2							
APOCON ERPO	18	1						9	4	2	2					
ASPORT	2	1										1				
OPFERR ARA	6							5			1					
ASIPO	25	1	8	1	1	1		1	2	1	2	6	1			
AFE	2							2								
POA	6		1	1	4											
AINPO	25	2	11									3	8	1		
OPOE	2							1		1						
VERDEIN TESA	3			1	1											1
Az. Agricole partner	2		1												1	
TOTALE	110	7	25	4	7	1	2	23	6	6	4	6	14	4	2	1

Sviluppo applicativo web “ISIDORO.app”

L'applicativo web ISIDORO.app è stato progettato per raccogliere informazioni relative ai terreni coltivati a pomodoro destinati all'industria. Il sistema è stato progettato per essere intuitivo e semplice da utilizzare, con un'interfaccia utente che può essere facilmente gestita con una sola mano. La tecnologia alla base di ISIDORO.app è costituita da linguaggi di programmazione avanzati come Python, PHP e JavaScript. Uno dei punti chiave per rendere ISIDORO.app efficace è stato l'utilizzo di immagini satellitari Sentinel-2 per la segmentazione degli appezzamenti coltivati. La segmentazione dei confini degli appezzamenti ha permesso di identificare rapidamente le diverse aree coltivate, velocizzando di gran lunga la fase di raccolta dati. La procedura di segmentazione ha compreso l'analisi delle componenti principali (PCA) delle immagini Sentinel-2 per evitare problemi di multi-dimensionalità e multi-collinearità. Questo ha permesso di comprimerle in un numero limitato di bande e di esaltare le differenze tra gli appezzamenti. In totale, sono stati segmentati oltre 9 milioni di oggetti per una superficie totale di circa 2.500.000 ha, rendendo possibile la raccolta di informazioni dettagliate in un tempo record. Inoltre, ISIDORO.app ha acconsentito ai diversi tecnici agronomici di annotare facilmente le informazioni che tradizionalmente vengono prese in campo, migliorando la velocità e la dinamicità del processo di raccolta dati.

La Figura 1 mostra la delineazione automatica dei confini degli appezzamenti agricoli, che sono evidenziati in nero. Questa immagine rappresenta il risultato dell'analisi delle componenti principali (PCA-Principal Component Analysis) effettuata sulla serie temporale Sentinel-2 del 2019. Il processo di delineazione automatica dei confini ha permesso di identificare con precisione la posizione e la forma degli appezzamenti agricoli, fornendo una base solida per la raccolta di informazioni sulle colture presenti in campo.

La tecnologia di segmentazione basata sulla PCA ha offerto un modo efficiente per trasformare le immagini satellitari in informazioni utilizzabili, velocizzando notevolmente il processo di monitoraggio e di raccolta dati.

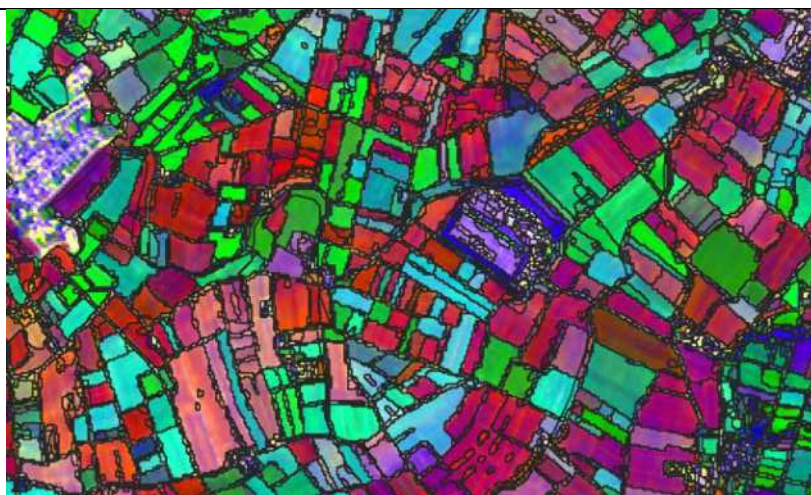


Figura 1. Delineazione automatica dei confini degli appezzamenti agricoli (confini delineati in colore nero). L'immagine deriva da un'analisi delle componenti principali (PCA) della serie temporale Sentinel-2 del 2019.

Per determinare la precisione della segmentazione, sono stati utilizzati i **poligoni catastali** forniti dall'AGREA, l'Agenzia Regionale per le Erogazioni in Agricoltura dell'Emilia-Romagna. La valutazione della precisione è stata effettuata utilizzando le seguenti metriche:

- "Over-Segmentation"
- "Under-Segmentation"
- "Root Mean Square" (RMSE)
- "Area Fit Index" (AFI) .

Queste metriche, riportate nella tabella 2, sono state scelte perché forniscono una valutazione completa e affidabile della precisione della segmentazione.

La scelta dei parametri di segmentazione è una fase critica nell'intero processo di segmentazione delle immagini. Il principale obiettivo di questa ricerca è stato quello di trovare i valori ottimali per questi parametri al fine di ottenere una rappresentazione più precisa della realtà. Ci si aspetta di ottenere una maggiore accuratezza nella classificazione delle immagini satellitari se i parametri di segmentazione sono ben selezionati e appropriati. La Tabella 2 presenta una descrizione dettagliata di ciascuna metrica, incluso il loro significato e come vengono calcolate. Queste metriche sono essenziali per garantire che la segmentazione delle immagini sia precisa e affidabile, e che gli obiettivi della ricerca siano raggiunti in modo efficiente.

Tabella 2. Lista delle metriche di accuratezza della segmentazione selezionate

Metrica	Equazione	Valore ideale	Range
<i>Over – segmentation (OS)</i>	$1 - (C \cap R) \div R$	0	[0,1]
<i>Under – segmentation (US)</i>	$1 - (C \cap R) \div C$	0	[0,1]
<i>Area Fit Index (AFI)</i>	$(R - C) \div R$	0	OS: AFI >0; US: AFI <0
<i>Root mean square (D)</i>	$\text{sqrt}((OS^2 + US^2) \div 2)$	0	[0,1]
<i>Quality rate (QR)</i>	$1 - (C \cap R) \div (C \cup R)$	1	[0,1]

*dove C rappresenta il totale dell'area degli oggetti valutati ed R indica il totale dell'area dell'oggetto utilizzato come riferimento.

L'app ISIDORO seppur sia stata resa disponibile fin dalla stagione estiva 2020 è stata continuamente migliorata nella facilità di utilizzo ed aggiungendo nuove funzionalità sempre vicine alle necessità dei tecnici che la utilizzavano.

Registrazione dei tecnici all'ISIDORO.app

La registrazione dei tecnici all'applicativo ISIDORO.app è stata resa disponibile all'inizio di ogni campagna estiva per consentire agli utenti, ovvero i tecnici agronomici delle diverse organizzazioni di produttori (OP), di accedere alle sue funzionalità tramite l'utilizzo di username e password personali. Il design dell'applicativo è stato pensato per raccogliere e organizzare tutte le informazioni relative alle coltivazioni di pomodoro destinate all'industria, fornendo ai singoli tecnici delle diverse OP un accesso facile e affidabile ai dati. La connessione diretta con il database **MySQL** garantisce che le informazioni siano sempre accurate e disponibili in tempo reale, rendendo così possibile una rapida prendere decisioni e una gestione efficiente delle informazioni.

Pianificazione campagne di raccolte dati

La fase finale dell'azione 3.2 ha riguardato la pianificazione delle attività di monitoraggio sul campo mediante l'utilizzo dell'applicativo web. Ad inizio di ogni campagna estiva, un gruppo selezionato di tecnici delle varie OP e il personale del CRAST coordinato da OI, si riunivano per stabilire il numero di campi che sarebbero stati monitorati e le informazioni che sarebbero state raccolte da ogni tecnico.

Queste riunioni servivano a definire i requisiti minimi per raccogliere un sufficiente numero di informazioni per raggiungere gli obiettivi del progetto. In questo modo, si garantiva che il monitoraggio fosse efficiente e che venissero raccolte tutte le informazioni necessarie per il successo del progetto.

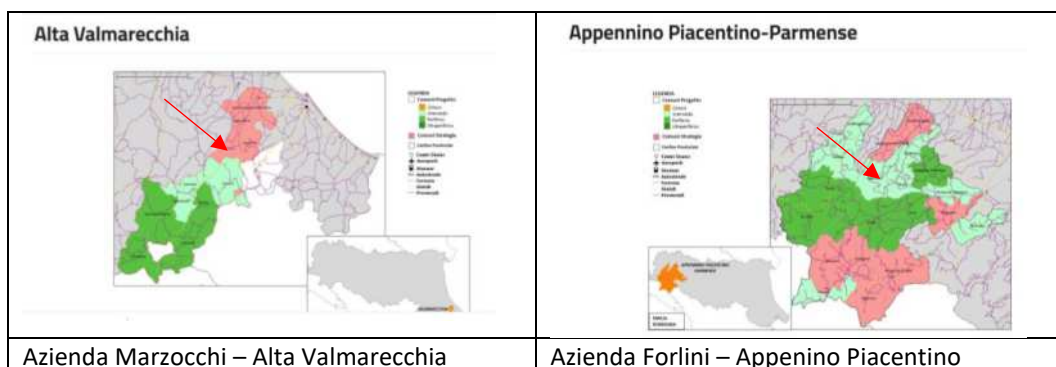
Durante il corso delle singole campagne di monitoraggio, sono state effettuate regolari riunioni per valutare lo stato di avanzamento della raccolta dei dati e apportare eventuali correzioni per garantire l'accuratezza delle informazioni raccolte. Queste riunioni hanno garantito che il processo di monitoraggio fosse efficiente e che i dati raccolti fossero precisi. Parallelamente alla raccolta di dati sul campo, il team di progetto ha condotto una ricerca approfondita sulle informazioni storiche degli appezzamenti monitorati dalle varie organizzazioni di produttori (OP) e sui dati forniti alle diverse industrie di trasformazione (IT). Questo ha contribuito a creare un quadro più completo delle coltivazioni di pomodoro da industria e ha aiutato a costruire un database di informazioni storiche utilizzabile per diversi scopi (multi-purpose).

Aziende agricole

In questa azione sono state coinvolte in maniera attiva le aziende agricole biologiche partner del progetto che hanno fornito i dati utili durante le campagne di coltivazioni del pomodoro da industria. Il contesto territoriale delle due aziende biologiche è rappresentato da aree interne della regione Emilia-Romagna Alta Valmarecchia e appennino Piacentino in specifico:

- Azienda agricola A. Mazzocchi località Le Velle (fraz. Torricella) comune di Novafeltria provincia di Rimini. Novafeltria è un Comune a 275 ms.l.m. che fa parte della Unione di Comuni Valmarecchia e si trova al centro della alta Valmarecchia.
- Azienda agricola La Risorgiva di N. Forlini località Oddi comune di Morfasso provincia di Piacenza. Morfasso è un Comune a 631 m s.l.m. che fa parte della zona altimetrica definita montagna interna: l'Alta Val d'Arda, dove si trova il Comune di Morfasso, chiusa a sud da un imponente anfiteatro di monti.

Nell'immagine sottostante è riportata la localizzazione cartografica dei comuni di riferimento delle 2 aziende.



Azienda Marzocchi – Alta Valmarecchia

Azienda Forlini – Appennino Piacentino

Di seguito nei prospetti si riportano i dati catastali e rilievi vegetativi del pomodoro da industria delle rispettive aziende agricole biologiche nelle diverse annate durante la coltivazione di pomodoro da industria. Questi dati sono stati trasmessi al referente dell'Università.

Dati relativi all'azienda agr. Marzocchi

AZIENDA	Marzocchi Arianna, Loc. Le Velle, comune di Novafeltria. 47863
Specie	Pomodoro da industria
Varietà	Sailor (ISI)
Anno di riferimento	2020
IDENTIFICATIVO CATASTALI	
Comune	Novafeltria
Foglio	Fg. 39
Parcella censita C.T.	N. 41
Pendenza	media 8% ; s.m.l. 275
Coordinate	43°51'42.7"N 12°16'29.9"E
Rilievi effettuati nelle varie fasi vegetative	
Epoca di trapianto	Dal 10- al 15 maggio 2020
Fioritura	16/06/2020
Data formazione 1° palco	30/06/2020
Data formazione 2° palco	20/07/2020
Raccolta manuale	si
Data raccolta 1	10/08/2020
Data raccolta 2	14/08/2020
Data raccolta 3	17/08/2020
Data raccolta 4	21/08/2020
Data raccolta 5	25/08/2020
Data raccolta 6	28/08/2020
Fine raccolta	I dec settembre 2020
Quantità raccolta sup 4000 mq	40/50 ql
Principale avversità	Marciume apicale (danni fino al 40%)

AZIENDA	Marzocchi Arianna, Loc. Le Velle, comune di Novafeltria. 47863	
Specie	Pomodoro da industria	
Varietà	H 1281 f1; Sailor	
Anno di riferimento	2021	
IDENTIFICATIVO CATASTALI		
Comune	Novafeltria	
Foglio	Fg. 39	
Parcella censita C.T.	N. 41	
Pendenza	media 8% ; s.m.l. 275	
Cordinate	43°51'42.7"N 12°16'29.9"E	
Rilievi effettuati nelle varie fasi vegetative		
Epoca di trapianto	16/05/2021 - SAILOR (ISI)	10/05/2021 1281 f1 (HZ)
Fioritura	15/05/2021	10/05/2021
Data formazione 1° palco	30/06/2021	25/06/2021
Data formazione 2° palco	18/07/2021	15/07/2021
Raccolta manuale		
Data raccolta 1	15/08/2021	30/07/2021
Data raccolta 2	18/08/2021	03/08/2021
Data raccolta 3	20/08/2021	
Data raccolta 4	23/08/2021	16/08/2021
Data raccolta 5	26/08/2021	20/08/2021
Data raccolta 6	01/09/2021	25/08/2021
Fine raccolta	10/09/2021	30/08/2021
Quantità raccolta sup 14.000 mq	60/70 ql	
Principale avversità	Marciume apicale ha portato un danno del 40% sulla produzione varietà Sailor, nella varietà hz 1281 l'incidenza è stata del 10%.	

Dati relativi all' azienda agricola La Risorgiva

AZIENDA	Forlini Nadia Loc. Oddi- San Michele - Morfasso (PC)
Specie	Pomodoro da industria
Varietà	Heinz 1651
Dati dell'apezzamento	Superficie prova: 4000 MQ
Pendenza	media del 4%; s.m.l 670 mt.
Coordinate	44°45'28.2"N 9°41'14.5"E
Anno di riferimento	2022
IDENTIFICATIVO CATASTALI	
COMUNE	Morfasso
FOGLIO	Fg. 13
Parcella censita C.T.	n. 47
Quantità raccolta sup 4.000 mq	30 q.li
Tipologia di pomodoro	Allungati
Principale avversità	Non sono state rilevati particolari avversità nel corso della prova.
Rilievi effettuati nelle vari fasi vegetative	
Epoca di trapianto	26/06/2022
Fioritura	28/07/2022
Data formazione 1° palco	29/07/2022
Raccolta manuale	si
Data raccolta 1	20/08/2022
Data raccolta 2	30/08/2022
Data raccolta 3	10/09/2022
Fine raccolta	20/09/2022

AZIENDA	Forlini Nadia Loc. Oddi- San Michele - Morfasso (PC)
Specie	POMODORO DA INDUSTRIA
Varietà	H1311 BIO
Dati dell'appezzamento	Superficie prova: 4000 MQ
Pendenza	media del 4%; s.m.l 670 mt.
Coordinate	44°45'28.2"N 9°41'14.5"E
Anno di riferimento	2021
IDENTIFICATIVO CATASTALI	
COMUNE	Morfasso
FOGLIO	Fg. 13
Parcella censita C.T.	n .47
QUANTITA' RACCOLTA sup 4.000 mq	35 ql
Tipologia	Allungato
Principale avverosità	Non sono state rilevati particolari avversità nel corso della prova.
Rilievi effettuati nelle vari fasi vegetive	
Epoca di trapianto	10/06/2021
Fioritura	10/07/2021
Data formazione 1° palco	20/07/2021
Raccolta manuale	si
Data raccolta 1	18/08/2021
Data raccolta 2	25/08/2021
Data raccolta 3	09/09/2021
Fine raccolta	13/09/2021

Risultati

Nel corso del primo anno è stata testata la versione pilota della web app ISIDORO dai tecnici OI e da alcuni tecnici delle OP aderenti, sulle province dell'Emilia Romagna. Tramite incontri online, CRAFT e Citimap hanno illustrato il funzionamento dell'app ai tecnici dell'OI, ai tecnici delle Op e alle aziende agricole coinvolte nel progetto.

L'anno successivo sono state apportate alcune modifiche funzionali all'app Isidoro ed è stato esteso a un maggior numero di tecnici l'utilizzo della web app. Alcuni incontri significativi si sono tenuti on line, nell'impossibilità di organizzarli in presenza per le restrizioni dovute alla emergenza sanitaria, nonché più efficaci data la distribuzione dei soggetti da coinvolgere sull'intero areale regionale, in particolare, in data:10/07/2020 01/06/2021;30/06/2021;13/07/2021.

OI e Citimap hanno prodotto diversi supporti per spiegare il funzionamento dell'app, come breve guida descrittiva tramite video (di cui estratto del video in pdf all.1 az. 3.2) e un breve manuale in formato pdf (All.2 az. 3.2 pdf). Per agevolare la trasmissione dei dati anche da chi fosse meno avvezzo all'uso della tecnologia, sono state predisposte anche schede cartacee di registrazione (All.3 az.3.2). Tali informazioni derivanti dalle due tipologie di raccolta sono state successivamente integrate fra loro. Tali materiali sono stati presentati durante gli incontri e messi a disposizione in un cloud condiviso fra tutti gli interessati.

I dati raccolti, tra cui la registrazione della coltura presente, la fenologia e la digitalizzazione dei confini della coltura, sono stati inseriti dai tecnici di OI e dagli agricoltori e successivamente elaborati dal CRAFT UCSC.

La campagna di raccolta dei dati colturali ha impegnato i tecnici OI per tutto l'arco della campagna, dal trapianto alla raccolta, sino alla comunicazione dei parametri quantitativi del prodotto conferito alle IT per ogni appezzamento. Durante l'accrescimento vegetativo del pomodoro, i tecnici OI si sono appositamente recati nelle aree dell'Emilia Romagna che risultavano non sufficientemente coperte dai dati raccolti dalle OP, sulla base delle indicazioni fornite dal CRAFT-UCSC. Infatti l'addestramento dell'algoritmo per la classificazione colturale necessita di dati omogeneamente distribuiti sul territorio, anche per aree coltivate non a pomodoro ma con altre colture estive (come ad esempio,

mais, erba medica, patata, fagiolino, cipolla, girasole, ...) per facilitare il riconoscimento degli appezzamenti a pomodoro.

Le aziende agricole di collina biologiche partner del progetto hanno fornito i dati utili durante le campagne di coltivazione, che hanno rappresentato verità al suolo con cui confrontare le stime di classificazione di Citimap e CRAFT e valutare attendibilità delle stime in territori disomogenei e connotate da una bassa incidenza delle coltivazioni di pomodoro da industria. In particolare il contributo delle aziende di collina è stato determinante per acquisire informazioni, per valutare la risposta del satellite in funzione dell'acclività.

Sviluppo applicativo web "ISIDORO.app"

Lo sviluppo dell'applicativo web è stato completato all'incirca in marzo 2020 in tempo per la raccolta dati della stessa stagione. Tuttavia, nel corso degli anni successivi l'applicativo è stato continuamente implementato fino ad arrivare alla versione odierna. L'applicativo (ISIDORO.app,) il quale sia accede tramite apposito sito web ha permesso di raccogliere un elevato numero di informazioni nel corso della stagione colturale permettendo il raggiungimento di elevate performance al momento dell'applicazione degli algoritmi sia in termini di classificazione colturale sia in termini di monitoraggio delle condizioni vegetative e fenologiche.

La delimitazione dei confini degli appezzamenti ha raggiunto performance elevatissime, delineando i confini degli appezzamenti con una maggior veridicità rispetto ai confini catastali utilizzati per le dichiarazioni all' "Agenzia Regionale per le Erogazioni in Agricoltura dell'Emilia-Romagna. Complessivamente l'applicativo ISIDORO ha avuto un grande successo, nel corso del triennio infatti, è stato utilizzato da oltre 110 utenti che hanno raccolto informazioni su oltre 2000 appezzamenti (figura 2) durante le stagioni estive 2021 e 2022.

L'applicativo nel tempo è stato continuamente migliorato aggiungendo ad esempio alla versione mobile una versione accessibile da computer desktop che permette di visualizzare comodamente in tabella le informazioni raccolte attraverso il proprio utente (Figura 3).

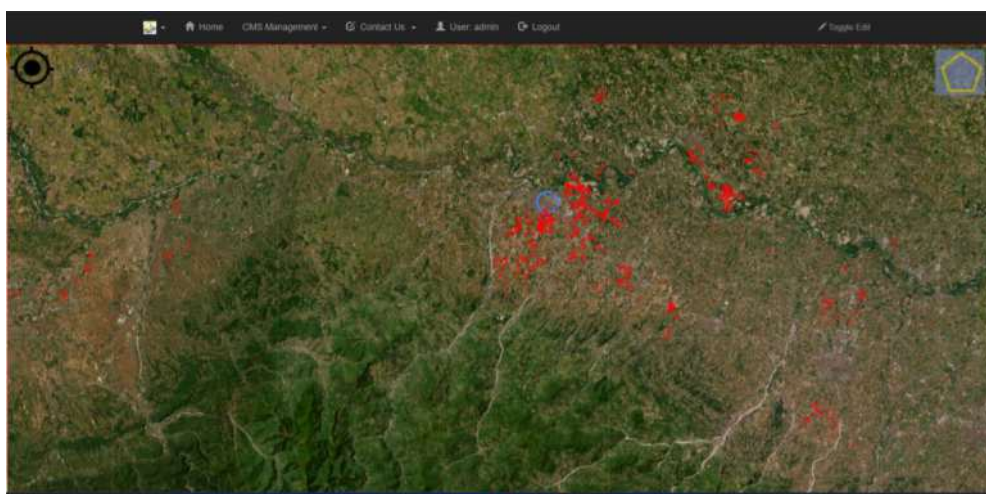


Figura 2. Schermata appezzamenti inseriti nella stagione estiva 2022



Figura 3. Schermata d’accesso all’applicativo “ISIDORO.app”. Per l’ingresso all’app e per visualizzare gli appezzamenti inseriti è necessario registrarsi tramite “user” e “password” personali

Registrazione dei tecnici all’ISIDORO.app

L’applicativo web per merito delle sue caratteristiche (velocità e facilità di utilizzo) è stato utilizzato da un numero elevatissimo di utenti/tecnici agronomici considerando che la registrazione era su base volontaria. In tabella 3 vengono riportati gli utenti registrati al termine del progetto. Gli utenti provengono da diverse Organizzazioni di Produttori (OP) del settore del pomodoro da industria, nonché membri e tesisti del gruppo di coltivazioni erbacee presso l’Università Cattolica del Sacro Cuore. La tabella offre una panoramica della partecipazione degli utenti ai programmi di ricerca e sviluppo del settore e consente una più facile tracciabilità dei contributi e dei progressi realizzati.

Tabella 3. Registrazione degli utenti durante le campagne estive 2021 e 2022. Questa tabella presenta una lista completa dei nomi degli utenti registrati durante le campagne estive negli anni 2021 e 2022.

id	Nome utente	id	Nome utente	id	Nome utente	id	Nome utente	id	Nome utente
1		26		52		78		103	
2		27		53		79		104	
3		28		54		80		105	
4		29		55		81		106	
5		30		56		82		107	
6		31		57		83		108	
7		32		58		84		109	
8		33		59		85		110	
9		34		60		86		111	
10		35		61		87		112	
11		36		62		88		113	
12		37		63		89		114	
13		38		64		90		115	

14	39	65	91	116
15	40	66	92	117
16	41	67	93	
17	42	68	94	
18	43	69	95	
19	45	70	96	
20	46	71	97	
21	47	72	98	
22	48	73	99	
23	49	74	100	
24	50	75	101	
25	51	76	102	

La fase di registrazione poteva essere effettuata in autonomia attraverso la funzione “registrazione” presente all’interno del sito web oppure attraverso l’aiuto del personale CRAST. User e password sono state scelte dai singoli tecnici e successivamente criptate per rendere sicuro l’accesso.

Pianificazione campagne di raccolte dati

Durante le varie campagna estive ciascun tecnico battezzava all’interno dell’app alcune appezzamenti, i quali venivano monitorati lungo tutta la stagione colturale, in termini fenologici o di presenza di fisiopatie. In alcuni casi veniva anche segnalata il livello produttivo raggiunto dal singolo appezzamento.

Le informazioni venivano direttamente scritte all’interno del **database MySQL** creato e gestito dall’Università Cattolica del Sacro Cuore (CRAST). La scrittura all’interno del database avveniva istantaneamente in modo tale da permettere al CRAST di vedere in tempo reale ciò che veniva inserito all’interno del database stesso. In figura 4 viene rappresentata una schermata dettagliata del database MySQL contenente tutti gli appezzamenti di terreno registrati nel sistema dell’applicativo web durante la stagione estiva del 2022. Questa visualizzazione fornisce una panoramica completa e organizzata delle informazioni agronomiche inserite per una gestione più efficiente.

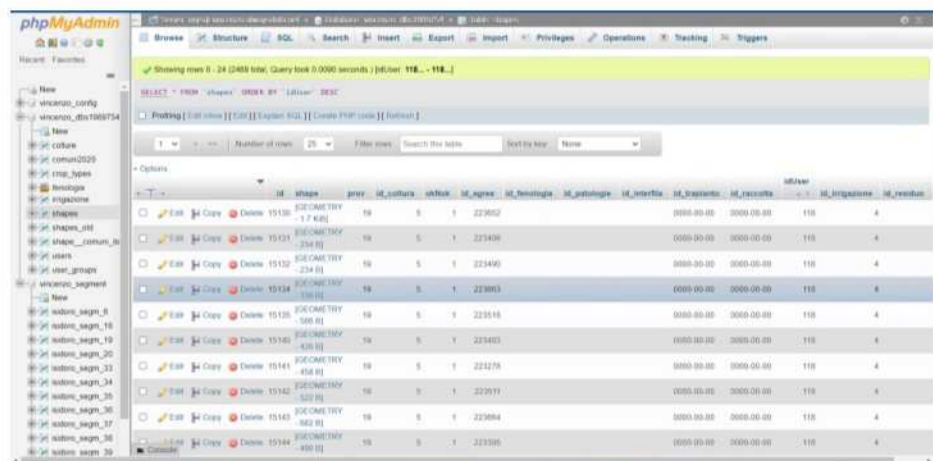


Figura 4. Schermata database MySQL degli appezzamenti inseriti all’interno dell’applicativo web durante la stagione estiva 2022.

Grazie alla segmentazione presente all'interno dell'applicativo è stato possibile velocizzare la raccolta dati, infatti questo layer ha permesso di selezionare gli appezzamenti precedentemente segmentati senza la necessità di dover disegnare a mano il poligono stesso (figura5). L'applicativo è stato messo a disposizione di tutti i tecnici delle Organizzazione di Produttori (OP) coinvolte all'interno del progetto.



Figura 5. Schermata dell'applicativo web "ISIDORO.app" sviluppato all'interno del progetto PSR SOIPOMI

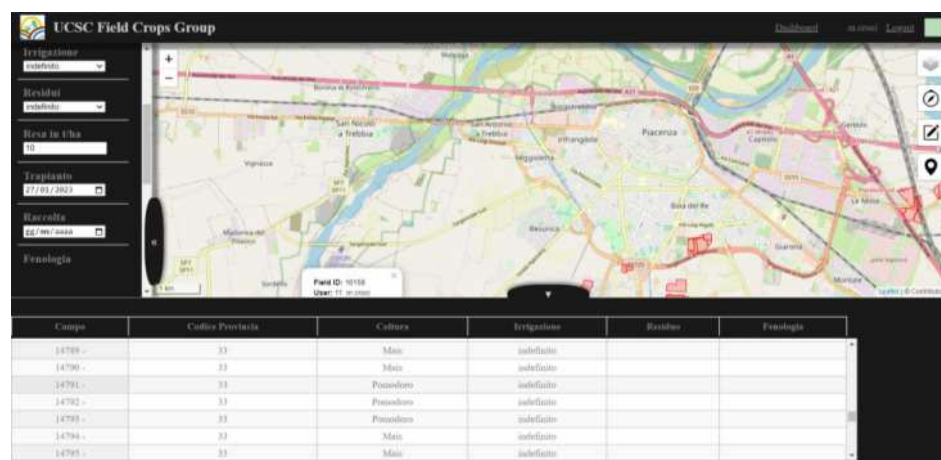


Figura 6. Interfaccia utente della versione desktop aggiornata con la funzione di visualizzazione della tabella degli appezzamenti.

Questa figura 6 mostra la schermata della versione desktop del sistema, arricchita con una funzione intuitiva che permette all'utente di visualizzare la tabella degli appezzamenti inseriti in modo semplice e veloce.

Questa nuova funzionalità fornisce una maggiore trasparenza e un accesso più rapido alle informazioni, migliorando l'efficienza del sistema e la soddisfazione degli utenti. Le campagne di raccolta dati hanno previsto diverse date distribuite dalla primavera fino alla stagione avanzata, con graduale inserimento dei siti di training nelle procedure di classificazione successive ottenute nella stagione in funzione di quanto determinato nell'Azione 3.1. Per monitorare lo stato di avanzamento della raccolta durante la stagione culturale venivano programmate riunioni regolari tra il CRAFT, l'OI del Pomodoro e i

	<p>tecnici messi a disposizione dalle diverse OP.</p> <p>Un altro passo cruciale nella raccolta dati è stata la generazione e successiva gestione di un database di informazioni storiche relative agli appezzamenti coltivati a pomodoro da industria. Infatti, le diverse OP si sono impegnate a fornire informazioni agronomiche su appezzamenti coltivati dal 2019 al 2022. In particolare, le OP hanno fornito per diverse particelle catastali (comune, foglio e particelle) le informazioni relative alla data di trapianto, data di fioritura, di raccolta, la varietà e per un gruppo ristretto di dati le informazioni sulla produzione in quintali ad ettaro.</p> <p><i>Conclusioni</i></p> <p>Nel corso del progetto grazie al contributo dei vari partner, OI-CRAST-UCST e alle aziende agricole biologiche, è stato raggiunto a pieno l'obiettivo dell'azione, raccogliendo le informazioni che hanno costituito un dataset georeferenziato in forma vettoriale relativo ai singoli appezzamenti o parte di essi, coltivati a pomodoro e ad altre colture, corredato di attributi significativi per ogni poligono inserito.</p> <p>L'applicativo web "ISIDORO.app", grazie alla sua facilità di utilizzo ha permesso di raccogliere un elevato numero di informazioni nel corso della vita del progetto permettendo il raggiungimento di elevate performance al momento dell'applicazione degli algoritmi sia in termini di classificazione colturale sia in termini di monitoraggio delle condizioni vegetative e fenologiche. Nel corso del triennio l'applicativo è stato utilizzato da oltre 110 utenti che hanno raccolto informazioni su oltre 2000 appezzamenti.</p> <p>L'applicativo è stato messo a disposizione di tutti i tecnici delle Organizzazione di Produttori (OP) coinvolte all'interno del progetto. Inoltre le aziende agricole biologiche partner, sono risultate da subito fortemente interessate agli sviluppi del progetto perché interessate alla coltura del pomodoro per una prospettiva di differenziazione produttiva ma in particolare perché interessate a conoscere gli aspetti applicativi delle nuove tecnologie, evitando il rischio viceversa di essere sempre tenute ai margini perché situate in zone collinari meno appetibili da un punto di vista logistico.</p>
<p>Grado di raggiungimento o degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>

<p>Azione:3.3</p>	<p>Classificazione colturale a partire dalle serie temporali Sentinel 2 ESA</p>
<p>Unità aziendale responsabile</p>	<p>CRAST-UCSC; Citimap; OI Pomodoro da industria Nord Italia; Aziende agricole La Risorgiva; Aziende agricole Marzocchi.</p>
<p>Descrizione attività</p>	<p>Nel corso dell'azione 3.3 sono state condotte le attività necessarie per la realizzazione dell'applicazione vera e propria della classificazione colturale a partire dalle serie temporali della costellazione di osservazione della terra Sentinel 2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Questa attività è stata funzionale per soddisfare gli obiettivi strategici, di interesse prioritario per l'OI, definiti preliminarmente dall'Azione 3.1 (Estensione geografica dell'area di interesse, numero e precocità stagionale delle classificazioni colturali prodotte in stagione, numero di classi di precocità di trapianto da impiegare per la classificazione degli appezzamenti a pomodoro da industria e altre classi colturali impiegate nella classificazione).</p>

Descrizione dell'attività

L'azione 3.3 è stata a sua volta suddivisa in 2 fasi. La prima fase rappresentava la fase preliminare di studio delle diverse procedure di classificazione colturale, la seconda fase rappresentava il deployment dell'algoritmo di classificazione colturale. Durante la prima fase sono stati effettuati una serie di studi per verificare come le performance fossero influenzate da una serie di fattori propri della classificazione come la tipologia di algoritmo, il momento in cui viene consegnata la mappa e la numerosità di appezzamenti.

Fase 1- Fase preliminare – preparazione procedura di classificazione

Durante la fase preliminare all'applicazione dell'algoritmo di classificazione sono state effettuate una serie di simulazioni di classificazioni definite secondo un disegno sperimentale specifico al fine di applicare poi una procedura di ottimizzazione denominata metodologia delle superfici di risposta (RSM). Dalle bande Sentinel-2 sono stati calcolati sei indici di vegetazione (VI) (Tabella 1). I valori medi di ciascuno dei sei VI per ogni immagine sono stati estratti per ogni campo agricolo (cioè, parcella catastale). Le serie temporali dei VI sono state interpolate con intervalli di 10 giorni per garantire una serie temporale coerente ed equidistante su tutta l'area di studio, a vantaggio dei metodi di classificazione basati sull'apprendimento automatico. L'uso dei VI consente una maggiore discriminazione tra determinati tipi di colture rispetto all'uso delle sole bande spettrali. Inoltre, il calcolo dei VI nel tempo fornisce ulteriori informazioni sulla variazione del comportamento spettrale e della fenologia delle colture. È stata eseguita un'analisi delle componenti principali (PCA), mantenendo le componenti principali (PC) fino al 95% di varianza spiegata. La PCA è stata applicata per evitare il problema della multicollinearità.

Tabella 1. Indici di vegetazione adottati per la mappatura delle colture

Indici di vegetazione	Abbreviazione
Normalized Difference Vegetation Indices	NDVI
Normalized Difference Red-Edge	NDRE
Normalized Difference Water Index	NDWI
Green Normalized Difference Vegetation Index	GNDVI
Chlorophyll Vegetation Index	CVI
Green Wide Dynamic Range Vegetation Index	greenWDRVI

La metodologia della superficie di risposta (RSM) è stata utilizzata per analizzare le variabili di input di un sistema multivariabile, ottimizzando i fattori valutati e riducendo il numero di esperimenti. Il disegno sperimentale era un disegno centrale composto a rotazione (CCRD) ed è stato eseguito utilizzando tre fattori: il numero di set di addestramento per il pomodoro, il numero di set di addestramento per le "altre colture" e il tempo di esecuzione. Le variabili di risposta del disegno sperimentale erano le metriche di valutazione della classificazione. Ogni variabile di input in questo disegno sperimentale è stata studiata su cinque livelli (-2,0, -1,0, 0,0, +1,0 e +2,0), con zero come valore centrale codificato (Tabella 2).

Tabella 2. Intervalli sperimentali e livelli delle variabili indipendenti per il disegno centrale a rotazione (CCRD) utilizzato per l'ottimizzazione della mappatura delle colture di pomodoro. Il tempo di

anticipo è espresso in giorni dell'anno (DOY).

Variabili	Variabili codificate	Range and Levels				
		-2.0	-1.0	0.0	+1.0	+2.0
Numero di siti di training di pomodoro	X ₁	100	300	500	700	900
Numero di siti di training di altro	X ₂	100	300	500	700	900
Giorno di consegna della mappa	X ₃	168 (17 June)	189 (8 July)	210 (29 July)	231 (19 August)	252 (9 September)

In totale, sono stati condotti 125 esperimenti dalla combinazione dei cinque livelli con i tre fattori. Per ogni esperimento sono stati valutati tre classificatori di apprendimento automatico (ML) su un set di dati indipendente (set di dati di prova). Gli iperparametri di ciascun classificatore ML sono stati ottimizzati utilizzando una strategia di convalida incrociata. Dall'intero dataset Sentinel-2 acquisito da febbraio a metà settembre 2019, i sei VI (per immagine) sono stati impilati dalla prima all'ultima data di ogni lead time. Successivamente, è stata eseguita un'analisi delle componenti principali (PCA), conservando le componenti principali (PC) fino al 95% di varianza spiegata. La RSM ha permesso di valutare simultaneamente gli effetti della dimensione del training set (numero di siti di addestramento per il pomodoro e per le "altre colture") e del lead time (espresso come giorno dell'anno-DOY) sulle prestazioni della mappatura delle colture di pomodoro, utilizzando i classificatori ML. Entrambi i fattori sono stati considerati come variabili quantitative al fine di interpolare il loro effetto sulle variabili di risposta. I valori ottimali della RSM sono stati recuperati risolvendo l'equazione di regressione quadratica e analizzando i diagrammi della superficie di risposta. Per determinare la significatività degli effetti è stata utilizzata l'ANOVA con intervalli di confidenza del 95%. Per eseguire l'ANOVA e determinare i coefficienti di regressione è stato utilizzato il pacchetto R "rsm". La figura 1 mostra un confronto degli indici di vegetazione -VI- durante i profili temporali estratti per le diverse colture durante la stagione di crescita. I profili temporali delle diverse colture mostrano somiglianze durante i periodi di semina e post-raccolta, ma le loro caratteristiche spettrali sono più distinte durante la maturità, consentendo una migliore discriminazione. Pomodoro, mais, sorgo e soia vengono seminati a metà aprile e raccolti a settembre, quindi le tendenze dei tratti per queste quattro colture sono simili. Tra il 190° e il 220° giorno dell'anno, le differenze nei valori di VI tra il pomodoro e le altre colture sono evidenti, la maggior parte dei picchi sono diversi. Durante il periodo di raccolta, anche le caratteristiche delle tre colture si comportano in modo diverso.

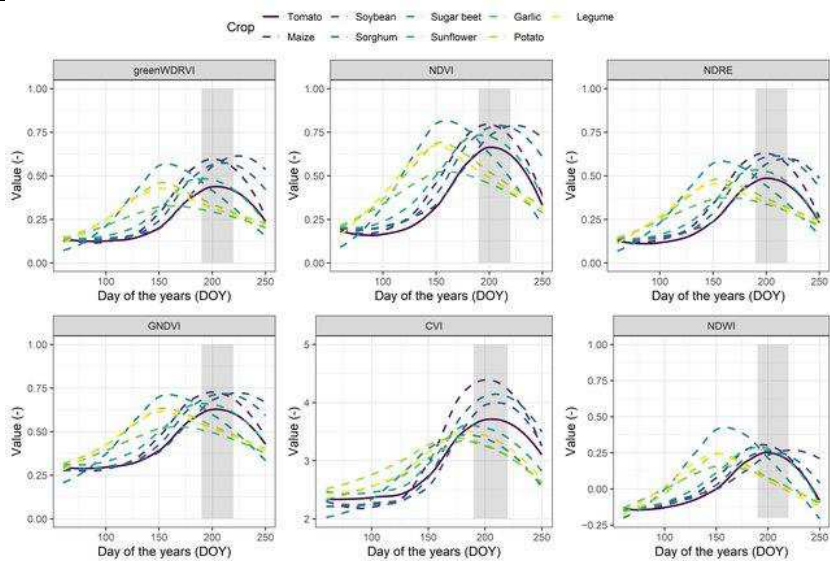


Figura 1. Profili temporali basati su NDVI, NDRE, NDWI, GNDVI, CVI e greenWDRVI delle colture target durante la stagione di crescita nell'area di studio. Le linee rappresentano i valori medi di Vis, mentre l'ombra grigia rappresenta il periodo compreso tra il 190 e il 220° giorno dell'anno.

Per valutare l'accuratezza della classificazione colturale sono state utilizzate numerose metriche tra cui l'*Accuratezza globale (OA)*, *Precision*, *Recall or Sensitivity*, *Specificity*, *F1*, *G-mean*. L'**accuratezza** globale viene calcolata come il totale di previsioni corrette sul numero totale di previsioni. La **precisione** rappresenta l'abilità di un classificatore di non etichettare un'istanza positiva (un campo di pomodoro) che in realtà è negativa. Maggiore è la precisione e minore è l'errore di 1° tipo, nel nostro caso per ridurre tale errore è necessario incrementare il numero di appezzamenti di altro. Precision risponde alla domanda: delle istanze positive (classificate come Pomodoro) qual è la percentuale corretta?

La Sensitivity è la capacità di un classificatore di trovare tutte le istanze positive (tutti i campi di Pomodori). Risponde alla domanda: per tutte le istanze che erano effettivamente positive, qual è stata la percentuale classificata correttamente. Mentre la **Specificity** è il complemento alla sensibilità, e riassume quanto bene è stata prevista la classe negativa. **F1** è la misura che tiene in considerazione Precision e Recall, dove la precisione è il numero di veri positivi diviso il numero di tutti i risultati positivi, mentre il recupero è il numero di veri positivi diviso il numero di tutti i test che sarebbero dovuti risultare positivi (ovvero veri positivi più falsi negativi). Da notare, comunque, che non viene mai preso in considerazione il numero di veri negativi. Da notare, comunque, che non viene mai preso in considerazione il numero di veri negativi. Viene utilizzato per confrontare più modelli nel caso in cui interessi di più classe positiva (Pomodoro). Mentre G-mean è la combinazione di Sensibilità e Specificità la quale bilancia entrambi i problemi, viene chiamata media geometrica o media G. Le metriche sono state valutate tutte anche per decidere quale fosse la migliore da utilizzare in fase di deployment.

Fase 2 - Fase di deployment dell'algoritmo

La seconda fase dell'azione 3.3 è stata rappresentata dallo sviluppo ed applicazione della procedura di classificazione testata nella fase preliminare.

A partire dalle informazioni raccolte con le diverse simulazione è stata pianificata la procedura operativa per la stima delle superfici coltivate a pomodoro da industria. La procedura di classificazione colturale si basa sull'utilizzo di serie temporali di indici di vegetazione per distinguere le singole colture presenti in campo. Per ciascun

appezzamento segmentato, ogni anno, sono stati calcolati ed estratti una serie di indici di vegetazione. Gli indici utilizzati sono stati i sei indici di vegetazione riportati in tabella 1 (NDVI, NDRE, NDWI, GNDVI, CVI e greenWDRVI). Questi indici di vegetazione sono stati scelti in quanto complessivamente apportano informazioni diverse e complementari dal punto di vista fisiologico e di canopy.

Risultati

Fase 1 - Fase preliminare – preparazione procedura di classificazione

Preliminarmente all'applicazione operativa della procedura di classificazione colturale nella stagione colturale è stato effettuato uno studio che ha comportato l'esecuzione di diverse simulazioni di classificazione colturale per definire in maniera scientifica la procedura e l'algoritmo da impiegare. La figura 2 e la figura 3 mostrano l'evoluzione di OA (Accuratezza globale) e GM (G-mean), rispettivamente, in funzione del numero di siti di addestramento per il pomodoro e per le "altre colture", per ciascuno dei tre algoritmi e per ogni lead time. In generale, l'OA aumenta con il numero di siti di addestramento e con il progredire della stagione di crescita. All'inizio della stagione di crescita (17 giugno), l'OA aumenta maggiormente quando il numero di siti di addestramento per le "altre colture" aumenta da valori iniziali bassi, e questo incremento è ancora più importante con un numero elevato di siti di addestramento per il pomodoro (ad esempio, 900). Inoltre, anche il GM aumenta con l'aumentare del numero di siti di addestramento per "altre colture", ma solo quando il numero di siti di addestramento per il pomodoro è sufficientemente alto. Quando il numero di siti di addestramento per i pomodori è basso (ad esempio, 100), l'aumento dei siti di addestramento per le "altre colture" porta a una riduzione dell'accuratezza del GM (Figura 4). Ciò dimostra che l'accuratezza GM è fortemente legata alla proporzionalità tra le due classi. La riduzione delle prestazioni è meno evidente con il progredire della stagione di crescita e con gli algoritmi NNET e SVMr. Questo risultato è particolarmente evidente nella figura 4, dove le prestazioni G-Mean più elevate si ottengono quando il dataset di addestramento ha un rapporto vicino a 1:1 tra le classi maggioritarie e minoritarie. L'importanza del rapporto tra classi maggioritarie e minoritarie diminuisce con il progredire della stagione, in particolare per l'algoritmo RF, che mostra un calo più pronunciato delle prestazioni quando il rapporto tra il numero di siti di addestramento per altre colture e il numero di siti di addestramento per il pomodoro aumenta oltre 1.

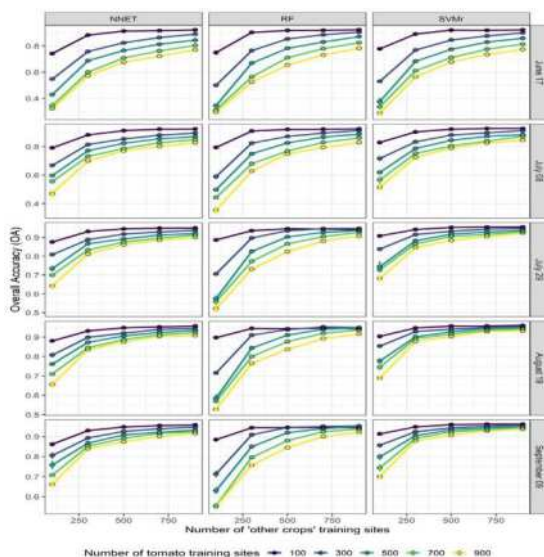


Figura 2 Progressione dell'accuratezza complessiva rispetto al numero di siti di addestramento per le "altre colture" a seconda del numero di siti di addestramento per il pomodoro e del tempo di esecuzione.

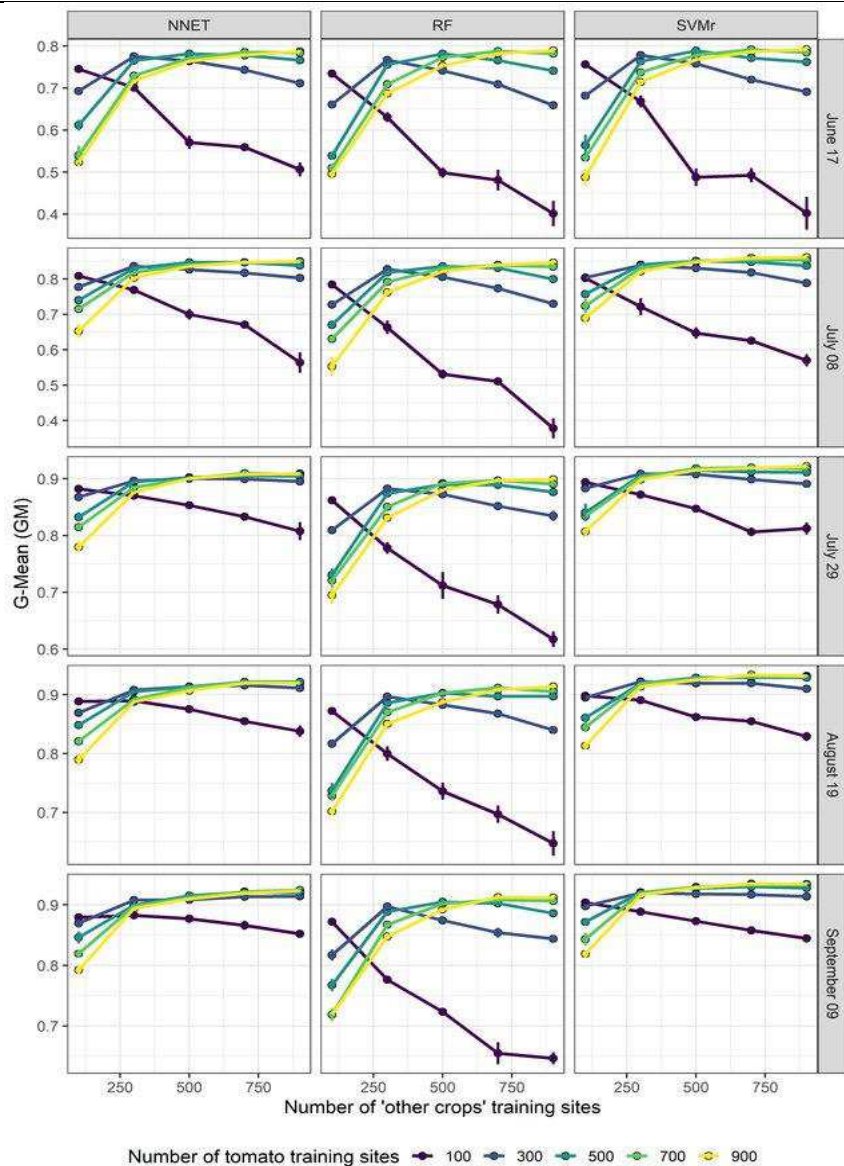


Figure 3. Progressione di G-Mean rispetto al numero di siti di formazione per le "altre colture" con un numero diverso di siti di formazione per il pomodoro e tempi di realizzazione.

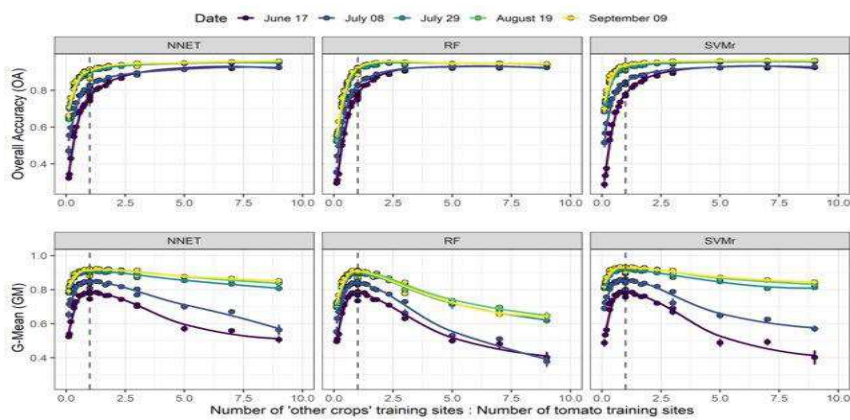


Figure 4. Accuratezza complessiva e progresso G-Mean rispetto al rapporto tra il numero di siti di addestramento per le "altre colture" e il numero di siti di addestramento per i pomodori a diversi lead time. La linea punteggiata rappresenta il rapporto 1:1.

I diagrammi dei contorni di risposta del GM per ciascun classificatore ML (SVMr, NNET e RF) a ciascun livello di lead time (DOY 168, 189, 210, 231 e 252) sono presentati nella Figura 6. In generale, la GM aumenta con il numero di siti di addestramento e con il progredire della stagione fino alla DOY 231 (19 agosto), mentre le prestazioni diminuiscono nella data successiva (DOY 252, 9 settembre). La variabile di risposta GM ha mostrato tendenze simili per tutti i classificatori ML. Il GM più elevato è stato osservato in prossimità della linea 1:1 quando il numero di siti di addestramento di pomodoro e "altre colture" era simile. Più in dettaglio, SVMr si è rivelato il miglior classificatore ML, raggiungendo alti livelli di accuratezza con un numero inferiore di siti di addestramento e un tempo di esecuzione più breve rispetto agli altri due classificatori ML. Si può osservare dai grafici dei contorni dell'OA (Figura 7) che SVMr ha raggiunto livelli di accuratezza più elevati con tempi di esecuzione più brevi rispetto agli altri due algoritmi (RF e NNET). Tuttavia, l'andamento dell'OA in risposta al numero di siti di addestramento per pomodori e "altre colture" è molto diverso da quello osservato per GM. Come si è osservato dall'analisi del valore t nella figura 5, il numero di siti di addestramento di "altre colture" è una delle variabili indipendenti che influenzano la variabile di risposta (OA).

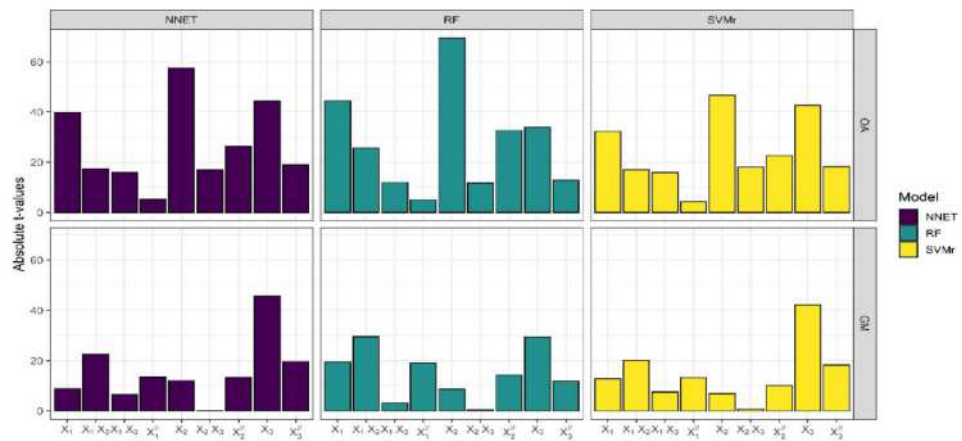


Figura 5 . Valore assoluto di t di ciascun coefficiente di regressione recuperato dai modelli RSM

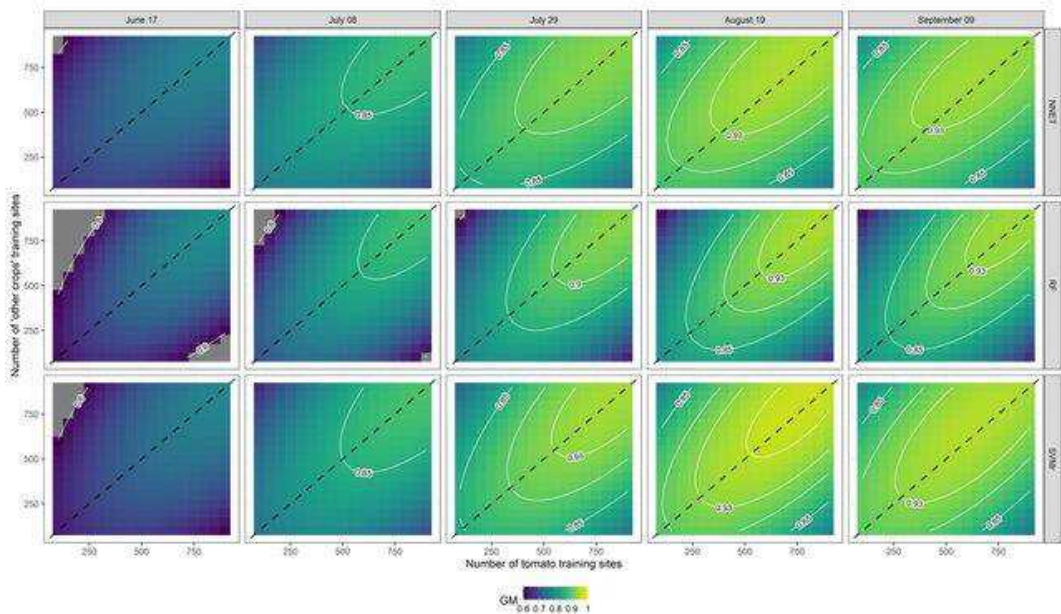


Figure 6. Grafici dei contorni della risposta per la G-Mean (GM) in funzione del numero di siti di addestramento per il pomodoro (X1) e del numero di siti di addestramento per "altre colture" (X2). La linea tratteggiata rappresenta una linea 1:1 tra X1 e X2.

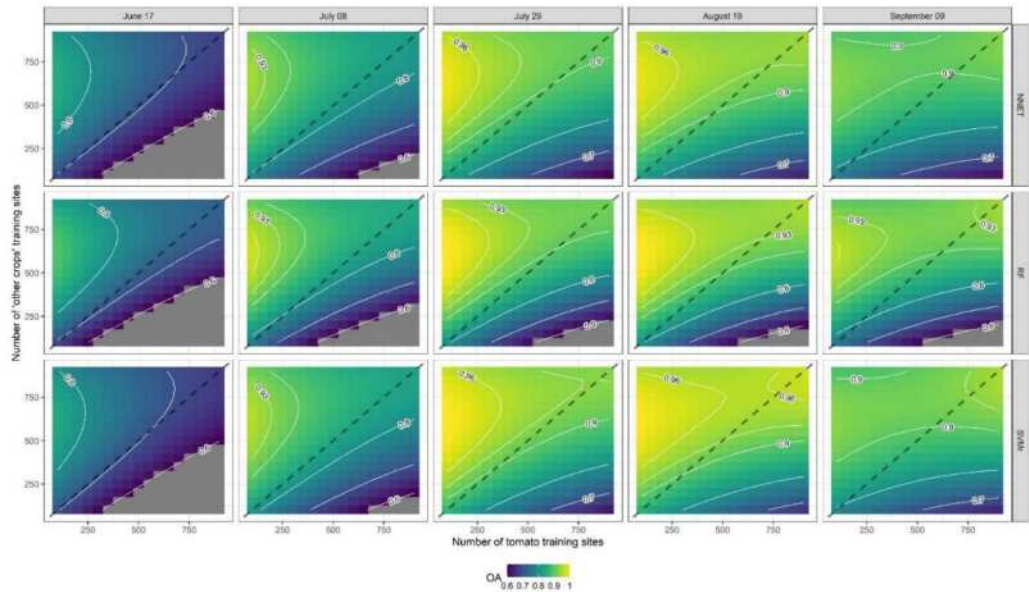


Figura 7. Grafici dei contorni della risposta per l'accuratezza complessiva (OA) in funzione del numero di siti di addestramento per il pomodoro (X1) e del numero di siti di addestramento per altre colture (X2). La linea tratteggiata rappresenta una linea 1:1 tra X1 e X2.

Lo studio si è basato sui dati dichiarati per mezzo delle dichiarazioni per i contribuenti agricoli 2019 messi a disposizione dalla regione Emilia-Romagna. In dettaglio, lo studio ha permesso di identificare l'effetto di momento della stagione in cui veniva effettuata la classificazione e il numero di siti di addestramento sulle performance della classificazione stessa. Questo studio ha anche portato alla pubblicazione di un articolo scientifico intitolato: **“Impact of Training Set Size and Lead Time on Early Tomato Crop Mapping Accuracy”** (Crocì et al. 2022).

Dallo studio è emerso come il numero di dati e la loro composizione fosse correlato con le performance dei diversi algoritmi e come l'algoritmo Support Vector Machine (SVMr) sia in grado di raggiungere maggiori performance più precocemente nella stagione colturale e con un minor numero di dati rispetto a Random Forest (RF) e reti neurali (NN).

Fase 2 - Fase di deployment dell'algoritmo

La procedura di classificazione colturale è stata sviluppata con l'obiettivo di aumentare la precisione nella stima della quantità di terreno coltivato a Pomodoro da Industria. I risultati del primo studio preliminare sono stati utilizzati per definire la procedura e scegliere l'algoritmo più adeguato, ovvero tecniche supervisionate di tipo object-oriented con l'algoritmo SVMr. L'applicazione della procedura durante la stagione estiva 2021 ha dato risultati sorprendenti, con una precisione pari al 96%.

La figura 11 fornisce una visualizzazione dei risultati della classificazione colturale. La mappa mostra le province colorate in base al numero di ettari coltivati a Pomodoro da Industria (a sinistra), mentre il confronto tra i dati stimati dai dati satellitari e quelli dell'Organizzazione Interprofessionale del Pomodoro (a destra) evidenzia l'alta verosimiglianza tra le due fonti di informazione. Questo significa che la procedura di classificazione colturale è stata in grado di fornire stime affidabili e accurate.

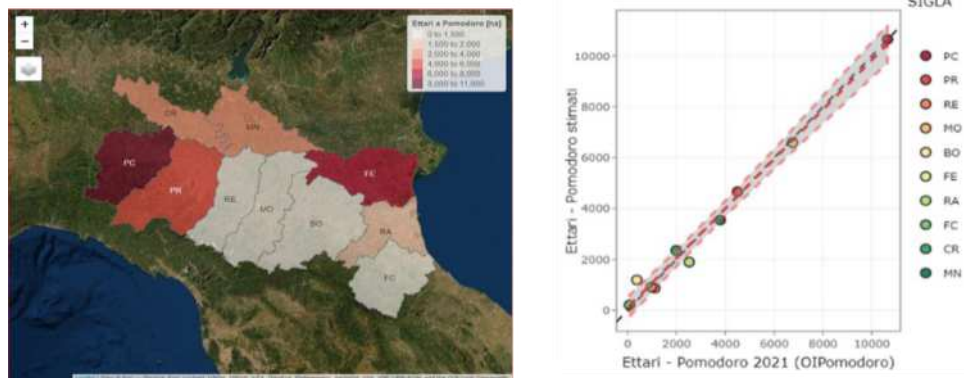


Figura 8. Risultati classificazione culturale 2021. Stima superfici coltivate a pomodoro in data 17-07-2021.

La procedura di classificazione culturale è stata ulteriormente affinata e testata durante la stagione estiva del 2022, con risultati ancora più sorprendenti. Le figure 9 e 10 mostrano i risultati della classificazione effettuata durante la stagione del 2022, che hanno raggiunto elevate performance complessive, con un tasso di accuratezza globale superiore al 96% in tutte le province. La figura 9 mostra il risultato della classificazione ottenuto durante il primo aggiornamento stagionale, effettuato il 15 luglio 2022. Il secondo aggiornamento di stima delle superfici, effettuato il 30 luglio 2022 (figura 10), ha ancora migliorato le performance, raggiungendo un tasso di accuratezza globale del 97%. Ciò evidenzia la capacità della procedura di classificazione di adattarsi e migliorare nel corso del tempo. Questi risultati confermano la validità della procedura di classificazione culturale nel fornire stime accurate e affidabili della quantità di terreno coltivato a Pomodoro da Industria. In futuro, queste informazioni saranno utilizzate per supportare le decisioni delle organizzazioni del settore e per migliorare la gestione delle colture.

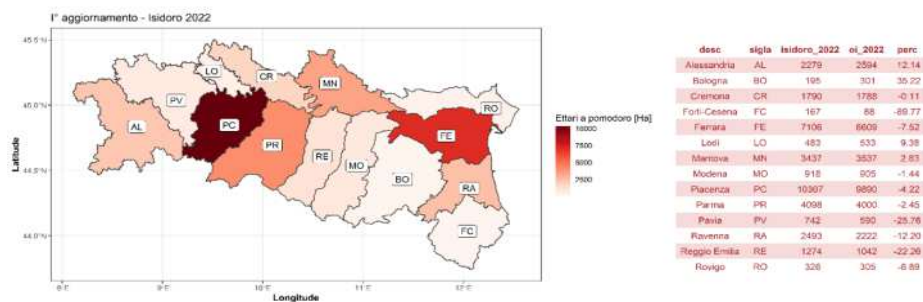


Figura 9. Stima superficie ettari coltivati a pomodoro da industria in data 15 luglio 2022.

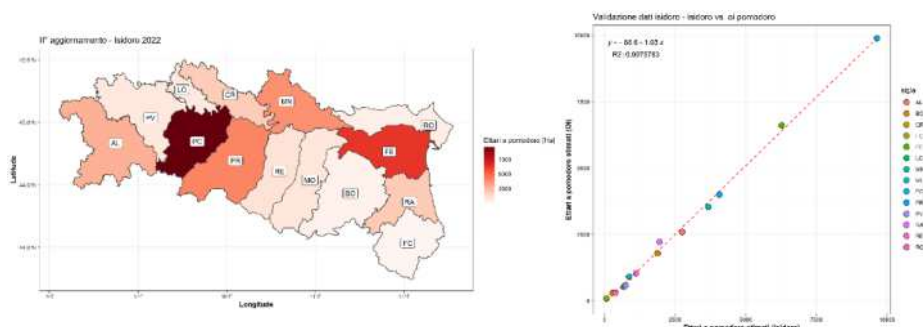


Figura 10. Stima superficie ettari coltivati a pomodoro da industria in data 30 luglio 2022

Grazie alla precisione della procedura di classificazione colturale, non solo è possibile ottenere stime accurate sulla quantità di terreno coltivato a Pomodoro da Industria a livello di singola provincia, ma anche aggregare queste informazioni a livelli diversi di dettaglio per soddisfare le esigenze specifiche di chi utilizza i dati. Ad esempio, in figura 11 viene mostrato come sia possibile fornire le informazioni a livello di singolo comune, garantendo un elevato grado di dettaglio e di precisione. Questa flessibilità rende i dati estremamente utili per diverse applicazioni, come la pianificazione delle colture, la gestione delle risorse e la decisione delle politiche. Con informazioni così precise e dettagliate a livello di singolo appezzamento o comune, le organizzazioni del settore saranno in grado di prendere decisioni più informate e migliorare l'efficienza e la produttività delle colture.

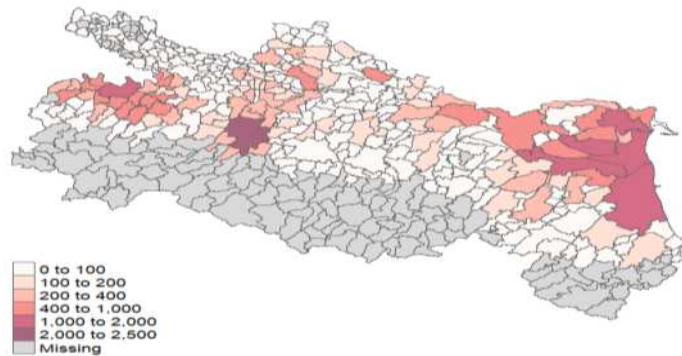


Figura 11. Stima superficie ettari coltivati a pomodoro da industria in data 30 luglio 2022

L'identificazione precisa degli appezzamenti coltivati a Pomodoro da Industria tramite la procedura di classificazione colturale ha permesso di quantificare con accuratezza anche la presenza di queste colture in aree marginali. I risultati hanno evidenziato come solo una minima percentuale di appezzamenti coltivati a Pomodoro, pari a meno del 3% del totale dei 32.000 ettari monitorati, siano situati in aree con pendenze superiori a 5° e con altitudini sul livello del mare superiori a 200 m. Questo è stato evidenziato in Figura 12. Queste informazioni possono essere utilizzate per una maggiore comprensione delle sfide e delle opportunità presenti nelle aree marginali e per prendere decisioni più informate sulla gestione delle risorse e sulle politiche del settore.

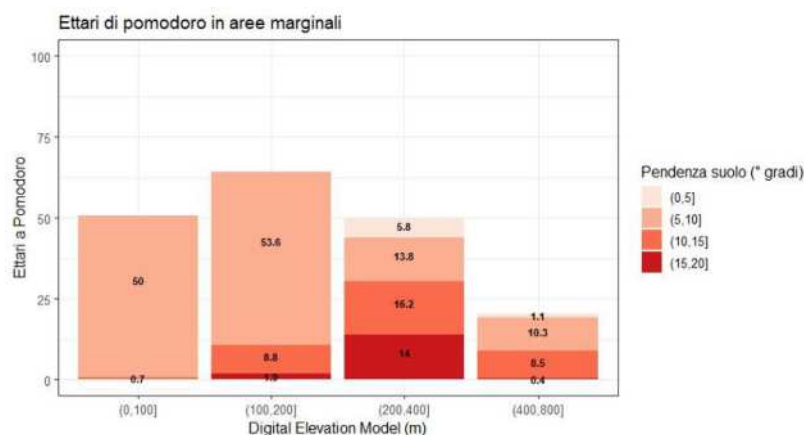
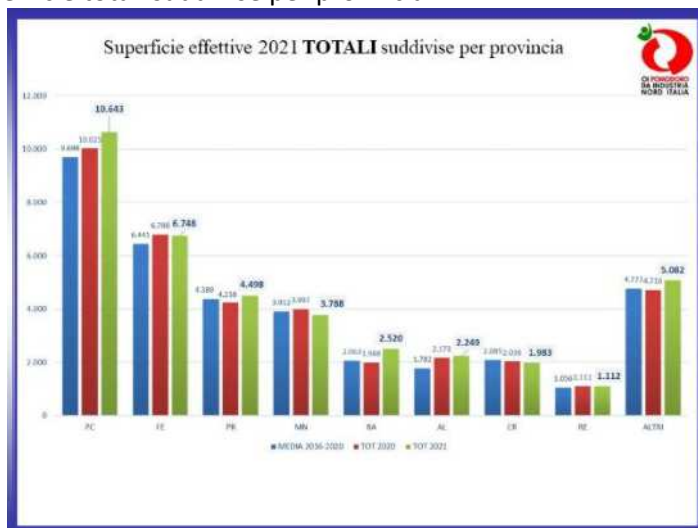


Figura 12. Stima superfici ettari coltivati a pomodoro da industria in aree marginali

Inoltre, a supporto delle attività del CRAST, nel corso degli anni 2020, 2021 e 2022, OI Pomodoro ha raccolto, elaborato e condiviso con CRAST e Citimap i dati riguardanti le superfici trapiantate a pomodoro da industria dalle OP associate. Questa attività,

aggiuntiva all'attività di raccolta dati in campo, ha permesso di calibrare le classificazioni testate da CRAFT e Citimap, di confrontare i risultati con i dati di superficie. Nella figura 13 si riporta il grafico delle superficie effettive totali coltivate a pomodoro da industria suddivise per provincia.

Figura 13 -Superficie totali suddivise per provincia.



Conclusioni

In conclusione, la procedura di classificazione colturale ha dimostrato di essere uno strumento preciso e affidabile per l'identificazione degli appezzamenti coltivati a pomodoro da industria.

La sua elevatissima performance in termini di accuratezza globale, dimostrata dai risultati ottenuti nel corso della stagione colturale 2022, è stata ulteriormente confermata dalla concordanza con i dati raccolti da OI.

Questo rende la procedura di classificazione una soluzione ideale per la gestione delle colture e la pianificazione delle risorse, aiutando le organizzazioni a prendere decisioni informate per migliorare l'efficienza e la produttività delle colture.

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

Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

Azione 3.4	Previsione della produzione a stadi diversi del ciclo vegetativo a sostegno della organizzazione della filiera del pomodoro da industria e gestione informazioni agronomiche
Unità aziendale responsabile	CRAFT-UCSC; Citimap, OI Pomodoro da industria Nord Italia.
Descrizione attività	L'obiettivo di questa azione è stato quello di sviluppare delle procedure informatiche al fine di ottenere delle informazioni previsionali sullo sviluppo delle colture in corso

presenti in campo e delle produzioni. Questo sistema previsionale è inoltre funzionale alla gestione /organizzazione della logistica e trasporti (azione. 3.5).

OI Pomodoro ha operato attivamente per richiedere e raccogliere i dati riguardanti: epoca di trapianto, varietà, epoca di fioritura, data di raccolta e quantitativi raccolti relativi agli anni 2019-2020-2021-2022.

Queste informazioni, fornite al CRAFT, hanno costituito una base di dati con cui impostare ed addestrare gli algoritmi. L'avvio dell'azione ha incontrato alcune difficoltà determinate dalla pandemia, poiché era necessario raccogliere dati senza potersi recare presso le aziende. Tuttavia, questa criticità è stata superata grazie all'utilizzo di incontri da remoto, inizialmente tramite interviste telefoniche e videochiamate, che hanno permesso un significativo sviluppo dell'attività già dall'autunno del 2020.

Descrizione attività

Durante l'azione 3.4 sono state sviluppate una serie di procedure informatiche finalizzate all'ottenimento delle informazioni previsionali sullo sviluppo delle colture in corso e delle produzioni. Si è scelto di utilizzare un approccio basato sull'intelligenza artificiale (machine learning-ML) in sostituzione ai modelli meccanicistici per ridurre il numero di input ambientali ed agronomici necessari, spesso difficilmente reperibili su larga scala. L'algoritmo di machine learning è stato istruito a riconoscere il potenziale produttivo a partire dalle informazioni satellitari (Sentinel-2) come ad esempio indici di vegetazione (es. NDVI, NDRE e GNDVI). In aggiunta, agli indici di vegetazione sono stati inseriti all'interno dell'algoritmo ML anche informazioni relative alle proprietà del suolo come ad esempio la tessitura (contenuto di argilla, sabbia e limo, classe tessiturale e la dotazione in elementi nutritivi (azoto totale, sostanza organica, potassio totale, fosforo totale ecc). Le informazioni relative alle proprietà chimico-fisiche del suolo sono state estratte dalle mappe del suolo della regione Emilia-Romagna e dal database europeo LUCAS EU Database. In aggiunta, allo sviluppo di un algoritmo per la previsione della resa in questa fase è stata sviluppata i) una procedura per la stima della data di trapianto del pomodoro da industria; e ii) una procedura per la stima dei consumi idrici su scala territoriale.

1. Procedura per la stima della data di trapianto del pomodoro da industria e del monitoraggio fenologico

A partire dal database storico di appezzamenti coltivati a Pomodoro da Industria generato ed organizzato (vedi azione 3.2) contenente le informazioni relative alla data di trapianto, di inizio fioritura e inizio raccolta sono stati definiti dei valori soglia di indici di vegetazione per la quale era probabile il superamento dei diversi periodi del ciclo colturale. In Figura 1 viene riportato l'andamento del NDVI per una serie di appezzamenti segnalati dalle diverse OP. Con il colore rosso scuro invece viene mostrato il momento della stagione in cui vi era l'inizio della fioritura. Questa figura ci fornisce un'indicazione delle condizioni vegetative delle colture e ci permette di monitorare eventuali variazioni nel corso del tempo. Questi dati sono molto utili per le attività di gestione delle colture e possono essere utilizzati per ottimizzare le pratiche di coltivazione e migliorare la resa delle colture.

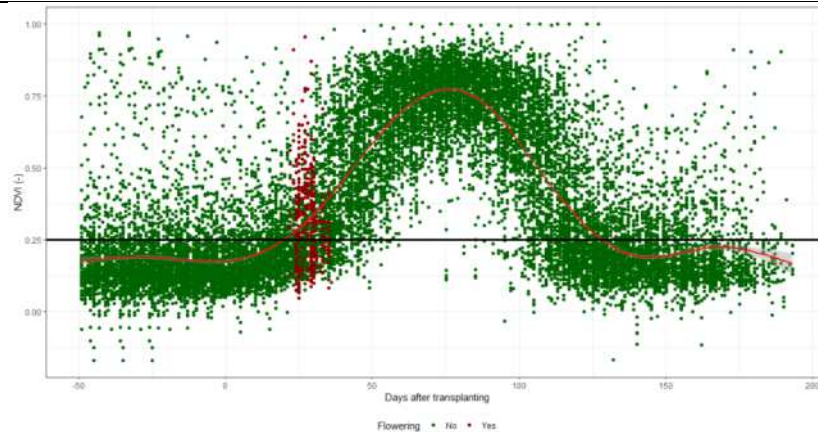


Figura 1 . Andamento dell'indice di vegetazione NDVI degli appezzamenti coltivati a Pomodoro da Industria. In puntini rossi rappresentano le rilevazioni satellitari effettuate nel periodo vicino all'inizio della fioritura.

Una volta effettuata la stima della data di fioritura e della data/settimana di trapianto degli appezzamenti classificati come pomodoro è stato possibile agganciare le informazioni metereologiche a ciascun appezzamento e monitorarlo dal punto di vista fenologico. Per fare ciò ci si è avvalsi della tabella fenologica e delle fasi utilizzate dal servizio della regione Emilia-Romagna IRRIFRAME. Infatti seguendo l'avanzamento dell'accumulo dei gradi giorno (GDD) è stato possibile per ogni appezzamento stimare e monitorare la fase fenologica. In tabella 1 vengono mostrate le soglie in GDD per stimare il susseguirsi delle fasi fenologiche.

Tabella 1. Fasi fenologiche utilizzate per monitorare lo stato vegetativo del pomodoro da industria e la successiva stima dei consumi idrici.

Descrizione fenofase	Ordine	Consiglio irriguo	Somma Termica (gradi)	AGDD	Kc
<i>semina/trapianto</i>	1	VERO	40	40	0,40
<i>allegazione primo palco: fase piena (> 50%)</i>	2	VERO	450	490	0,80
<i>invaiaura primo palco: inizio fase (0-5%)</i>	3	VERO	160	650	1,00
<i>invaiaura secondo palco: fase piena (> 50%)</i>	4	VERO	320	970	1,00
<i>maturazione: coloraz. finale ragg. dal 50% delle bacche</i>	5	VERO	140	1110	0,70
<i>maturazione: coloraz. finale ragg. dal 100% delle bacche</i>	6	FALSO	800	1910	0,10

Le stesse fasi fenologiche sono state utilizzate successivamente per stimare e filtrare le necessità irrigue degli appezzamenti coltivati a pomodoro in maniera puntuale e precisa.

In figura 2 viene mostrato il risultato del confronto tra fasi fenologiche e risposte degli indici vegetazionali

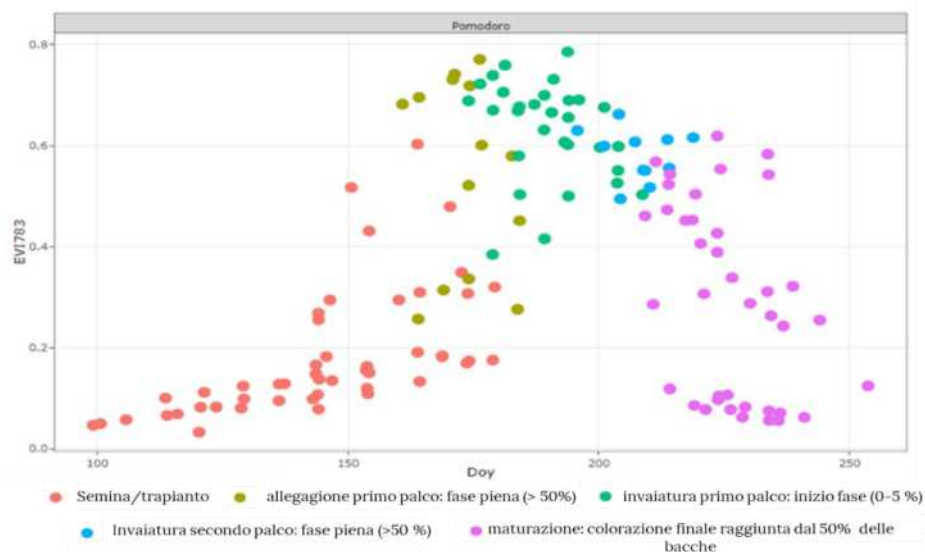


Figura 2. Fasi fenologiche del Pomodoro da industria, confrontato con l'andamento di un indice di vegetazione sensibile all'accrescimento della biomassa.

2. Procedura per la stima dei consumi idrici su scala territoriale

La stima dei consumi idrici del pomodoro su scala territoriale è stata effettuata utilizzando le informazioni sulla data di trapianto e la fase fenologica di ogni appezzamento. La stima è stata effettuata associando a ciascun appezzamento la capannina meteorologica più vicina e calcolando il coefficiente colturale tramite rilievi satellitari. La stima dei consumi idrici per ciascun appezzamento è stata calibrata sulla base di dati satellitari, moltiplicando il coefficiente colturale con l'evapotraspirazione potenziale di riferimento (ET₀, in mm/d). In Figura 3 vengono mostrate per ciascuna provincia (i diversi quadranti) i consumi idrici stimati in milioni di m³. Ciascuna barra rappresenta una settimana dell'anno (asse delle x). Questo grafico fornisce una panoramica visiva dei consumi idrici della regione durante la stagione estiva e può essere utilizzato per identificare eventuali tendenze o fluttuazioni nell'utilizzo dell'acqua nel tempo.

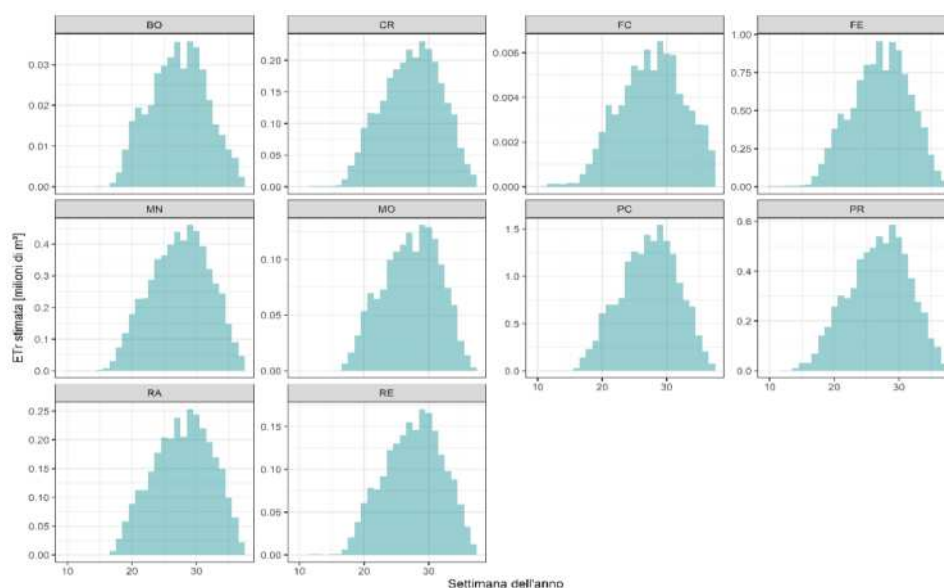


Figura 3. Stima dei consumi idrici (in milioni di m³) in termini di Evapotraspirazione reale (Et,) nelle diverse settimane monitorate durante la stagione estiva 2022.

3. Procedura per la stima della produzione

Per quanto riguarda la stima della produzione di pomodoro per l'industria, abbiamo deciso di iniziare con un'analisi preliminare sulla correlazione tra i dati satellitari e la produzione del pomodoro per verificare una possibile correlazione. Solo successivamente è stato sviluppato un modello di intelligenza artificiale. I dati di resa sono sempre difficilmente reperibili e spesso sono contaminati da imprecisioni dovute alle dichiarazioni degli agricoltori o alla modalità della gestione dei dati. Ad esempio, alcuni agricoltori segnalano la produzione solo sul primo appezzamento che viene raccolto. Per compensare parzialmente alla bassa disponibilità di dati di resa, sono state richieste alle OP informazioni di resa relativamente a piccola parte degli appezzamenti monitorati.

Analisi preliminare per la previsione della resa

La prima fase preliminare è consistita nell'utilizzo delle serie temporali di indici di vegetazione per indagare come e se fossero correlati con i livelli produttivi osservati in campo. Per fare ciò sono stati correlate le principali metriche fenologiche (informazioni derivate dalle curve di indici di vegetazione) con i dati di resa dichiarati. I risultati hanno mostrato buone correlazioni mostrando le potenzialità dell'utilizzo dei dati satellitari per la previsione della resa.

Valutazione di tecniche di Machine Learning per la previsione della resa a livello operativo

Nella seconda fase relativa alla previsione della resa, sono state effettuate una serie di confronti con l'obiettivo generale di sviluppare un algoritmo per la previsione della resa del pomodoro da industria, attraverso l'integrazione di algoritmi di machine learning e dati telerilevati. Nello specifico sono state verificate le capacità predittive di due algoritmi di machine learning (RF e SVMr) per la previsione della resa verificando le loro prestazioni in diversi momenti del ciclo colturale: ovvero a 30, 60, 90 e 120 giorni dal trapianto. La figura 4 mostra l'evoluzione del trend dell'indice di vegetazione (NDVI) per gli appezzamenti monitorati durante i vari stadi del ciclo colturale. Il NDVI è un indicatore importante della salute e della produttività delle piante e questa rappresentazione visiva del suo andamento nel tempo fornisce informazioni preziose per il monitoraggio e la gestione delle colture.

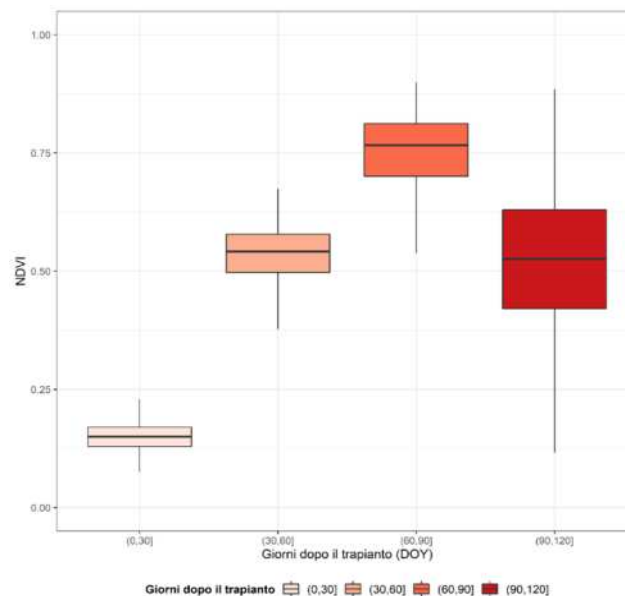


Figura 4. Trend indice di vegetazione (NDVI) degli appezzamenti monitorati per i diversi periodo del ciclo colturale

I confronti testati hanno dimostrato l'efficacia dei due algoritmi nella previsione della resa. Per determinare sia gli iperparametri sia le prestazioni dei modelli, il dataset è stato suddiviso in tre insiemi di dati indipendenti: l'insieme di allenamento utilizzato per addestrare il modello, l'insieme di validazione utilizzato per ottimizzare l'insieme di iperparametri e l'insieme di test utilizzato per stimare le prestazioni del modello. All'interno di questo studio è stata adottata una convalida incrociata di tipo leave-one-group-out. I dati di uno degli n gruppi (n = 4) è stato escluso dalla fase di allenamento per utilizzarlo nella fase di test. Dopo aver individuato gli iperparametri ottimali, il modello ottenuto è stato utilizzato per prevedere la performance del gruppo escluso dal ciclo di convalida, confrontando i valori previsti e quelli effettivi (cioè il test del modello). Questa procedura viene ripetuta per tutti gli n gruppi per valutare le prestazioni di previsione del modello. In questa fase sono stati selezionati e confrontati due algoritmi di Machine Learning: Random Forest (RF) e Support Vector Regression con kernel di funzioni a base radiale (SVMr). Gli algoritmi sono stati implementati utilizzando il pacchetto R "caret". Ogni modello ha una serie di iperparametri che devono essere ottimizzati utilizzando una griglia di opzioni scelti empiricamente. Per determinare i migliori iperparametri e valutare correttamente gli algoritmi ML, evitando problemi di over-fitting, è stata utilizzata una strategia di convalida incrociata. Una breve descrizione di ciascun algoritmo e dei suoi iperparametri è riportata nella Tabella 2.

Tabella 2. Nome degli iperparametri dell'algoritmo ottimizzati e intervallo di valori testati per ciascuno di essi. N è il numero totale di combinazioni di iperparametri testati per ogni algoritmo

Acronimo	Algoritmo	Descrizione	Iper-parametri	Valori testati	N
RF	Random forests	Combinazione di predittori ad albero. Ogni albero viene costruito selezionando insiemi di variabili casuali e campioni di dati. Robustezza rispetto al rumore. RF mostra l'efficienza di gestire insiemi di dati ad alta dimensionalità ed evita l'overfitting.	Numero di variabili a ciascun nodo	2, 3, 5, 10, 20, 30	7
SVMr	Support Vector Machines - radial basis function	L'iperpiano di regressione ottimale viene identificato mappando i dati in uno spazio di caratteristiche ad alta dimensionalità utilizzando funzioni kernel non lineari (es. funzioni a base radiale, rbf).	Parametro funzione di costo; Margine di tolleranza dell'errore ε	c: da 1 a 10 con uno step di 1; ε: da 0.005 a 0.55 con uno step di 0.05	110

Le metriche di valutazione sono state la radice quadrata della media degli errori al quadrato (RMSE, Equazione 1) e l'errore quadratico medio normalizzato (nRMSE, Equazione 2) sono stati utilizzati per valutare e confrontare i due algoritmi ed è stato calcolato per ciascun metodo come segue:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \quad \text{Equazione 1}$$

$$nRMSE (\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{n}} \frac{100}{\bar{y}}$$

Equazione 2

Dove:

- n è il numero del campione;
- x_i e y_i sono il valore predetto e misurato;
- \bar{y} è la media del valore misurato.

Le metriche prestazionali sono state quindi calcolate per tutti e due gli algoritmi e tutte e quattro i periodi di crescita (30, 60, 90 e 120 giorni dopo la semina).

Risultati

Procedura per la stima della data di trapianto del pomodoro da industria e del monitoraggio fenologico e dei consumi idrici

Un ulteriore risultato dell'azione 3.4 è stata la **stima della settimana di trapianto** attraverso l'analisi delle serie temporali di indice di vegetazione (Figura 5). Infatti, una volta identificati gli appezzamenti coltivati a pomodoro precocemente nella stagione è stato possibile monitorare lo stato di salute degli appezzamenti e valutarne la fase fenologica.

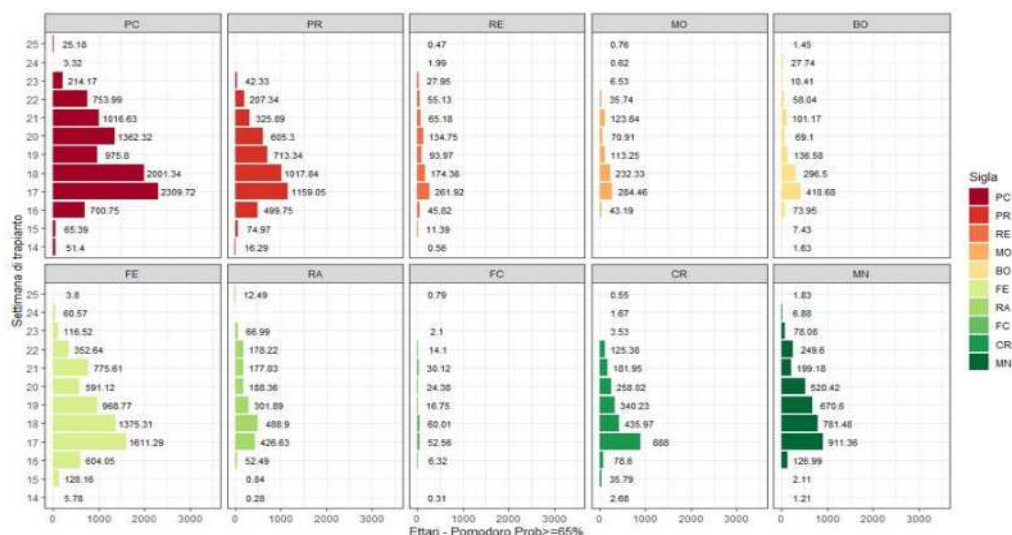


Figura 5. Distribuzione degli ettari per settimana di trapianto per ciascuna delle province monitorate.

Una volta stimata la settimana/data di trapianto per ciascun appezzamento, abbiamo monitorato anche l'evapotraspirazione utilizzando i dati satellitari per stimare i coefficienti culturali (Kc). Questi coefficienti sono stati poi incrociati con i dati meteorologici più vicini a ciascun appezzamento per stimare i consumi (evapotraspirazione reale, Etr) in termini di metri cubi per ettaro per ciascun comune e di milioni di metri cubi complessivi per ciascuna provincia (Figura 6) nelle diverse settimane di coltivazione del pomodoro da industria.

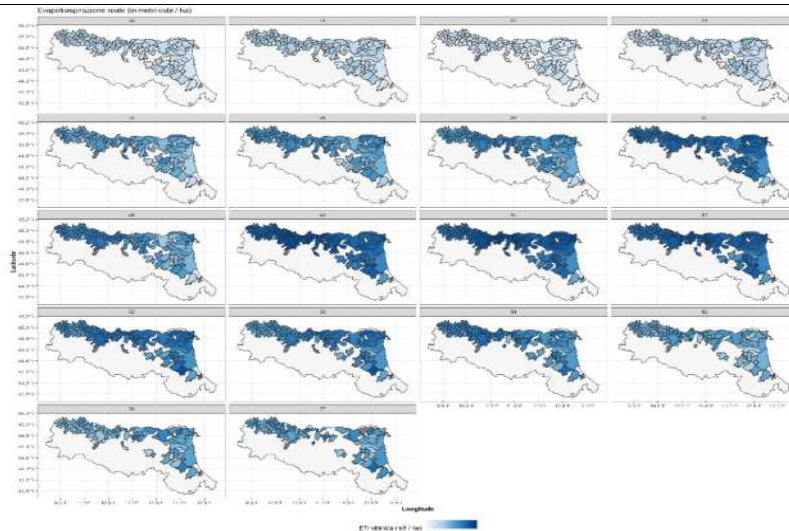


Figura 6. Stima dei consumi idrici in termini di Evapotraspirazione reale (E_t) per comune. Ciascun quadrante rappresenta la stima dei consumi idrici in m^3/ha nelle diverse settimane monitorate durante la stagione estiva 2022.

In conclusione, le procedure per il monitoraggio dello stato di salute e di avanzamento fenologico hanno permesso di ottenere importanti informazioni per l'intera filiera agroalimentare. Garantendo, uno sguardo preciso e puntuale su ciò che succede sull'intero territorio quasi in tempo reale.

2. Procedura per la stima della produzione

Analisi preliminare per la previsione della resa

Lo studio iniziale sulla correlazione tra le metriche fenologiche, estratte dalle serie temporali di indici di vegetazione, ha evidenziato una solida relazione tra i valori ottenuti dalle immagini satellitari e la produzione. In particolare, l'indice di vegetazione che ha mostrato i migliori risultati è stato l'NDVI, con un valore di coefficiente di correlazione (R^2) superiore rispetto a EVI e GNDVI (Figura 7). La metrica fenologica che ha raggiunto le prestazioni migliori è stata, invece, il valore registrato al punto di flesso della curva di indici di vegetazione (mgs). Questi risultati preliminari confermano la correlazione tra le metriche fenologiche e la produzione e giustificano ulteriori studi per lo sviluppo di un algoritmo di previsione della resa più preciso e affidabile.

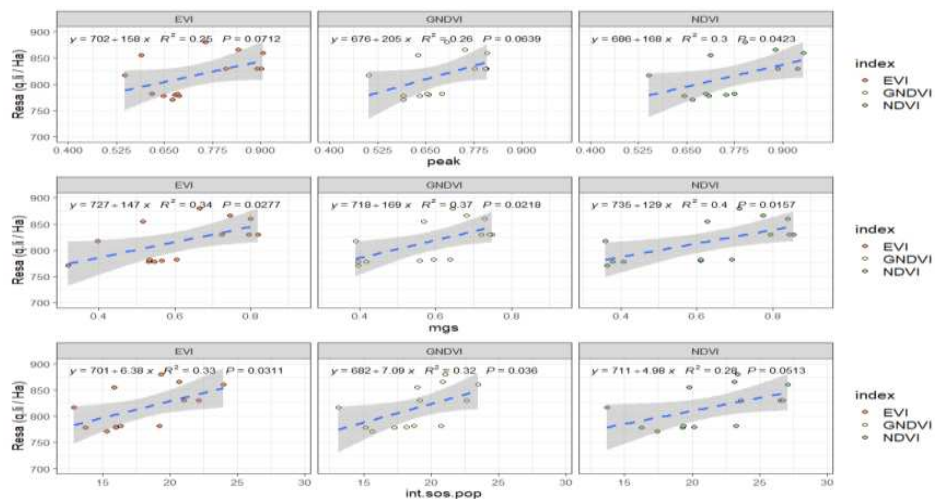


Figura 7. Analisi preliminare tra indici di vegetazione e resa in quintali ad ettaro di Pomodoro da industria.

Valutazione di tecniche di Machine Learning per la previsione della resa a livello operativo

La figura 8 presenta una valutazione dettagliata delle performance degli algoritmi di machine learning testati durante diverse fasi del ciclo vegetativo. Le accuratèzze sono state misurate utilizzando tre importanti metriche: R2, RMSE e nRMSE (%), confrontando la produzione prevista con la produzione osservata su un set di dati di prova. È stato osservato che le prestazioni del modello sono migliorate con l'avvicinarsi alla fine della stagione di crescita, come evidenziato dall'aumento graduale di R2 e dalla diminuzione di RMSE e nRMSE.

La configurazione basata solo sugli indici di vegetazione (VIs) senza l'aggiunta di informazioni sul suolo (VIs+S) ha prodotto il miglior modello, il modello SVMr, con RMSE inferiore a 170 Q.li ha⁻¹, R2 di 0,3 e nRMSE del 19% a fine stagione. Si è notato un aumento significativo delle prestazioni del modello SVMr tra i periodi di 60 e 90 giorni dopo il trapianto, con R2 che è passato da 0,1 a 0,3 e nRMSE che è sceso dal 22% al 19%. Tuttavia, le prestazioni complessive del modello sono aumentate solo leggermente oltre i 90 giorni dal trapianto, durante il periodo di maturazione delle bacche, dove sono stati rilevati i primi segni di calo (Figura 8).

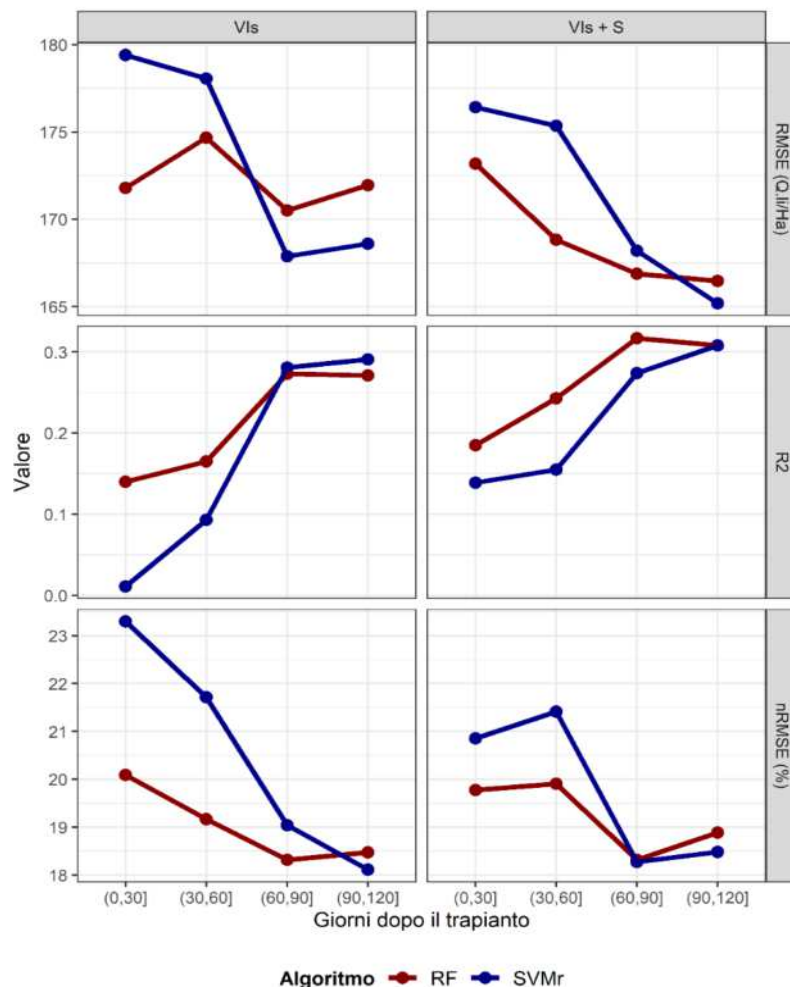


Figura 8. Prestazioni del modello in quattro fasi fenologiche per quattro set di caratteristiche (VIs, VIs +S) utilizzando i due algoritmi ML (SVMr e RF) Il punto pieno rappresenta i valori medi di R2, RMSE e nRMSE (%).

In figura 9 viene mostrato uno scatterplot che confronta la resa stimata attraverso i due modelli di machine learning (SVMr e RF) in quattro diverse fasi del ciclo colturale. La figura rappresenta la relazione tra la resa osservata e la resa prevista dai modelli per ognuno dei quattro momenti considerati (30, 60, 90 e 120 giorni dopo il trapianto). Si evidenzia che i punti si distribuiscono intorno alla linea di regressione (diagonale), il che indica che i modelli sono in grado di stimare con precisione la resa. Tuttavia, è possibile notare una maggiore concentrazione di punti intorno alla linea di regressione nelle fasi successive del ciclo colturale, a 60, 90 e 120 giorni dal trapianto, rispetto a 30 giorni dopo il trapianto. Questo suggerisce che la precisione dei modelli aumenta man mano che si avvicina la fine della stagione di crescita. Inoltre, è possibile notare che i modelli hanno prestazioni simili durante tutto il ciclo colturale, ma con una leggera preferenza per il modello SVMr in termini di precisione. Tuttavia, è importante tenere presente che questi risultati possono essere influenzati da molte variabili, come le condizioni del suolo, il clima e le pratiche agricole. Pertanto, è importante continuare a valutare e migliorare questi modelli per garantire la loro accuratezza in situazioni reali.

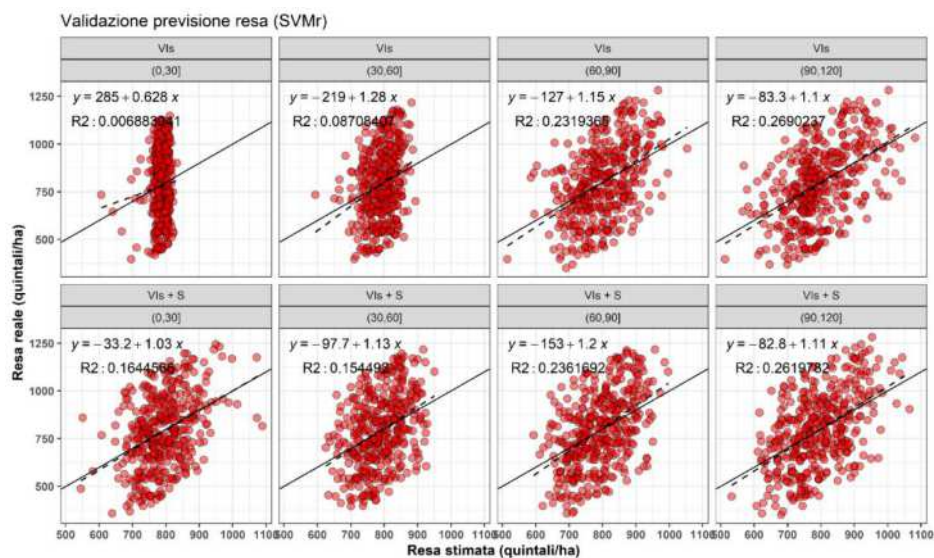


Figura 9. Scatterplot resa stimata attraverso i due modelli machine learning (SVMr e RF) nei quattro differenti momenti della stagione colturale (a 30, 60, 90 e 120 giorni dal trapianto).

Come mostrato in Figura 8, le performance raggiunte nella previsione della produzione variavano in base alla fase del ciclo colturale. Per verificare la capacità degli algoritmi di prevedere la resa in diverse fasi fenologiche, abbiamo valutato le performance di due algoritmi (SVMr e RF) alimentati con solo gli indici di vegetazione (VIs) o con gli indici di vegetazione e le informazioni relative alle proprietà del suolo (VIs+S). I risultati sono stati incoraggianti con errori inferiori al 20% di nRMSE raggiunti tra 60 e 90 giorni dopo il trapianto, utilizzando sia le informazioni satellitari che quelle del suolo, indipendentemente dall'algoritmo utilizzato.

Analogamente a quanto svolto nell'Azione 3.3, OI Pomodoro, nel periodo di progetto (2020-2022) ha raccolto, elaborato e condiviso con CRAFT e Citimap i dati riguardanti i quantitativi conferiti nell'arco di tutta la campagna di raccolta del pomodoro dalle OP associate. Queste importanti informazioni hanno consentito a CRAFT e Citimap e ad OI di confrontare le previsioni di produzione con l'andamento della campagna produttiva nel periodo di raccolta del pomodoro da industria.

Nelle immagini sottostanti sono riportati i dati raccolti ed elaborati dall'OI del Pomodoro che hanno contribuito alla realizzazione dell'attività.

Figura 10- Campagna 2021 Qualità e quantità totali consegnate

Figura 11- Conferimenti settimanali di pomodoro consegnato alle industrie di trasformazione

Figura 12- Conferimenti cumulati di materia prima per settimana e percentuale rispetto alla quantità contrattata.

	<p><i>Conclusioni</i></p> <p>In questo studio è stato sviluppato un framework di modellazione ML per la previsione della resa del pomodoro da industria utilizzando dati provenienti da sorgenti differenti (indici di vegetazione e mappe del suolo). Questo framework è stato utilizzato per identificare l'algoritmo ML più performante e il tempo di applicazione ottimale per la previsione sulla resa. Complessivamente, RF è risultato il migliore algoritmo per la previsione della resa del pomodoro da industria e le loro migliori prestazioni sono state ottenute una volta superato il massimo dell'indice di vegetazione (circa 90 giorni dopo il trapianto). In aggiunta l'introduzione delle informazioni relative al suolo ha permesso di aumentare le prestazioni precocemente nella stagione colturale.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>

Azione 3.5	Predisposizione di un sistema informativo e per il miglioramento della logistica legata alla raccolta e ai trasporti
Unità aziendale responsabile	CRAST-UCSC; OI Pomodoro da industria Nord Italia
Descrizione attività	<p>L'azione 3.5 ha mirato a sviluppare un sistema per semplificare la gestione logistica e ottimizzare la consegna e la lavorazione da parte delle industrie di trasformazione del pomodoro. Utilizzando le informazioni territoriali, la gestione logistica è stata migliorata sviluppando una programmazione della raccolta e del trasporto su informazioni condivise tra tutti gli attori della filiera.</p> <p><i>Descrizione dell'attività</i></p> <p>La CRAST, in collaborazione con CITIMAP e concordato con l'OI Pomodoro, ha sviluppato una dashboard per visualizzare semplicemente la distribuzione delle superfici e lo stato di avanzamento della raccolta per provincia e comune. Queste informazioni uniche hanno fornito un importante strumento al settore del pomodoro da industria, influenzando positivamente anche le soste dei mezzi nei piazzali delle industrie di trasformazione.</p> <p>OI ha coordinato incontri nel 2021 e nel 2022, nei periodi di maggiore maturazione del pomodoro, nel corso dei quali il CRAST e Citimap hanno avuto modo di illustrare il lavoro fatto agli attori della filiera del pomodoro e fornendo indicazioni utili per comprendere i dati diffusi. Tramite una dashboard online, che mostra la mappatura delle aree a pomodoro raccolte e prossime alla raccolta, è stato possibile verificare lo stato di avanzamento della campagna fornendo indicazioni utili. Nel 2022 gli output forniti da CRAST, tramite una dashboard, sono stati più frequenti e più tempestivi, ciò ha consentito agli associati di parte agricola e industriale di monitorare l'avanzamento della raccolta e programmare le successive consegne nonché i carichi di lavoro. Gli associati, di parte agricola e di trasformazione, hanno partecipato agli incontri ed hanno avuto modo di visualizzare la dashboard online.</p> <p>Similarmente alla stima della data di trapianto e di inizio fioritura, l'algoritmo per il detection della raccolta del pomodoro da industria è stato sviluppato a partire dalle serie temporali di indici di vegetazione. Infatti, usando come fonte di informazioni i dati storici raccolte dalle diverse OP è stato possibile identificare i valori soglia per cui si</p>

potesse considerare raccolto l'appezzamento. In aggiunta, è stato inserito un ulteriore filtro per eliminare valori o momenti anomali di raccolta.

Per l'applicazione dell'algoritmo per il monitoraggio della raccolta si è deciso di procedere con il seguente flusso di lavoro: i) identificazione degli appezzamenti coltivati a pomodoro da industria tramite immagini satellitari; ii) estrazione serie temporali di indici di vegetazione dei poligoni classificati a pomodoro; iii) analisi delle serie temporali attraverso lo studio della funzione della curva (calcolo della derivata prima) e dell'ultima data a disposizione e iv) applicazione della soglia per identificare se l'appezzamento sia stato o no raccolto. In seguito, sono stati inseriti nella procedura una serie di controlli per evitare che a causa della presenza di nuove o altre anomalie l'appezzamento fosse segnalato raccolto.

Risultati

Durante le campagne di raccolta del pomodoro da industria nel 2021 e 2022, è stata fornita una serie di informazioni all'industria di trasformazione e alle Organizzazioni dei Produttori che hanno potuto così coordinarsi per ottimizzare la logistica della filiera agroalimentare. La finalità è stata quella di garantire una gestione efficiente della raccolta e una distribuzione tempestiva dei prodotti agroalimentari. Nel 2021, sono stati effettuati solo due aggiornamenti sul monitoraggio della raccolta in due momenti specifici, ovvero l'8 agosto e il 15 agosto. Queste informazioni sono state presentate in una figura (Fig. 1).

Tuttavia, nel 2022, per fornire una maggiore trasparenza e un monitoraggio più costante della raccolta, sono state fornite informazioni settimanali sullo stato di avanzamento della raccolta (Tabella 1). In questo modo, i dati sono stati aggregati sia per provincia sia a livello globale (Figura 2), permettendo di confrontare i dati stimati dai dati satellitari con i dati storici e i dati settimanali dell'OI del Pomodoro da industria del Nord Italia. Questa iniziativa ha aiutato a garantire una gestione più efficiente della filiera agroalimentare e ha permesso di prendere decisioni informate per il futuro, per garantire una distribuzione tempestiva e di qualità dei prodotti agroalimentari.

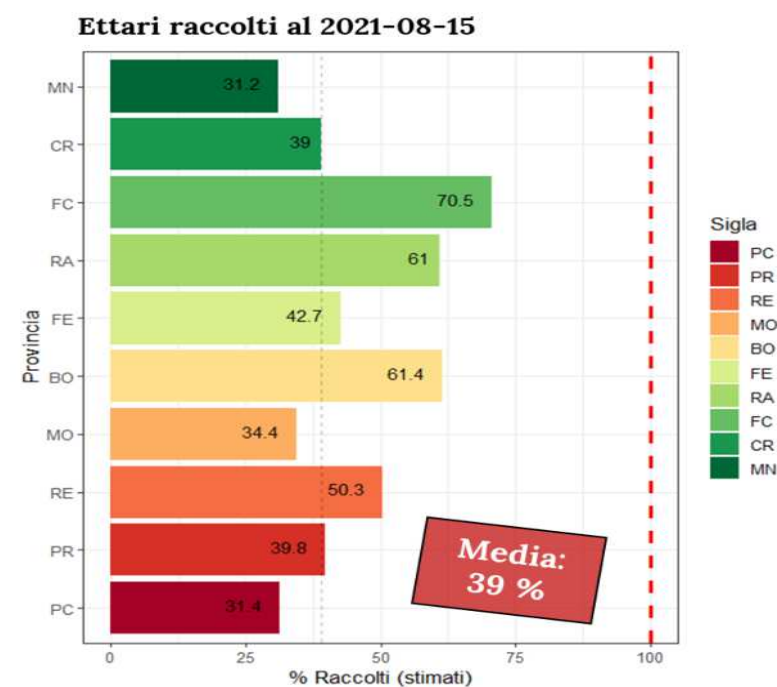


Figura 1. Risultati monitoraggio avanzamento raccolta del pomodoro da industria durante la campagna estiva 2021. I dati sono riferiti al 15 agosto 2021.

Figura 2. Monitoraggio settimanale stato avanzamento raccolta pomodoro da industria, dati in % sugli ettari stimati. Confronto con dati anno precedente e dati del quadriennio precedente.

Tabella 1. Monitoraggio settimanale stato avanzamento raccolta pomodoro da industria per ciascuna provincia, dati in % sugli ettari stimati

Le informazioni dell'azione 3.4 insieme alle informazioni dell'azione 3.5 sono state inserite all'interno di una dashboard (Figura 3) per facilitare la lettura e visualizzazione dei dati rendendo più immediata l'interpretazione.



Figura 3. Dashboard utilizzata per mostrare le informazioni geo-spazializzate alle industrie di trasformazione del pomodoro da industria al fine di ottimizzarne la logistica.

Conclusioni

La dashboard sviluppata ha offerto una visualizzazione dettagliata del monitoraggio della filiera agroalimentare del pomodoro da industria.

Grazie alle informazioni raccolte, il settore ha ottenuto uno strumento prezioso per ottimizzare la logistica del pomodoro, di programmare i volumi da lavorare evitando intasamenti agli stabilimenti o problemi di mancato raccolto in campo. La dashboard permette di visualizzare in maniera semplice e intuitiva la distribuzione delle superfici coltivate, lo stato di avanzamento della raccolta e molto altro, fornendo un quadro completo della filiera agroalimentare del pomodoro da industria. Queste informazioni uniche sono fondamentali per la gestione efficiente della logistica e per garantire una migliore gestione del pomodoro dalla raccolta alla trasformazione.

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

Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.

Azione3.6	Implementazione della piattaforma software per la gestione statistica e in paradigma "big-data" nella filiera del pomodoro industria
Unità aziendale responsabile	Agronica; OI Pomodoro da industria Nord Italia.
Descrizione attività	L'obiettivo principale della presente azione è stato la realizzazione di un portale web per concentrare e rendere disponibili in modalità standard tutte le informazioni tipiche dell'interscambio dati tra Industrie di Trasformazione, Organizzazioni dei Produttori e OI Pomodoro da Industria Nord Italia, in particolare le informazioni relative ai conferimenti in stabilimento del prodotto raccolto in campo che concorrono alla composizione dei documenti Certificati di Consegna.

Oi Pomodoro ha contribuito con Agronica per la realizzazione di una piattaforma dati al servizio della filiera, in grado di aumentare le conoscenze del settore e automatizzare e razionalizzare i tempi tecnici di trasmissione e la disponibilità dei dati, utilizzando come dataset statistico i certificati di consegna in seno alle Imprese di Trasformazione e snellendo le comunicazioni IT-OP-OI.

Descrizione dell'attività

Oi Pomodoro ha collaborato con Agronica per identificare le informazioni, i termini e le elaborazioni, specifici dell'ambito di filiera ed in particolare del pomodoro da industria. Inoltre OI ha espresso le esigenze della filiera per un sistema capace di integrare dati eterogenei, prodotti da diverse strutture gestionali in uso presso gli associati.

Pertanto inizialmente è stato esaminato il processo con cui ogni attore gestisce la trasmissione dei certificati di consegna (dalle imprese di trasformazione alle OP e da loro agli agricoltori). A tal fine è stato organizzato nel primo anno un gruppo di lavoro con i tecnici delle OP e l'Op Ainpo si è resa disponibile a trasmettere i documenti di consegna ad Agronica. Tutte le IT indicate nel progetto e anche altre, sono state coinvolte in un secondo momento per la trasmissione dei dati identificati con le OP e per valutare la possibilità di implementare la trasmissione con ulteriori dati. Hanno dato un particolare contributo alla sperimentazione Emiliana Conserve, Mutti, Rodolfi, Greci, Steriltom e Fruttage!; hanno preso parte infine anche altre imprese associate: Italtom, Italfrutta, La Cesenate, Tomato Farm, Terre di Sangiorgio, Fini, Menù, Manzella e, per il 2020, la ditta OPOE. Non è stato possibile coinvolgere la ditta Columbus, prevista a progetto, in quanto ha cessato l'attività nel 2020.

Una particolare attenzione è stata necessaria per verificare la coerenza delle azioni al 'Regolamento sulla raccolta, la gestione, l'accesso e la diffusione dei dati da parte dell'OI "distretto del pomodoro da industria – nord Italia"; depositato in Unione Europea e che disciplina ulteriormente le modalità di raccolta, conservazione, diffusione delle informazioni, oltre al Codice in materia di protezione dei dati personali (D.Lgs. 196/03), vigente anche rispetto ai dati contrattuali, considerati dati personali ai fini di legge.

La tutela della privacy e della riservatezza dei dati personali, nonché la sicurezza informatica garantiti da Agronica e da OI Pomodoro sono stati approfonditi con le IT e le OP in due incontri da remoto, uno rivolto ai responsabili decisionali e l'altro al personale tecnico di riferimento delle parti (agricola e industriale). Agronica ha qui proposto di utilizzare tecnologie di cifratura per proteggere i dati sensibili durante la trasmissione e la gestione in piattaforma; con la possibilità di eliminare i dati sensibili dai certificati di consegna prima della loro importazione, garantendo che solo i dati aggregati e aggregabili vengano utilizzati per l'analisi e la gestione della produzione primaria della filiera. Nei certificati di consegna, emessi dall'impresa verso l'OP, sono stati individuati i riferimenti utili ai fini dell'elaborazione ed esclusi quelli riguardanti ragione sociale e partita iva, estremi del documento di trasporto ed importo totale, che restano pertanto inaccessibili ad OI.

Le attività di sviluppo della piattaforma sono state portate avanti in stretta collaborazione con i diversi stakeholders della filiera attraverso un processo iterativo di rilascio di funzionalità e seguente feedback degli attori coinvolti. Con la stessa modalità sono stati definiti i flussi informativi ottimali e il dettaglio delle informazioni trasmesse con relativo tracciato record dei files di interscambio.

La metodologia e le linee guida utilizzate per lo sviluppo della piattaforma sono state quelle definite in sede progettuale

- Semplicità di utilizzo da parte di tutte le tipologie di utenti finali grazie ad una interfaccia Web-based adattiva utilizzabile da dispositivi fissi e mobili senza necessità di installazione
- Semplicità di configurazione per integrare le diverse sorgenti informative e le

- banche dati già esistenti prima del progetto
- Rigorosa profilazione degli utenti in modo che ciascuno operi su di un subset informativo coerente con il proprio ruolo e le proprie autorizzazioni garantendo la privacy commerciale di tutti gli operatori coinvolti

Il flusso dei dati tra le Industrie di Trasformazione, le OP associate e OI pomodoro è stata implementata secondo lo schema seguente:



Figura 1- Flusso informativo tra gli attori della filiera pomodoro

Risultati

La piattaforma realizzata presenta le seguenti funzionalità:

Gestione della Produzione Primaria in Filiera.

Tutti produttori primari associati hanno la possibilità di utilizzare strumenti di supporto agronomico e amministrativo per la completa gestione della fase di produzione: anagrafiche, piani colturali anche grafici, quaderno di campo etc.. (Figura 2)

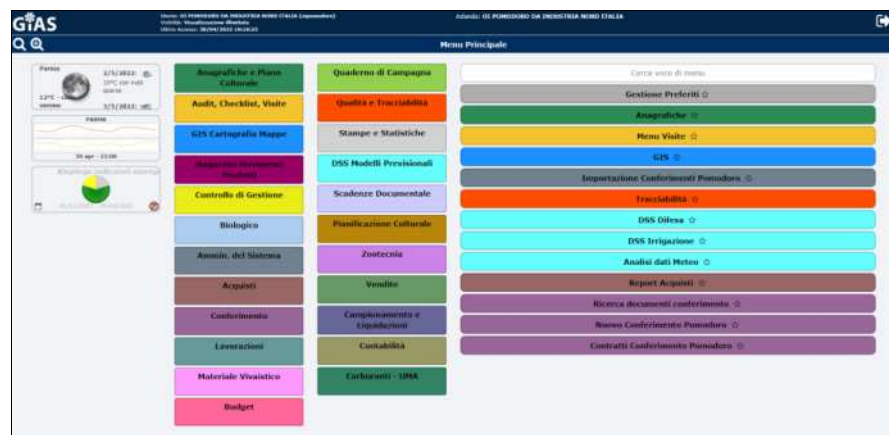


Figura 2 - Interfaccia e principali funzionalità per la gestione della produzione in campo. Alcune di queste funzioni sono disponibili, oltre che su browser web anche mediante una APP per dispositivi mobili (Figura 3):

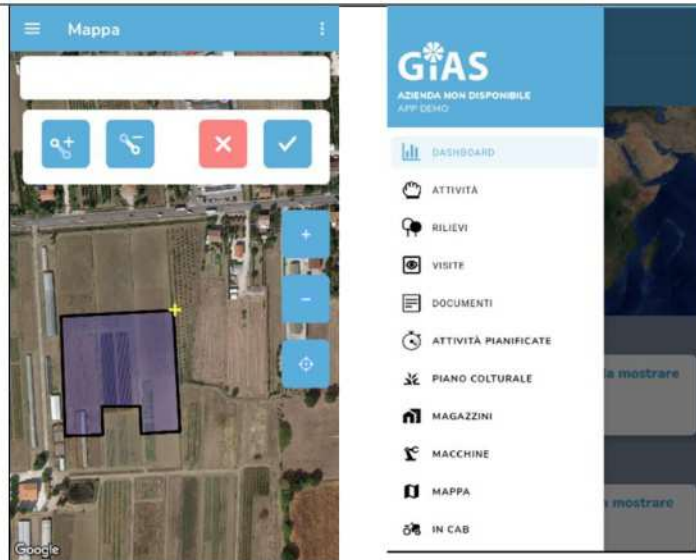


Figura 3 - APP mobile per la gestione dei piani culturali e gestionali

Gestione automatizzata dei certificati di consegna

È stato implementato un servizio per la gestione di import automatico da repository SFTP secondo un tracciato standard dei certificati caricati/inviati dalle circa 20 Industrie di Trasformazione coinvolte nella filiera. Le OP possono quindi esportare i dati inerenti ai propri associati per velocizzare e snellire le operazioni di conferimento e successiva fatturazione. Gli uffici tecnici possono poi estrapolare dati quantitativi o qualitativi dei soci in base alle proprie esigenze (Figura 4).

Azienda	Provenienza *	Data Doc.	Area Doc.	Coltivazione	N. Doc.	N. GDT.	Data DOC.	Prodotto	UM	Quantità	Cost. Valoria
		23/09/2021	3301	35	23193472	00C13	22/09/2021	POMODORO L.L.	kg	25.619,00	2038 HEINZ 1918 - Tondo - 659
		23/09/2021	3301	35	23193534	00C18	23/09/2021	POMODORO L.L.	kg	20.379,00	3030 HEINZ 1918 - Tondo - 659
		23/09/2021	3301	35	23193914	00C08	23/09/2021	POMODORO L.L.	kg	35.059,00	3038 HEINZ 1918 - Tondo - 659
		22/09/2021	3301	34	23193486	00C18	21/09/2021	POMODORO L.L.	kg	25.229,00	3038 HEINZ 1918 - Tondo - 659
		22/09/2021	3301	34	23192492	00C12	22/09/2021	POMODORO L.L.	kg	26.329,00	3038 HEINZ 1918 - Tondo - 659

Azienda	Data Doc.	Coltivazione	Area Colto/colto	Prodotto	UM	Quantità	Cost. Valoria	% Capitale	kg Deposito	Peso A Pagamento kg	kg netto	Risorse Obbl. (kg) (kg)
	14/09/2021	35	2821	POMODORO L.L.	kg	29.700,00	1336 - HEINZ 1331 - Tondo - 659	7,80	7.760,00	21.270,00	26.300,00	5,13
	14/09/2021	35	2821	POMODORO L.L.	kg	25.700,00	1336 - HEINZ 1331 - Tondo - 659	5,40	1.384,00	21.456,00	23.260,00	4,93
	14/09/2021	35	2821	POMODORO L.L.	kg	24.910,00	3342 - HEINZ 1716 - Tondo - 659	5,00	1.237,00	22.312,00	24.540,00	9,56
	14/09/2021	35	2821	POMODORO L.L.	kg	22.260,00	3343 - HEINZ 1179 - Tondo - 659	6,20	1.381,00	20.699,00	22.260,00	9,19

Quantità	Cost. Valoria	% Capitale	kg Capitale	Peso A pagamento kg	kg netto	Risorse Obbl. (kg) (kg)	netto	verde	verde	Frutt. schiod.	Frutt. svercati	Frutt. svercati	Frutt. svercati
20.360,00	3306 - HEINZ 1301 - Tondo - 659	7,80	2.250,00	27.970,00	23.210,00	6,20	3,0	3,8	1,7	3,3	6,5	0	0
23.780,00	3306 - HEINZ 1301 - Tondo - 225	5,40	1.264,00	22.480,00	23.780,00	4,93	1,5	1,9	2,1	2,3	8,7	0	0
24.340,00	3342 - HEINZ 1716 - Tondo - 659	5,00	1.237,00	22.272,00	24.340,00	9,56	3,9	0,5	1,9	6,9	9,1	0	0
22.280,00	3343 - HEINZ 1179 - Tondo - 225	6,20	1.281,00	20.899,00	22.280,00	9,19	2,5	1,3	2,4	3,1	2,9	0	0
26.470,00	3343 - HEINZ 1179 - Tondo - 659	7,40	2.004,00	26.106,00	26.470,00	9,19	6,5	1,3	1,6	3	7,4	0	0
22.030,00	9556 - FALSTIP - Tondo - 659	6,20	1.461,00	22.146,00	22.030,00	9,14	2,9	1,1	2,6	6,3	7,3	0	0
24.240,00	1336 - HEINZ 1331 - Tondo - 659	7,80	1.871,00	22.183,00	24.240,00	9,27	3,3	1	1,9	3,1	8,9	0	0
24.700,00	3306 - HEINZ 1301 - Tondo - 659	7,80	1.027,00	22.773,00	24.700,00	9,55	3,1	2,3	2,4	2,9	7,5	0	0

Figura 4 - Importazione e gestione dei dati di conferimento

Supporto al monitoraggio della filiera

I dati aggregati nella piattaforma, sia a livello di singola OP che di OI, possono essere elaborati secondo parametri numerici e testuali, qualitativi, quantitativi e territoriali. Sono, quindi, abilitate le estrazioni in forma aggregata e/o filtrata su Excel dei dati selezionati come da esempi seguenti (Figura 5- 6- 7 - 8):

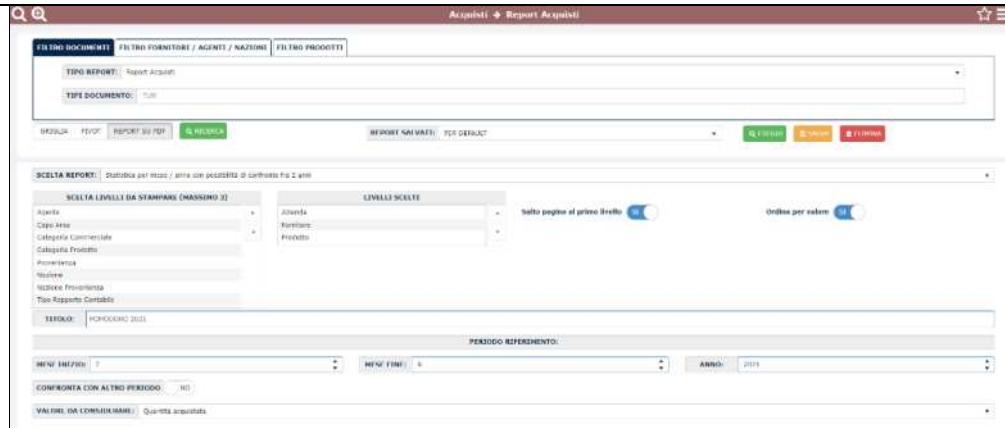


Figura 5 - Interfaccia per la costruzione dei report con parametri multicriterio

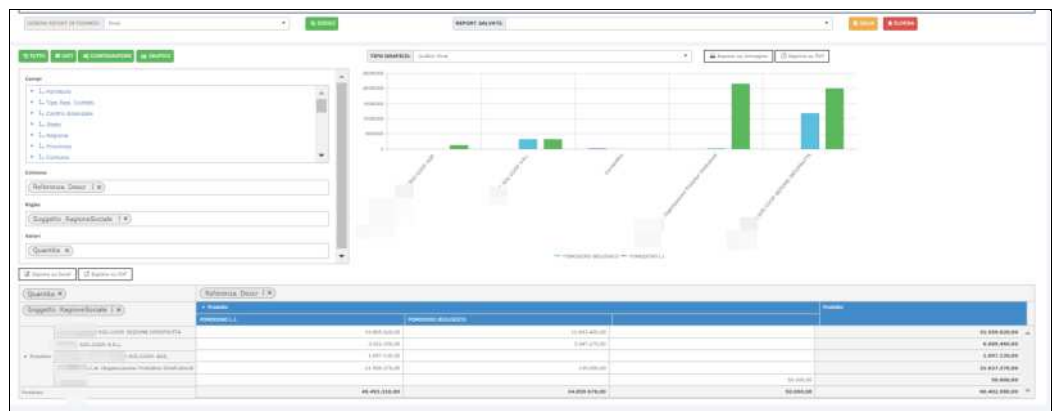


Figura 6 - esempio di report in formato grafico

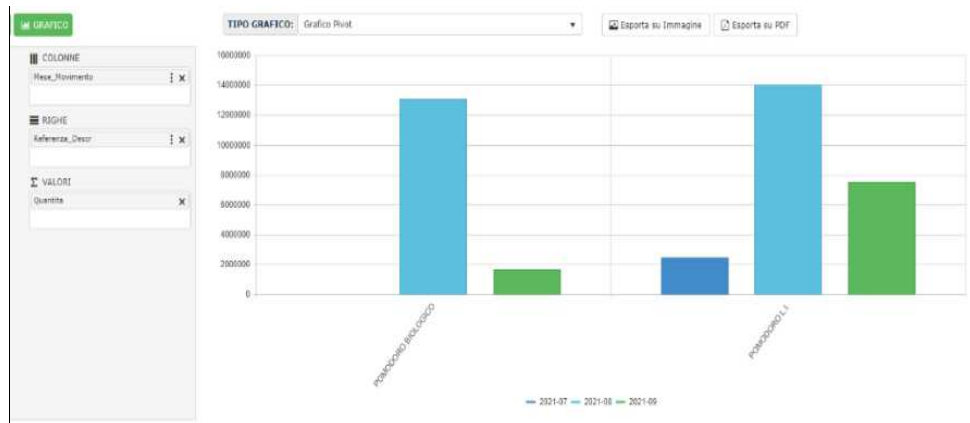


Figura 7 - Esempio di report per tipologia di prodotto

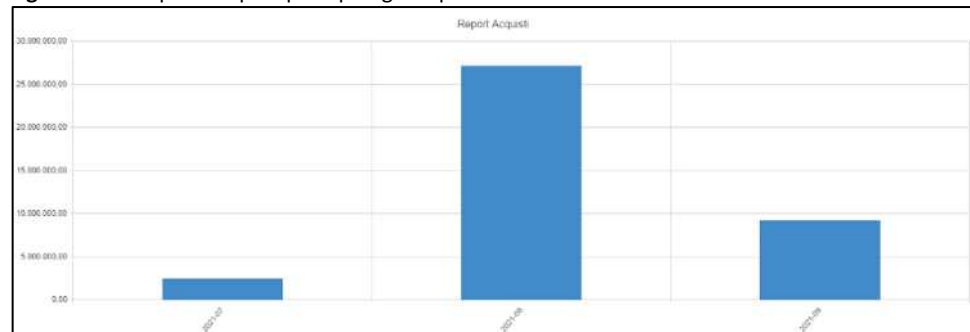


Figura 8 - Esempio di report di tipo temporale

	<p>Per OI e suoi associati attraverso la piattaforma è possibile trarre importanti informazioni circa l'andamento di campagna. I singoli utenti che hanno caricato le informazioni, tramite le loro credenziali possono: monitorare l'andamento del pomodoro conferito e quindi l'andamento generale della campagna, visualizzare la loro posizione rispetto a quella generale di campagna, comprendere il contesto in cui opera la valutazione qualitativa il centro di controllo qualità paritetico della materia prima in ingresso allo stabilimento.</p> <p>OI ha potuto ricavare rapidamente le informazioni aggregate per la costruzione di report di monitoraggio della campagna; ai soci la piattaforma ha permesso di visualizzare per ogni utente il relativo dato trasmesso ed il dato aggregato della filiera</p> <p>Alle Op è permesso esportare i dati inerenti i loro associati, così da velocizzare la trasmissione dei dati quali-quantitativi ai propri soci e avere un rapido riscontro a supporto degli uffici di fatturazione.</p> <p>Le IT, tramite la profilazione di Agronica, hanno potuto visualizzare i propri dati relativi alla materia prima ritirata e confrontarli all'interno della piattaforma con il dato aggregato. In particolare possono confrontare i quantitativi di materia prima e dello scarto derivante dall'eliminazione dei corpi estranei e un lavaggio dei frutti prima che vengano direzionati alla trasformazione. Inoltre possono conoscere l'incidenza dei difetti secondari che condizionano la qualità e la destinazione nelle linee di trasformazione della materia prima. Infine possono monitorare l'andamento del grado Brix, il quale è un fondamentale indicatore della qualità della materia prima e influenza in modo diretto la qualità e la resa di trasformazione nel prodotto derivato, incidendo sulle scelte produttive dello stabilimento.</p> <p><i>Conclusioni</i></p> <p>La sperimentazione ha mostrato la capacità della piattaforma di lavorare in breve tempo un notevole carico di dati, restituendo informazioni aggregate relative ai quantitativi conferiti e ai parametri qualitativi riguardanti la presenza di scarto, di difettosità e di contenuto in brix. Questi sono parametri determinanti per la trasformazione del pomodoro, che incidono direttamente sulla scelta della linea di lavorazione e sulle rese di trasformazione e commerciabilità del prodotto finito.</p> <p>Le difficoltà realizzative che si sono presentate nel corso del periodo di progetto hanno riguardato prevalentemente gli aspetti di integrazione delle informazioni provenienti dai diversi attori coinvolti e la difformità nei flussi informativi da essi prodotti. Attraverso un costante contatto con gli operatori si è comunque giunti ad un risultato molto soddisfacente per quanto concerne le funzionalità sviluppate ed integrate nella piattaforma. Lo schema architettonico adottato è potenzialmente applicabile a tutte le tipologie di operatori della filiera.</p> <p>Grazie a questa piattaforma l'OI Pomodoro da Industria Nord Italia ora sarà in grado di svolgere il proprio ruolo di monitoraggio in modo più efficiente e con minor impiego di risorse grazie ai servizi resi disponibili che automatizzano e accelerano la disponibilità dei dati e delle informazioni richieste dalla filiera del pomodoro da industria: andamento delle consegne da un punto di vista quantitativo e qualitativo e rese produttive divise per provincia e per varietà</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>

3.1.2 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Tecnico ODI	Elaborazione dati- Tecnico OI pomodoro	360	9.720,00€
	Tecnico ODT	Elaborazione ed inserimento dati Tecnico OI	393	10.611,00€
	Tecnico -Agronica Group	Attività tecnica progettista e sviluppatore software	403	10.897€
	Tecnico CITIMAP	Supporto all'attività di ricerca del CRAST- UCSC, per il trasferimento tecnologico ad O.I. dei risultati (classificazione colturale e previsione di resa)	456	12.303,90€
	Professore ordinario	Responsabile scientifico	480	23.040,00€
	PTA	Tecnico specialistico	350	10.850,00€
	PTA	Tecnico	342	10.602,00€
	Ricercatore	Ricercatore	50	1.550,00€
	Assegnista di ricerca	Collaboratore	1919	29.737,05€
	Cococo- Assegnista di ricerca	Collaboratore	1206	17.649,49€
	Cococo	Collaboratore	386	5.562,53€
	Operai agricolo	Gestione attività di campo	136	€ 2.652,00
	Operai agricolo	Gestione attività di campo (varie tra cui raccolta)	72	€ 1.404,00
	Conduttore	Coordina e gestisce le attività	32	€ 624,00
Totale:				€147.202,97

3.3.2 Trasferte

Cognome e nome	Descrizione	Costo
Andrea Galassi	Riunione tecnica per analisi software (Agronica) 08/11/2021	180,48€
Andrea Galassi	Riunione tecnica per analisi software (Agronica) 24/11/2021	173,76€
Andrea Galassi	Riunione tecnica per analisi software (Agronica) 17/12//2022	176,64
Stefano Amaducci	Riunione di attivazione (UCSC) 21/01/2020	49,14€
Stefano Amaducci	Riunione di progetto (UCSC) 09/10/2020	44,09€
Giulia Antonucci	Rilievi (UCSC)(09-13-28/06/2022)	239,35€
Stefano Amaducci	Verifica campi sperimentali (25/06/2022)	223,05€
Gloria Zini	Campionamento dati colturali : Campogalliano-Formigine-C. Emilia; Ravarino; Poggio Renatico; Bondeno-Medolla-Correggio)09/07/2021	€ 120,07
Gloria Zini	Campionamento dati colturali. Ilario D'Enza-Malalbergo-Molinella-Ostellato; Argenta; Alfonsine-Lugo S. Ilario (13/07/2021)	€ 153,90
Gloria Zini	Campionamento dati colturali Modena; Argenta; Massa Lombarda (05/08/2021)	€ 120,50
Gloria Zini	Campionamento dati colturali: Sorbolo; Casalmaggiore; Busseto; Soragna (16/08/2021)	€37,97
Gloria Zini	Visita campi in diversi siti della RER: Felino; Collecchio; OzzanoTaro; Medesano; Noceto; Fontevivo (27/08/2021)	€ 40,61
		€ 1.559,56
Totale:		€ 3.119,12

Azione 4	DIVULGAZIONE
Unità aziendale responsabile	OI Pomodoro da industria Nord Italia.
Descrizione attività	<p>La diffusione dell'innovazione dei risultati è stata rivolta in modo mirato alle aziende agricole partner del progetto e a tutti gli operatori della filiera del pomodoro da industria, nonché agli utenti esterni.</p> <p>La condivisione fin da subito degli obiettivi del progetto con gli operatori economici del settore (OP e Imprese di Trasformazione) ha consentito di coinvolgerli, orientare la ricerca di innovazione nella direzione dell'utilità applicativa per la filiera del pomodoro da industria e ottenere nel contempo la collaborazione fattiva degli operatori economici, indispensabile per lo svolgimento stesso del progetto.</p> <p>Con le attività di divulgazione attuate si sono raggiunti con vari livelli di approfondimento circa 2.000 produttori agricoli di pomodoro da industria, tutte le OP e i loro tecnici che svolgono assistenza in campo, tutte le industrie di trasformazione della regione del Nord Italia, nonché dell'intero Nord Italia, in quanto il capofila OI associa i soggetti della filiera.</p> <p>Per la divulgazione sono stati utilizzati più modalità e strumenti ed OI del Pomodoro ha anche affidato incarichi esterni a professionisti specializzati per ottenere specifici servizi di qualità per raggiungere lo scopo di un progetto così strategico. I consulenti sono: Studio Kairos srl per la realizzazione di strumenti di comunicazione e Parma Incoming srl per l'organizzazione di eventi.</p> <p>OI Pomodoro ha condiviso fin dall'inizio le informazioni sul progetto e i suoi obiettivi attraverso diversi canali: comunicazioni mail ai propri soci, pubblicazioni su riviste specializzate, sul sito web e anche nell'area riservata ai soci del sito web di OI Pomodoro, Rete PEI, incontri online di carattere tecnico e decisionale. Inoltre OI Pomodoro ha realizzato un video per l'ampia divulgazione alla base associativa e ai decisori della filiera e ha organizzato e svolto, non con poche difficoltà di tempi e modalità e con l'obbligo di capienza ridotta degli spazi, dovute alle restrizioni per l'emergenza sanitaria Covid 19, l'organizzazione di eventi plenari in presenza.</p> <p><u>Incontri di condivisione plenaria.</u></p> <p>L'OI Pomodoro ha organizzato, con la collaborazione di Parma Incoming srl, due principali eventi divulgativi di condivisione plenaria, che si sono svolti in sedi idonee per il target che era necessario raggiungere.</p> <p>La presentazione del progetto agli operatori economici ed enti di ricerca del settore è avvenuta non con poche difficoltà, dovute alle restrizioni per l'emergenza sanitaria COVID 19, che prevedevano nel 2020, l'anno in cui l'Oi desiderava presentare il progetto alla filiera, il divieto di assembramenti.</p> <p>Il primo evento, previsto per illustrare gli obiettivi ed il programma delle attività, è stato organizzato per l'aprile 2020 poi annullato e rinviato al novembre dello stesso anno, anch'esso organizzato e poi rinviato, con un dispendio di forze e lavoro non indifferente. Finalmente, il 24 giugno 2021 è stato possibile realizzare l'evento di presentazione del progetto nella sala riunioni di Ape Museo, a Parma, con vincoli attuativi quali una ridotta capienza degli ambienti per garantire il distanziamento interpersonale.</p> <p>L'aspetto positivo è stato che in tale occasione si è potuto presentare alla filiera non solo il progetto, ma anche le attività già svolte nel primo anno di lavoro. All'evento hanno partecipato agricoltori, tecnici, presidenti di OP, direttori di OP, titolari di</p>

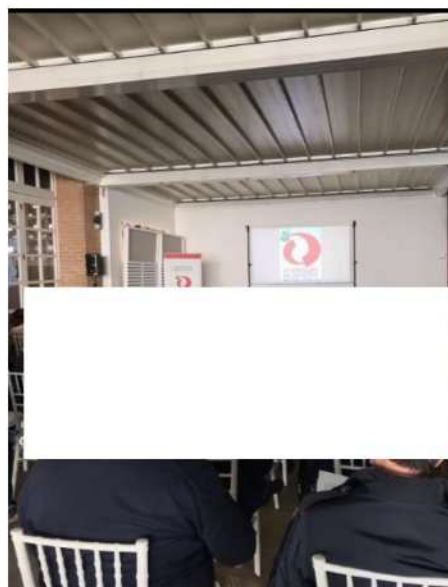
imprese di trasformazione: un pubblico altamente qualificato. Un aspetto molto importante è stata la presenza di destinatari idonei per attuare potenzialmente una futura scelta di applicazione nell'operatività della filiera dell'innovazione esplorata dal progetto, che offre alla filiera tutta uno strumento di governance di sistema. Nel corso dell'evento è stato illustrato il progetto nel suo insieme, descritta e richiesta l'indispensabile collaborazione che sarebbe stata richiesta ad OP e IT, ed infine presentato anche un trailer del video di progetto realizzato da Studio Kairos srl su incarico di OI.

Di seguito alcune immagini dell'incontro di condivisione plenaria (24/06/2021).



L'evento di divulgazione plenaria per la presentazione finale del progetto, è stato organizzato, sempre con la collaborazione di Parma Incoming sr, l il giorno 29 aprile 2022 presso la Fondazione Magnani Rocca. Dopo l'apertura dell'incontro con la proiezione in sala del video realizzato da Studio Kairos, con l'intento di presentare una sintesi degli importanti risultati ottenuti, descrivere le attività da svolgere in conclusione del progetto e soprattutto cogliere l'occasione per presentare ai decisori della filiera economica del pomodoro da industria i possibili scenari di sviluppo dell'innovazione condotta dal presente Piano e della sua possibile futura applicabilità.

Di seguito un'immagine dell'incontro di condivisione plenaria (29/04/2022).



In questa occasione i partner sono intervenuti con quest'ordine:

- OI Pomodoro Presentazione attività;
- Agronica ha presentato la piattaforma sviluppata a partire dai dati delle industrie;
- Citimap e CRAFT hanno presentato le attività svolte nelle due campagne precedenti, gli obiettivi di test della campagna 2022, nonché la dashboard implementata per la rapida e diretta visualizzazione dei risultati.

Le presentazioni dei singoli interventi sono riportate in allegato:

- All.1 az.4 Presentazione OI Pomodoro;
- All.2 az.4 Presentazione Agronica G.
- All.3 az. 4 Presentazione Citimap e CRAFT

Oltre agli eventi divulgativi OI Pomodoro ha comunicato con i propri associati gli obiettivi, le attività, lo stato di avanzamento del progetto e le prospettive durante due assemblee generali (04/12/2020 e 06/08/2021) e quattro Comitati di Coordinamento (nelle seguenti date: 10/02/2020; 23/07/2020; 20/08/2021; 31/03/2022; 07/12/2022). Inoltre il progetto è stato condiviso con tutti i soci in Assemblea all'interno del Piano Triennale 2021-2023.

Incontri tecnici

Coinvolgendo Citimap e CRAFT sono stati realizzati incontri tecnici e divulgativi in cui illustrare l'avanzamento delle attività e i risultati parziali e soprattutto sono state spiegate le strutture di rilevazione e affrontati i dubbi e le criticità di membri della filiera. Nel 2020 sono stati organizzati n. 2 incontri (10/07/2020 e 06/11/2020), n.2 incontri nel 2021 (06/08/2021 e 20/08/2021) e n.6 incontri tecnici nel 2022 (8 luglio, 21 luglio, 19 agosto, 2 settembre, 9 settembre, 16 settembre).

Partecipazione alla rete PEI

L'OI ha partecipato alle iniziative a cui è stato invitato dalla rete PEI, in particolare tramite la partecipazione e compilazione di sondaggi e questionari, in cui la Rete chiedeva l'indicazione ai capofila circa l'attività di impostazione e di gestione dei progetti dei GO italiani con riferimento ai ruoli di ciascuno, alle relazioni fra i partner, agli strumenti di lavoro utilizzati. L'OI si è confrontata con altri GOI, svolti sia in ambito della stessa Regione Emilia-Romagna, sia di altre Regioni come il Piemonte, e con i vari capofila in merito all'esperienza e alle difficoltà e punti di forza incontrate nella conduzione dei GOI. Come indicato nell'azione 1, OI Pomodoro e il personale di Ri.NOVA hanno predisposto in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

Sito Web

Il sito web di OI Pomodoro è stato implementato con una sezione dedicata ai progetti in corso e una pagina dedicata al progetto S.O.I. Pom.I. al seguente indirizzo:

<https://oipomodoronorditalia.it/progetti/progetto-s-o-i-pom-i/>

All'interno dell'area riservata ai soci del sito web sono stati pubblicati diversi documenti man mano anche i materiali di supporto redatti in occasione di incontri divulgativi e tecnici con i soci, (come presentazioni e un breve video per l'utilizzo della webApp Isidoro). In particolare sul sito è possibile scaricare diversi documenti nonché vedere facilmente il video realizzato per il progetto.

Si fa presente che come accennato nei paragrafi precedenti, il sito web di OI Pomodoro ha anche una sezione riservata ai soci, regolarmente visitata da essi per accedere ai dati strategici del settore come ad esempio l'esito del deposito contratti e l'andamento di campagna.

In essa sono stati caricati diversi documenti relativi al S.O.I. Pom.I. per cui se un socio non aveva potuto partecipare all'incontro, poteva avere informazioni sul S.O.I. Pom.I. tramite tali documenti e verbali come Assemblea generale, del Comitato di Coordinamento e del Piano d'Attività Triennale, in cui si è trattato e divulgato il S.O.I. Pom.I.. Sicuramente una vetrina preferenziale per i soggetti economici della filiera.

Pubblicazioni

Sono state realizzate pubblicazioni di articoli divulgativi su una delle principali e autorevoli riviste di settore distribuite a livello nazionale, quale "L'Informatore Agrario". L'OI con l'ausilio dei partner, in particolare l'Università Cattolica e Citimap, ha coordinato l'inserimento di articoli dedicati al progetto S.O.I. Pom.I., nello speciale monografico dedicato al pomodoro da industria, "Speciale pomodoro da industria", uscito sulle seguenti edizioni:

- n°5/2020 del 06/02/2020 – *"Innovazione per la competitività - Dal satellite un aiuto alla filiera"*.
- n°4/2022 del 03/02/2022 – *"Immagini satellitari per innovare la filiera - S.O.I.Pom.I. il satellite in aiuto al pomodoro da industria."*

Inoltre come riportato az.3.3 è stato pubblicato un articolo scientifico sullo studio effettuato dall'Università all'interno del Piano pubblicato sulla rivista: *Remote Sens. 2022, 14, 4540 Impact of Training Set Size and Lead Time on Early Tomato Crop Mapping Accuracy*. Croci, M.; Impollonia, G.; Blandinières, H.; Colauzzi, M.; Amaducci, S. *Impact of Training Set Size and Lead Time on Early Tomato Crop Mapping Accuracy*. <https://doi.org/10.3390/rs14184540>.

Le pubblicazioni sono riportate in allegato:

- All.4 az.4 (articolo n.5/2020)
- All.5 az.4 (articolo n.6/2022)
- All.6 az. 4 (articolo Remote Sens /2022)

L'OI Pomodoro ha inoltre scelto di raggiungere capillarmente tutta la filiera del pomodoro dell'Emilia-Romagna e del Nord Italia, decidendo di stampare a proprie spese, anche con un discreto investimento economico, 2.000 copie aggiuntive del suddetto Speciale, creando un "Insero Pomodoro da Industria".

Le 2.000 copie dell'Insero, contenenti articoli specifici sul Progetto S.O.I. Pom.I, sono state distribuite direttamente dall'OI alle IT e OP, le quali hanno poi provveduto a consegnarlo direttamente nelle mani degli agricoltori produttori di pomodoro, loro soci. Tale operazione è stata condotta sia nell'anno 2020, sia nell'anno 2021 quindi con la realizzazione di 2 Speciali Pomodoro nella rivista di settore nazionale e con la stampa e distribuzione mirata di 2.000 + 2.000 degli Inserti Pomodoro da Industria che parlano di Progetto S.O.I. Pom.I.

Audiovisivi

OI Pomodoro ha incaricato Studio Kairos srl per la realizzazione di un video divulgativo per informare e raggiungere più persone possibili sul progetto, poiché un progetto così articolato andava sintetizzato e reso comunicabile, anche al fine di mostrarne le potenzialità.

Con la collaborazione di Studio Kairos, OI Pomodoro si è interfacciata con i partner di progetto ed anche con le aziende agricole partner per ideare il concept e mettere a punto lo storyboard prima delle riprese.

Le riprese video si sono state svolte in varie aziende agricole della Regione: hanno avuto inizio ad agosto 2020 e sono state completate nel 2021, poiché per la

	<p>coltivazione, la raccolta e la lavorazione i tempi sono segnati dalla stagionalità della coltura. Si riporta in Allegato 7 az. 4 Dossier riprese video, alcuni momenti delle riprese tramite droni realizzate durante la realizzazione del video.</p> <p>Oi ha individuato tra i propri associati e partner del progetto le location in cui effettuare le riprese che sono state svolte tramite droni, proprio per trasmettere l'idea dello spostamento agevole dal campo a più ampia scala, alzandosi con il drone, fino a giungere all'immagine ripresa dal satellite.</p> <p>Il video è stato condiviso con gli associati, pubblicato sul Portale del sito web di OI Pomodoro e sulla piattaforma YouTube (link https://youtu.be/Xe2M6RBwekQ) ed è stato presentato in presenza in occasione degli eventi plenari, come sopra descritti.</p> <p>Il video continua e continuerà ad essere un punto di riferimento per conoscere l'innovazione approcciata dall'Oi Nord Italia per conto della filiera tutta, tramite il progetto S.O.I. Pom.I.</p> <p>In generale, l'OI ha profuso l'impegno massimo per la divulgazione del Progetto S.O.I. Pom.I., fortemente voluto e ritenuto strategico per la filiera. Ha utilizzato vari strumenti che hanno saputo raggiungere potenzialmente tutti gli agricoltori produttori della regione, le OP e Imprese di Trasformazione. Data la natura interregionale dell'OI, inoltre, la divulgazione ha potuto raggiungere anche, come auspicato dalla Rete PEI, gli operatori economici della filiera di Regione Piemonte, Lombardia, Veneto e Provincia Autonoma di Bolzano, già soci di Oi . Si fa presente che su Emilia Romagna i soci di Oi sono ad oggi il 100% del mondo agricolo organizzato (OP) che produce pomodoro e il 100% delle imprese di Trasformazione (IT). Per attuare della divulgazione di qualità si è anche avvalso di due incarichi esterni, nonché della fattiva e concreta collaborazione dei vari partner. Infine date le difficoltà dettate dalla pandemia, che hanno sicuramente complicato l'esecuzione delle attività previste da piano, per ovviare ai ritardi e ai limiti nella realizzazione degli eventi sono stati inclusi diversi momenti di scambio con la filiera anche in modalità da remoto.</p> <p>Tutta la documentazione relativa alla divulgazione, prodotta e diffusa ed i fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative sopra riportate, nonché copia degli articoli sono disponibili e archiviati presso la sede OI Pomodoro.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti, anche nonostante le difficoltà date dalle restrizioni dell'emergenza sanitaria. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta. L'azione di divulgazione ha avuto la massima efficacia perché con l'attività di OI Pomodoro, che vede suoi membri associati ad oggi il 100% della filiera e quindi del mondo agricolo organizzato, afferente al pomodoro da industria, è stato possibile coinvolgere tutti gli operatori della filiera del pomodoro da industria. Tramite gli incontri plenari dell'OI e il sito web dell'OI è stata la filiera stessa che ha declinato operativamente gli obiettivi del progetto. Il video di altissima qualità è tuttora utilizzato, anche al termine del presente Piano, per presentare l'attività alle filiere del pomodoro da industria di altri distretti produttivi mondiali, dando al piano una divulgazione a livello europeo e mondiale. Infine si è arrivati a consegnare, tramite i tecnici delle Op che svolgono l'assistenza tecnica, gli articoli divulgativi a tutti gli agricoltori produttori di pomodoro della Regione Emilia-Romagna.</p>

4.1.1 Personale

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Tecnico ODI	Tecnico OI pomodoro	73	1.971€
	Tecnico ODT	Tecnico OI pomodoro	59	1.593€
	Imprenditore agricolo	Partecipa alla realizzazione dell'attività di divulgazione	10	364,10€
Totale:				3.928,10 €

4.1.2 Consulenze – Società

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Studio Kairos srl		€ 15.249,96	Ideazione storyboard, riprese tramite droni e realizzazione video per la divulgazione	€ 15.249,96
Crisopoli Travel by parma Incoming s.r.l		€ 4.574.63	Organizzazione eventi (Affitto location + allestimento, disallestimento, personale tecnico per gestione videoproiezione, personale per coordinamento servizi segreteria e accoglienza).	€ 4.574.63
Totale:				€ 19.814,59

Azione 5	FORMAZIONE /CONSULENZA
Unità aziendale responsabile	DINAMICA
Descrizione attività	<p>E' stata conclusa l'attività di formazione a Catalogo verde di seguito descritta.</p> <p>Corso di formazione -Proposta formativa 5113777 "Agricoltura di precisione e opportunità offerte dalla fotointerpretazione per verifica a distanza delle superfici coltivate, delle condizioni di sviluppo colture e della stima epoca di raccolta"</p> <ul style="list-style-type: none"> - Domanda di avvio 5241722 con 19 partecipanti per un importo di € 13.642,76. <p>Viaggio studio -Proposta formativa 5353693 viaggio studio: "Applicazione e potenzialità del telerilevamento nelle colture di pomodoro".</p> <ul style="list-style-type: none"> - Domanda di avvio 5369179 con 9 partecipanti per un importo di 10.963,8 €
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessun scostamento rispetto al piano di lavoro da segnalare. L'attività formativa è stata arricchita dal viaggio studio presso il distretto produttivo del pomodoro da industria del centro Sud Italia, per conoscere l'attività sul telerilevamento applicato alla filiera da loro svolta negli ultimi anni e scambiarsi utili informazioni al riguardo. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>

3 Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnico- scientifiche	Nessuna criticità Tecnico scientifica da segnalare
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Nessuna gestionale da segnalare
Criticità finanziarie	Nessuna criticità finanziaria da segnalare

4 Altre informazioni

Per il partner AZIENDA AGRICOLA FORLINI NADIA, nella primavera 2020 le abbondanti piogge hanno creato uno smottamento dell'area interessata alla prova, ostacolando il regolare svolgimento dell'attività; nel corso del 2021 e 2022 è stato possibile effettuare il regolare svolgimento dell'attività anche se l'azienda, per motivi organizzativi, ha ritenuto di non procedere alla richiesta di contributo per l'attività svolta.

5 Considerazioni finali

Il Piano ha consentito alla filiera del pomodoro da Industria della Regione di conoscere e apprezzare le innovative possibilità che le informazioni da telerilevamento applicate alle dinamiche di filiera possono offrire per aumentare il grado di conoscenza e ottimizzare la gestione dei suoi processi. L'OI Pomodoro, capofila del piano, quale ente di governance della filiera, come ufficialmente riconosciuto nel 2011 da Regione Emilia-Romagna e dal 2017 dal Mipaaf, grazie a questo Piano ha avuto modo di sperimentare un ventaglio di innovativi strumenti di conoscenza che lavorano ad una scala territoriale regionale, adatta ai suoi scopi. Tale strumento offre informazioni oggettive e imparziali che possono fornire agli operatori economici sulla localizzazione delle superfici, sull'avanzamento della raccolta, sulle possibilità di ottimizzazione del trasferimento dati e sulla gestione della logistica, con l'attività di divulgazione e formazione degli operatori già integrata nel Piano.

Il Piano, fortemente voluto dalla filiera, che tramite il capofila OI Pomodoro ha costituito con gli altri partner il GOI, grazie al supporto della Regione tramite il PSR, ha consentito di concretizzare un'innovazione, che ha aumentato le possibilità di competitività della filiera regionale del pomodoro da industria, utilizzando un insieme di strumenti innovativi, mai applicati in precedenza.

6 Relazione tecnica

Descrizione delle attività complessivamente effettuate

Esercizio della cooperazione

RI.NOVA, in collaborazione e per conto del mandatario OI Pomodoro da Industria Nord Italia, ha svolto nel suo ruolo di coordinatore e gestore delle azioni del Piano d'innovazione, pianificando e mettendo in atto tutte le iniziative necessarie a realizzare l'attività progettuale e conseguire i risultati previsti dal Piano

stesso. In primo luogo è stato costituito un Comitato di Progetto, composto dal Responsabile del Piano d'innovazione, dal Responsabile Scientifico e da almeno un Rappresentante per ogni Unità Operativa coinvolta nella realizzazione delle diverse azioni previste dal Piano. Per tutta la durata del Piano, il RI.NOVA ha quindi svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare: il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori; la valutazione dei risultati in corso d'opera; l'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi; la definizione delle azioni correttive. Inoltre il Responsabile del Piano d'innovazione, in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico, si è preoccupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano.

Azione di realizzazione

Il prodotto di questa azione è rappresentato dall'insieme dei risultati ottenuti dalla realizzazione di varie attività, che hanno permesso di mettere a punto un insieme di strumenti innovativi in grado di mappare le superfici identificando quelle coltivate a pomodoro, effettuando previsioni precoci della produzione, di monitorare costantemente l'avanzamento delle superfici raccolte, di ottimizzare la logistica delle consegne, nonché di realizzare piattaforme dedicate per il trasferimento dei dati in tempo reale fra gli operatori della filiera in relazione alle consegne di pomodoro in corso di campagna. Questo ha permesso di offrire un insieme di strumenti di grande utilità per la governance della filiera con positive ricadute dirette su tutti i componenti della filiera sia per la parte produttiva agricola che di trasformazione industriale.

Definizione delle strategie di classificazione e di monitoraggio colturale del pomodoro da industria a partire dalle serie temporali ESA Sentinel 2

In quest'azione il CRAFT, il Centro Citimap e l'OI del Pomodoro hanno definito gli obiettivi strategici di particolare interesse per l'OI. Il lavoro ha riguardato l'attività di classificazione e monitoraggio della coltura del pomodoro da industria basato sui dati della costellazione Sentinel 2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Per quanto riguarda il monitoraggio delle condizioni vegetative e la previsione della produzione, sono stati identificati gli elementi di interesse per l'OI del Pomodoro, come ad esempio gli indici spettrali utilizzati per il monitoraggio delle condizioni vegetative e lo stato di avanzamento della raccolta. La realizzazione dell'attività ha permesso di mettere a punto un processo progettato per garantire un sistema di classificazione colturale e di previsione produttiva a partire dalle immagini satellitare Sentinel 2 ESA. Questo ha permesso di elaborare un sistema di classificazione colturale e previsionale-produttivo, generato dalle informazioni di carattere tecnico, funzionale a migliorare la programmazione e a rispondere alle effettive esigenze dell'OI Pomodoro.

Campagna di raccolta di siti di training e di test (verità al suolo) per le procedure di classificazione

Sono stati raccolti i dati degli appezzamenti per alimentare gli algoritmi di intelligenza artificiale finalizzati ad identificare gli appezzamenti coltivati a pomodoro da industria. L'OI Pomodoro si è occupata della raccolta dei dati di verità al suolo degli appezzamenti coltivati a pomodoro con altre colture estive presenti sul territorio soggetto a classificazione.

Al fine di raccogliere un maggior quantitativo di informazioni, è stata messa a punto da parte di CRAFT in collaborazione con CITIMAP un applicativo web denominato "ISIDOROapp", il quale ha permesso di raccogliere in modo preciso e dinamico un elevato numero di informazioni nel corso della stagione colturale, sia in termini di classificazione colturale, sia in termini di monitoraggio delle condizioni vegetative e fenologiche.

Nel corso del triennio l'applicativo è stato utilizzato da un numero elevato di utenti (110) che hanno raccolto informazioni su oltre 2.000 appezzamenti. Le informazioni inserite all'interno dell'applicativo web sono state direttamente riportate in un database gestito dal CRAFT. L'applicativo è stato messo a disposizione di tutti i tecnici delle Organizzazioni di Produttori (OP) coinvolte all'interno del progetto grazie al contributo continuo e costante dell'OI del Pomodoro. Anche le aziende agricole biologiche partner del progetto hanno contribuito fornendo i dati utili durante le campagne di coltivazione.

Inoltre, l'OI Pomodoro, tramite le OP associate, ha fornito per diverse particelle catastali (comune, foglio,

numero particella), le informazioni relative alla data di trapianto, fioritura e data di raccolta e varietà.

Classificazione colturale a partire dalle serie temporali Sentinel 2 ESA

Sono state condotte le attività necessarie per la realizzazione dell'applicazione vera e propria della classificazione colturale a partire dalle serie temporali della costellazione di osservazione della terra Sentinel2 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). La procedura di classificazione colturale ha dimostrato di essere uno strumento estremamente preciso e affidabile per l'identificazione degli appezzamenti coltivati a pomodoro. Nel corso del progetto, OI Pomodoro ha raccolto, elaborato e condiviso con i partner dell'azione i dati riguardanti le superficie trapiantate a pomodoro da industria dalla OP associate quale riscontro dei risultati.

La procedura di classificazione colturale per l'identificativo degli appezzamenti coltivati a pomodoro ha raggiunto elevate performance in termini di accuratezza globale, dimostrata dai risultati ottenuti nel corso della stagione colturale 2022 e confermata dalla concordanza con i dati a disposizione dell'industria di trasformazione. Questo rende la procedura di classificazione una ottima soluzione per la stima delle colture e la pianificazione delle risorse, elemento fondamentali per le OP.

Previsione della produzione a stadi diversi del ciclo vegetativo a sostegno della organizzazione della filiera del pomodoro da industria e gestione informazioni agronomiche

Sono state sviluppate le procedure informatiche ed ottenute delle informazioni previsionali sullo sviluppo delle colture in corso e delle produzioni. L'OI Pomodoro ha operato attivamente nel raccogliere le varie dati ad esempio: varietà, epoca di trapianto e di fioritura data di raccolta e quantitativi raccolti nei diversi anni. Queste informazioni fornite al CRAFT hanno costituito una base di dati con cui impostare ed addestrare gli algoritmi. Si è scelto di utilizzare un approccio basato sull'intelligenza artificiale (*machine learning-ML*) in sostituzione ai modelli meccanicistici, per ridurre il numero di input ambientali ed agronomici necessari. Con l'approcci di machine learning è stato possibile costruire una procedura per effettuare la mappatura delle superficie coltivate con le differenti colture e identificare gli appezzamenti coltivati a pomodoro, al fine di avere una visione completa a livello territoriali degli ettari coltivati con ottimi livelli di precisione. L'algoritmo di machine learning è stato istruito a riconoscere il potenziale produttivo a partire dalle informazioni satellitari (Sentinel2), come ad esempio indici di vegetazione (NDVI, NDRE e GNDVI). In aggiunta, agli indici di vegetazione sono stati inseriti all'interno dell'algoritmo ML anche informazioni relative alle proprietà del suolo. Tutto questo permette di poter gestire e programmare le raccolte, ottimizzando il processo produttivo in termini economici e di sostenibilità ambientale, nonché di tipo qualitativo del prodotto, a beneficio dell'intera filiera agroalimentare del pomodoro.

Predisposizione di un sistema informativo e per il miglioramento della logistica legata alla raccolta e ai trasporti

La gestione della raccolta e della logistica del pomodoro da parte delle Organizzazioni dei Produttori con le industrie di trasformazione (IT) ha beneficiato delle informazioni territoriali fornite dal nuovo strumento. Nell'ambito del progetto infatti è stata sviluppata una dashboard da parte di CRAFT, in collaborazione con CITIMAP e OI Pomodoro da industria Nord Italia, per visualizzare in maniera semplice e immediata la distribuzione del numero di ettari e lo stato di avanzamento della raccolta, suddiviso per provincia e per comune. Queste informazioni, uniche nel loro genere e altrimenti irreperibili, hanno permesso di fornire un importante strumento all'intero comparto del pomodoro da industria. Consentendo un monitoraggio oggettivo di maturazione e raccolta delle superfici a pomodoro a scala territoriale regionale, è stato possibile ottimizzare le operazioni di gestione e programmazione della raccolta e del trasporto delle consegne della materia prima dal campo allo stabilimento e di ridurre i tempi di sosta sui mezzi di trasporto.

Implementazione della piattaforma software per la gestione statistica e in paradigma "big-data" nella filiera del pomodoro da industria.

La piattaforma per la gestione della filiera del pomodoro da industria realizzata nell'ambito della presente azione permette una trasmissione più rapida e sicura dei dati delle consegne di pomodoro fra Industrie di

Trasformazione, OP ed OI. Sulla base dei dati analitici raccolti e normalizzati dalla piattaforma, è possibile eseguire statistiche ed elaborazioni di monitoraggio, previsione, tendenza, confronto, ecc. in modalità big-data per dati aggregati siano essi sintetici o analitici. La piattaforma multi-utente/multi-industria consente a tutti gli attori della filiera, previa specifica profilazione di visibilità e ruolo, di accedere a tutti i dati disponibili o a parziali subset informativi in relazione al proprio ruolo e quindi ai permessi di accessibilità al sistema informativo che i referenti di OI Pomodoro da Industria Nord Italia adotteranno per ciascun utente.

Attività di divulgazione

L'OI ha profuso l'impegno massimo per la divulgazione del Progetto SoiPomi, fortemente voluto e ritenuto strategico per la filiera. Ha utilizzato vari strumenti che hanno saputo raggiungere potenzialmente tutti gli agricoltori, produttori della Regione, le OP e le Imprese di Trasformazione del pomodoro da industria. L'azione di divulgazione ha avuto la massima efficacia: si fa presente infatti che su Emilia Romagna i soci di OI sono ad oggi il 100% del mondo agricolo organizzato (OP) che produce pomodoro e il 100% delle imprese di Trasformazione (IT). Data la natura interregionale dell'OI, inoltre, la divulgazione ha potuto raggiungere anche gli operatori economici della filiera di Regione Piemonte, Lombardia, Veneto e Provincia Autonoma di Bolzano, già soci di OI. Il Piano è stato divulgato inoltre, anche a distretti produttivi di pomodoro da industria di altri territori, quali il centro sud Italia e di altri Paesi europei, dando al Piano una diffusione anche a livello nazionale ed europeo. Tramite gli incontri plenari dell'OI e il sito web dell'OI è stata la filiera stessa che ha declinato operativamente gli obiettivi del progetto. Il video di altissima qualità è tuttora utilizzato, anche al termine del presente Piano, per presentare l'attività svolta agli altri distretti produttivi nazionali e internazionali e per ragionare internamente su potenziali future applicazioni dell'innovazione. Infine L'OI, tramite i tecnici delle OP che svolgono l'assistenza tecnica, ha consegnato gli articoli divulgativi a tutti gli agricoltori produttori di pomodoro della Regione Emilia-Romagna.

In sintesi, in accordo con i partner del GO, l'OI ha organizzato e gestito diverse iniziative e azioni di divulgazioni. In particolare sono stati organizzati n.2 incontri di condivisione plenaria, n.10 incontri tecnici, n.1 audiovisivo; n.3 articoli. Il Capofila ha messo a disposizione del GO il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza, in particolare favorendo l'accesso degli operatori della filiera del pomodoro da industria che già entrano regolarmente al sito dell'OI per scaricare i dati ufficiali della filiera. Inoltre, l'OI Pomodoro e il personale di Ri.NOVA hanno predisposto, in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

Attività di formazione

E' stata realizzata l'attività di formazione rappresentata da un corso di formazione dal titolo "Agricoltura di precisione e opportunità offerte dalla fotointerpretazione per verifica a distanza delle superfici coltivate, delle condizioni di sviluppo colture e della stima epoca di raccolta" (Proposta 5113777) con 19 partecipanti che ha consentito di fornire agli operatori gli elementi sull'applicazione del telerilevamento ed utilizzo di piattaforma dedicate ai processi e al monitoraggio delle dinamiche della filiera; un viaggio studio dal titolo "Applicazione e potenzialità del telerilevamento nelle colture di pomodoro" (Proposta 5353693) con 9 partecipanti, che ha arricchito la proposta formativa con il viaggio studio presso il distretto produttivo del pomodoro da industria del centro Sud Italia, che ha consentito agli operatori della Regione di conoscere l'attività sul telerilevamento applicato alla filiera del pomodoro, svolta negli ultimi anni dalla filiera del centro sud Italia e di scambiarsi utili informazioni al riguardo.

Risultati innovativi e produttivi che caratterizzano il Piano

Le applicazioni delle innovazioni tecnologiche ed organizzative sono importanti per supportare la valorizzazione di tutti gli anelli della filiera. Grazie al telerilevamento satellitare si offre a tutti gli operatori della filiera uno strumento innovativo di consultazione di nuove informazioni a scala territoriale regionale e grazie alle tecnologie di monitoraggio satellitare si può migliorare la gestione del pomodoro da industria. Inoltre la messa a punto della piattaforma, al fine di automatizzare il flusso di dati, ha implementato

innovazioni sia di prodotto che di processo. La piattaforma, attraverso componenti software avanzate, supporta e automatizza il flusso informativo all'interno della filiera abilitando all'elaborazione di report informativi aggregati secondo diversi criteri sia di natura quantitativa che qualitativa e temporale. L'introduzione della piattaforma permette di ottimizzare i processi informativi tra gli attori della filiera secondo uno schema ottimizzato e razionale.

Potenziali ricadute in ambito produttivo territoriale

Il Piano nel suo insieme di azioni, raggiungendo interamente gli obiettivi che si era prefisso, ha consentito di mettere a punto un insieme di strumenti innovativi in grado di mappare le superfici, identificando quelle coltivate a pomodoro, di effettuare previsioni precoci della produzione, di monitorare costantemente l'avanzamento delle superfici raccolte, di ottimizzare la logistica delle consegne, nonché di realizzare piattaforme dedicate per il trasferimento dei dati in tempo reale fra gli operatori della filiera in relazione alle consegne di pomodoro in corso di campagna. Il Piano ha quindi offerto un ventaglio di strumenti che operano alla scala territoriale regionale, di grande utilità per la governance della filiera, con positive ricadute dirette su tutti i componenti della filiera sia per la parte produttiva agricola che di trasformazione industriale. Il Piano, fortemente voluto dalla filiera, grazie al supporto della Regione tramite il PSR, ha consentito di concretizzare un'innovazione, che ha aumentato le possibilità di competitività della filiera regionale del pomodoro da industria, utilizzando un insieme di strumenti innovativi, mai applicati in precedenza. Essi potranno creare opportunità di miglioramento dell'organizzazione della filiera e quindi generare reddito per gli operatori. Inoltre, si vuole sottolineare che, dato che i risultati prodotti in seno allo strumento PSR non possono rimanere riservate, oltre al vantaggio strategico per i beneficiari diretti del Piano, il progetto avrà un effetto moltiplicatore positivo anche per altri operatori economici agricoli e per altre filiere che potranno avere evidenza della possibile utile applicazione del telerilevamento al monitoraggio e alle dinamiche della propria filiera.

Il telerilevamento satellitare, grazie alla quantità di dati e alla scala territoriale degli stessi che è in grado di fornire, è uno strumento utile alla programmazione e organizzazione, a supporto di tutti gli anelli dell'intera filiera. Inoltre è la prima piattaforma specificatamente dedicata allo sviluppo dei servizi dell'OI per la conoscenza e l'organizzazione della filiera del pomodoro da industria del nord Italia. Tramite l'OI la piattaforma ed il processo informativo sono fruibili a tutti gli attori regionali della filiera pomodoro.

La partecipazione delle aziende agricole situate in aree marginali, che coltivano secondo tecniche di agricoltura biologica, hanno permesso di verificare la risposta dell'utilizzo delle immagini satellitari in territori con acclività, con ricadute positive anche in vista dell'applicazione per altre colture. Inoltre le aziende delle aree marginali hanno potuto usufruire dell'applicazione delle nuove tecnologie alle colture nelle aree collinari, così da ampliare la gamma degli strumenti a disposizione per la coltivazione di varie colture, oltre a quelle già prevalenti nel territorio. Le aziende delle aree marginali hanno inoltre avuto modo di conoscere e lavorare in una realtà organizzata in filiera, con possibili future applicazioni sui territori.

Infine, le attività di divulgazione realizzate hanno permesso di fare conoscere le attività svolte e i risultati ottenuti a un vasto numero di persone coinvolte a diversi livelli nella filiera del pomodoro.

Scopo fondante di OI Pomodoro da industria Nord Italia è rafforzare la competitività del sistema produttivo del pomodoro da industria del Nord Italia attraverso strumenti che facilitino il confronto, il coordinamento e la cooperazione tra gli attori della filiera. Con questo progetto, OI Pomodoro ha veicolato le potenzialità innovative di questi strumenti a tutti gli attori economici sia di parte agricola che industriale della filiera del pomodoro da industria della Regione Emilia-Romagna, nonché al nord Italia.

Per la prima volta è stato sperimentato un monitoraggio satellitare, capace di integrare le informazioni ad ampia scala territoriale, condividendo informazione oggettive, e una piattaforma di trasmissione dati, con la quale trasmettere dati sensibili, in modalità protetta e riservata, e accedere rapidamente alle informazioni aggregate, è rivolto alla governance di una intera filiera agroalimentare, mettendo i risultati a disposizione in modo paritetico di tutti i soggetti sia di parte agricola sia di parte industriale, per consentire di poter operare scelte consapevoli e migliorare l'organizzazione e la competitività del singolo operatore e della filiera nel suo insieme.

Data 27/02/2023

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

Presidente

Tiberio dr. Rabboni