



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2017 DEL
TIPO DI
OPERAZIONE 16.2.01 "SUPPORTO PER PROGETTI PILOTA E PER LO
SVILUPPO DI NUOVI
PRODOTTI, PRATICHE, PROCESSI E TECNOLOGIE NEL SETTORE
AGRICOLA E
AGROINDUSTRIALE"**

FOCUS AREA 3A DGR N. 227 DEL 27 FEBBRAIO 2017

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5053288

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5161041

FOCUS AREA: 3A

Titolo Piano	VERSO LA DIGITALIZZAZIONE DEL PROCESSO DI PRODUZIONE DELLA FRUTTA ACRONIMO - DIGIFRUIT
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	GRANFRUTTA ZANI SOCIETÀ COOPERATIVA AGRICOLA

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	18
Data inizio attività	24/08/2018
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	24/02/2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	24/08/2018	al	24/02/2020
Data rilascio relazione			

Autore della relazione	MASSIMO NOFERINI		
telefono		email	MASSIMO.NOFERINI@FAMOSASRL.COM

Sommario

FOCUS AREA: 3A	1
1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano.....	3
1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano.....	4
2 - Descrizione per singola azione	4
2.1 Azione 1	4
2.1.1 Attività e risultati Azione 1	4
“esercizio della cooperazione”	4
2.1.2 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	8
2.2 Azione 2	8
2.2.1 Attività e risultati Azione 2	8
Studi necessari alla realizzazione del piano.....	8
2.2.1.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	13
2.3 Azione 3	14
2.3.1 Attività e risultati Azione 3.1	14
“Sopralluoghi e analisi delle superfici”	14
2.3.1.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	16
2.3.2 Attività e risultati Azione 3.2	16
“monitoraggio in campo”	16
2.3.2.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	64
2.3.3 Attività e risultati Azione 3.3	64
“Monitoraggio post-raccolta”	64
2.3.3.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	72
2.3.4 Attività e risultati Azione 3.4	72
Realizzazione del sistema informativo e DSS	72
2.3.4.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	86
2.3.5 Attività e risultati Azione 3.5	86
Analisi dei dati e dei costi	86

2.3.5.1	Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	107
2.4	Attività e risultati Azione 4	107
	Divulgazione	107
2.4.1	Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....	109
3	- Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività	110
4	- Altre informazioni.....	110
5	- Considerazioni finali	110
6.	RELAZIONE TECNICA.....	111

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

Il presente Piano di Innovazione si inserisce nell'ambito del Progetto di Filiera avente come capofila GRANFRUTTA ZANI SOCIETÀ COOPERATIVA AGRICOLA, dal titolo: "Verso la digitalizzazione del processo di produzione della frutta" con l'obiettivo di introdurre in campo nuove tecnologie a sostegno alla commercializzazione dei prodotti della filiera mediante azioni che rafforzano l'integrazione tra i soggetti operanti al suo interno, perseguono l'obiettivo di incrementare l'efficienza ed efficacia dei processi produttivi, favorendo al contempo il miglioramento qualitativo delle produzioni."

La situazione da cui il piano prende le mosse è quella di una progressiva messa in discussione delle attuali risorse idriche e nutrizionali delle piante, disponibili in termini di sostenibilità nel tempo, alla luce dei cambiamenti climatici già in atto.

Nell'ambito del progetto è stata realizzata una piattaforma che integra al suo interno modelli utili all'interpretazione dei dati in grado di dare ai tecnici informazioni utili a prendere decisioni sull'andamento della gestione agronomica (chiamato DSS - Sistema di Supporto alle Decisioni). Altri prodotti derivati dal progetto sono la messa a punto di un metodo di calcolo del CFP (Carbon Foot Print), la disponibilità del consumatore a sostenere un'agricoltura di precisione infine ma non ultimo, la dimostrazione del fatto che un investimento in un'agricoltura 4.0 porta vantaggi nel breve periodo.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività effettivo
Esercizio della cooperazione	FAMOSA	Organizzazione del gruppo	01/09/2018	24/02/2020
“Studi necessari alla realizzazione del piano”	FAMOSA	Organizzazione del Piano e selezioni dell’impianti	01/10/2018	15/02/2019
“Sopralluoghi e analisi delle superfici”	UNIBO -FAMOSA	Controllo delle superfici e creazione KML	01/10/2018	31/01/2019
Monitoraggio in campo	FAMOSA-UNIBO-STUDIO DI CATALDO	Analisi terreno e foglie monitoraggio droni e satellite	01/10/2018	01/10/2019
Monitoraggio post-raccolta	FAMOSA	Controllo qualità in post-raccolta	01/06/2019	01/12/2019
Realizzazione del sistema informativo e DSS	FAMOSA	Realizzazione della piattaforma di acquisizione dati	01/10/2018	01/02/2020
Analisi dei dati e dei costi	UNIBO	Valutazione economica di un agricoltura 4.0	01/06/2019	01/02/2020
Divulgazione	FAMOSA – UNIBO	Divulgazione dei risultati	01/10/2018	24/02/2020

2 - Descrizione per singola azione

2.1 Azione 1

2.1.1 Attività e risultati Azione 1

Azione	“esercizio della cooperazione”
Unità aziendale responsabile	FAMOSA - UNIBO
Descrizione delle attività	Nel progetto Digifruit, Granfrutta Zani , nel suo ruolo di capo mandatario ha mantenuto la funzione di coordinamento generale, demandando la responsabilità tecnico-scientifica al partner

UNIBO, mentre alla società FAMOSA è stato assegnato il ruolo organizzativo ed il funzionamento tecnico.

Alla società FAMOSA è stato affidato quindi il compito di pianificare le attività previste nel piano, mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Nei primi due mesi del progetto si sono susseguiti gli incontri di pianificazione tra i vari partner.

Data

06-08-2018	Incontro preliminare in Granfrutta Zani	Time: 09:00-12:00 Location: Granfrutta Zani - Bagnacavallo
-------------------	--	---

Agenda:

Riunione preliminare per pianificazione delle attività e organizzazione del progetto

Esaminate le aziende coinvolte e i terreni soggetti a monitoraggio.

Concordata la preparazione del seguente materiale:

- elenco completo aziende
- KML di tutti i terreni
- piano di progetto (FAMOSA)

Fissata la prossima riunione il 17/8/2018 alle 14:30 presso la sede di Peer Network

17-08-2018	Presentazione Piano di Lavoro	Time: 13:30-16:30 Location: Peer Network: Viale della Lirica 35, Ravenna
-------------------	--------------------------------------	---

--	--	--

Agenda.

- presentazione strumenti di condivisione
- presentazione standard di progetto
- presentazione documenti preliminari
- presentazione macro piano di progetto

Concordato l'uso degli strumenti proposti.

Abilitato l'accesso alla piattaforma Slack per la condivisione delle informazioni e dei documenti.

Condiviso il macro piano proposto con l'impegno di dettagliare la progettazione per singola varietà.

Condiviso l'organigramma di progetto.

Si decide di fissare la prossima riunione per il 21/08

per avviare il Comitato Guida del progetto.

21-08-2018	Incontro Comitato Guida	Time: 09:00-11:00 Location: S.Andrea di Faenza
-------------------	------------------------------------	---

Agenda

- condivisione organizzazione del progetto
- costituzione del "Comitato guida"
- organizzazione dell'attività del Comitato Guida (riunioni periodiche, strumenti di comunicazione, standard di progetto).
- verifica delle aziende facenti parte del progetto.

Gli incontri di coordinamento per tutte le fasi successive alla scelta degli impianti sono proseguiti per tutto 2019 fino alla fine del progetto con l'organizzazione del convegno finale avvenuto il 20/02/2020.

13-03-2019	Organizzazione prelievo terreno	Time: 09:00-11:00
21-05-2019		Location: S.Andrea di Faenza

Agenda

- Discussione dei risultati parziali sui risultati delle analisi di laboratorio
- Programmazione delle date dei prossimi campionamenti terreno
- Coordinamento fra le persone addette al campionamento.
- A fine incontro si è partiti per il prelievo campioni di terreno compost o no compost

A partire dal mese di Agosto si sono realizzate le aste sperimentali

02-08-2019	Organizzazione Aste sperimentali	Time: 09:00-11:00
6-11-2019		Location: S.Andrea di Faenza
18-11-2019		

Agenda

- Programmazione delle date successive per la realizzazione delle Aste sperimentali
- Individuare il luogo per la successiva Asta
- Organizzare la raccolta e la conservazione della frutta per le Aste successive
- A fine incontro si è realizzata l'Asta sperimentale

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

2.1.2 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSA		€ 168800	Coordinamento tecnico del progetto ed esperto di tecnologie	€ 1500
UNIBO		€ 75000	Esperto di Gestione Agronomica delle piante	€ 5000
Totale:				€ 6500

2.2 Azione 2

2.2.1 Attività e risultati Azione 2

Azione	Studi necessari alla realizzazione del piano
Unità aziendale responsabile	FA.MO.S.A . - UNIBO

Descrizione
delle attività

Gli impianti individuati per misura 16.2 sono state scelti sulla base delle specie presenti nelle Aziende facenti parte dell'accordo di filiera. Successivamente il coordinatore scientifico e il coordinatore tecnico hanno fatto visita ai diversi impianti per un primo controllo delle dimensioni degli appezzamenti e dello stato degli impianti, per poi relazionare agli altri partner del progetto, e impostare l'azione 3, dove li vedeva tutti coinvolti. Infine sono stati effettuati incontri con i tecnici di FAMOSA e Granfrutta ZANI per definire l'organizzazione del lavoro ed il coordinamento fra i vari partner assegnando loro i diversi incarichi.

IMPIANTI	ORG.	COD.	RAGIONE SOCIALE	INDIRIZZO	SPECIE	VARIETA'	RIF. CATASTALI
1	GRANFRUTTA ZANI	Z01			Albicocche	Faralia	
2	GRANFRUTTA ZANI	Z02			Susine Metis	September Yummy	
3	GRANFRUTTA ZANI	Z03			Nettarine	Romagna Red	
4	GRANFRUTTA ZANI	Z04			Pero	Abate Fetel	
5	GRANFRUTTA ZANI	Z05			Melo	Rosy Glow	
6	GRANFRUTTA ZANI	Z06			Actinidia	Dori	
7	GRANFRUTTA ZANI	Z07			Pero	Abate Fetel	
8	GRANFRUTTA ZANI	Z08			Susine Metis	September Yummy	
9	GRANFRUTTA ZANI	Z09			Nettarine	Romagna Red	
10	GRANFRUTTA ZANI	Z10			Melo	Rosy Glow	

11	GRANFRUTTA ZANI	Z11	Actinidia	Dori
12	GRANFRUTTA ZANI	Z12	Actinidia	Hayward
13	GRANFRUTTA ZANI	Z13	Albicocche	Faralia
14	GRANFRUTTA ZANI	Z14	Actinidia	Dori
15	MINGUZZI	M01	Pero	Abate Fetel
16	MINGUZZI	M02	Melo	Rosy Glow
17	MINGUZZI	M03	Susine Metis	September Yummy
18	MINGUZZI	M04	Actinidia	Hayward
19	MINGUZZI	M05	Actinidia	Soreli
20	GRANFRUTTA ZANI	Z15	Actinidia	Hayward

Gli studi preliminari sono proseguiti fino a fine febbraio,

14-09-2018 **Avanzamento progetto ZANI-PSR**

Time: 13:30-15:30

Location: Peer Network: Viale della Lirica 35, Ravenna

Agenda:

Comunicata dalla regione la determina del progetto e quindi ufficializzato l'inizio.

Sono stati individuati gli impianti per compost e si procederà ad definire le geometrie

Fissata la visita agli impianti per valutarne dose e quantità.

Definito il responsabile protocolli frutti.

04-10-2018 **Comitato Guida + partner economico**

Time: 10:00-11:00

Location: Sant'andrea Faenza

Agenda:

Risolti alcuni problemi riguardo la parte contrattuale tra UniBo, Famosa e Studio di Cataldo. Granfrutta Zani ha assunto l'onere di terminare la stesura dei contratti.

Affrontata la tematica relativa all'utilizzo del compost in frutticoltura, introducendo il concetto di impronta carbonica e LCA

Promozione dei prodotti ottenuti avverrà tramite aste sperimentali descritte dal (UNIBO)

Più avanti decideremo dove effettuare le aste per i consumatori, se presso la GDO o in esterno.

Per differenziare la gestione tradizionale dalla gestione organica, in alcuni impianti si farà uso di compost urbano.

Inizio dei prelievi e le analisi per fare il tempo 0.

13-10-2018 **Incontro Tecnico**

Time: 10:00-13:00

Location: Cooperativa Granfrutta Zani Bagnacavallo.

Agenda:

Ordine del Giorno

Definita la sensoristica da utilizzare

Individuati i dati relativi alla produzione ed alla fertilizzazione da inserire nel software.

25-10-2018 **Incontro StudioMAPP per definizione aree da Satellite** Time: 10:00-12:00
Location: Ravenna

Un rappresentante della ditta Studio Mapp era presente all'incontro.

Sono state definite le aree di analisi sulla mappa di Google e definito i contorni per le aree di interesse.

Si sono affrontate le tematiche relative agli indici oggetti di studio.

28-11-2018 **Incontro Analisi Immagini Satellite** Time: 09:00-11:00
Location: Viale della lirica 35 ravenna

AGENDA Abbiamo concordato come Studio Mapp provvederà a:

ottenere le immagini da satellite e gestire tutta la fase di acquisto e recupero immagini

provvedere all'elaborazione delle immagini per produrre gli indici concordati, creando uno script simile a quello già presente nella data pipeline per Copernicus: per fare questo, PeerNetwork si occuperà di aggiornare la struttura del database in modo che ospiti non solo il valore ma anche la tipologia (ndvi o altro indice) e la data e ora di acquisizione dell'immagine (al momento è presente solo la data ma dell'importazione non di acquisizione), e finalizzerà la procedura per salvare i valori degli indici dei soli campi da monitorare.

Seguire la parte di interpretazione, correlazione ed analisi dei diversi indici satellitari e insieme estendere quest'analisi con gli altri dati raccolti da droni, sensori ed umani. Per fare, questo sarà utile lavorare su due fronti, uno grafico/visuale (con layer da sovrapporre alle mappe con i valori degli indici tramite geoserver e con grafici di andamento nel tempo per indice) e uno più analitico (dove copiare tutti i dati che adesso stanno in due database distinti, in modo da poter fare interrogazioni più specifiche e con filtri complessi).

19-12-2018 **Comitato Tecnico** Time: 10:00-12:00
Location: Incontro in Granfrutta Zani S.Andrea

Discussione dei primi risultati sulle analisi del terreno e programmazione dei prossimi campionamenti.

Programmazione delle prossime concimazioni.

	Controllo delle centraline da installare
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p>Obiettivi raggiunti</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.2.1.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSA		€ 168800	Coordinamento tecnico del progetto ed esperto di tecnologie	€ 500
UNIBO		€ 75000	Coordinatore scientifico	€ 1000

				Totale: € 1500

2.3 Azione 3

2.3.1 Attività e risultati Azione 3.1

Azione 3.1	"Sopralluoghi e analisi delle superfici"									
Unità aziendale responsabile	FA.MO.S.A .									
Descrizione delle attività	<p>Alla fine della fase invernale tutte le unità del progetto hanno lavorato assieme per definire un programma di monitoraggio.</p> <p>Durante i sopralluoghi agli impianti candidati sono stati delimitati e marcati gli impianti pilota, e collezionate tutte le informazioni sulle superfici, georeferenziati e mappati su una piantina con tutti i KML. StudioMapp ha acquisito i KML forniti da FAMOSA e iniziato a svolgere l'elaborazione ed analisi di dati telerilevati da satellite, con le fasi di acquisizione, pre e post-processing (calibrazione, correzione radiometrica, correzione atmosferica e ortorettificazione) di immagini satellitari ottiche e radar per l'elaborazione di indici vegetazionali e del terreno.</p> <p>Granfrutta Zani ha fornito le informazioni sulle analisi dei suoli, i dati sugli impianti (varietà, età impianto, sesto, produzioni), mentre Unibo e FAMOSA hanno iniziato a definire i punti di prelievo all'interno degli impianti per effettuare le analisi del terreno e fogliare e per posizionare i nodi Meteo, Terreno, Micronodi e Calibri, infine lo Studio Di Cataldo pilota A.P.R ha controllato le zone non interdette ai voli e definito il piano di volo per la durata del progetto</p> <p>TABELLA 1 RELAZIONE FRA AZIENDE ED IMPIANTI DEFINITE DALLO STUDIO DI CATALDO.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>AZIENDA</th> <th>LOTTO</th> <th>RIFERIMENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Azienda 01</td> <td>01</td> <td></td> </tr> <tr> <td>02</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		AZIENDA	LOTTO	RIFERIMENTO	Azienda 01	01		02	
AZIENDA	LOTTO	RIFERIMENTO								
Azienda 01	01									
	02									

Azienda 02	01
Azienda 03	01
	02
	03
Azienda 04	01
Azienda 05	01
	02
	03
	04
Azienda 06	01
	02
	03
	04
Azienda 07	01
	02
Azienda 08	01
	02

azienda	lotto	Aprile	Giugno	Luglio		Agosto		Settembre	Ottobre		numero voli
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1	1	X	X	X		X	X	X	X	X	8
	2	X	X	X		X	X	X	X	X	8
2	1	X	X	X		X	X	X	X	X	8
3	1		X	X		X	X	X	X	X	7
	2		X	X		X	X	X	X	X	7
	3		X	X	X	X	X	X	X	X	8
4	1		X	X		X	X	X	X	X	7
5	1		X	X		X	X	X	X	X	7
	2		X	X		X	X	X			5
	3	X	X	X	X	X	X	X	X		8
	4	X	X	X	X	X	X	X	X		8
6	1	X	X	X	X	X	X	X	X		8
	2	X	X	X	X	X	X	X	X		8
	3	X	X	X	X	X	X	X	X		8
	4		X	X	X	X	X	X	X	X	8
7	1		X	X		X	X	X	X	X	7
8	1		X	X	X	X	X	X	X	X	8
	2			X	X	X	X	X	X	X	7

FIGURA 1 TABELLA E GANT PER DEFINIRE IL PROGRAMMA DI VOLO DEL DRONE PER LE AZIENDE INSERITE NEL PROGETTO.

Peernetwork ha posto le basi per la realizzazione della piattaforma per l'acquisizione di tutte le informazioni provenienti dai diversi "data input".

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p>Obiettivi raggiunti</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.3.1.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSA			Coordinamento tecnico del progetto ed esperto di tecnologie	3000
UNIBO			Esperto di Gestione Agronomica delle piante	1000
Studio di Cataldo			Esperto pilota A.P.R	1800
Totale:				5800

2.3.2 Attività e risultati Azione 3.2

Azione 3.2	“monitoraggio in campo”
Unità aziendale responsabile	FAMOSA- UNIBO- STUDIO DI CATALDO
Descrizione delle attività	L'azione 3.2 portata avanti principalmente da FAMOSA ed UniBo con l'aiuto dei tecnici Granfrutta Zani, è sicuramente quella centrale al progetto.

3.2.1. Installazioni dei Nodi per la creazione della rete IOT agricoltura

Per poter avviare questa azione è necessaria la collocazione e la manutenzione di una rete di strumenti di misura che inviino i dati in tempo reale al sistema DSS. Tale rete è stata utilizzata per monitorare le grandezze convenzionali (temperatura, umidità, bagnatura fogliare, piogge, intensità) che, insieme alla rete di sensori collocati all'interno dell'apezzamento, come per esempio il monitoraggio del suolo in modo continuo riguardante: stato idrico, temperatura, conducibilità elettrica, sono stati utili alla comprensione delle dinamiche di sviluppo e accrescimento vegeto-produttivo per le quali è fondamentale disporre di un riferimento ambientale sia sopra che sotto-chioma (sotto le reti); per questo il monitoraggio delle grandezze ambientali sarà effettuato per tutta la durata del progetto. Per la collocazione dei dispositivi abbiamo fatto uso delle immagini da drone e satellite per decidere, sulla base dell'immagine, la miglior posizione di misura delle grandezze terreno.

3.2.1.1. Schema delle installazioni per Singola Azienda

Abbiamo fatto la scelta di avere per ogni Azienda un nodo (dispositivo) che fornisse informazioni sulle condizioni ambientali per un raggio di almeno un chilometro e un nodo specifico per ogni impianto. Quindi a partire da gennaio le due tipologie di dispositivi, il Nodo Meteo, per il monitoraggio dei parametri ambientali, posizionato all'esterno del frutteto e il Nodo Terreno per la misura del potenziale idrico del terreno, umidità e conducibilità elettrica sono stati installati. Nei due mesi successivi invece solo su alcune aziende è stato posizionato il Nodo Calibro per la misura della crescita del frutto e il Micronodo per la misura del microclima presente all'interno dell'impianto.



FIGURA 2 – NODO TERRENO A-232 INSTALLATO NELLA AZIENDA D

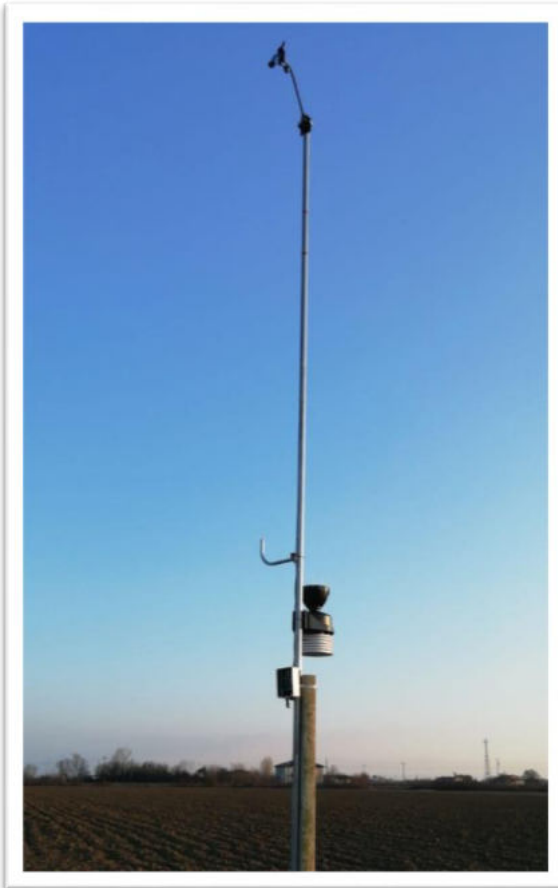


FIGURA 3 – NODO METEO A-194 INSTALLATO NELL'AZIENDA D



Figura 4 - Nodo Bagnatura fogliare A-166 installato presso l'Azienda D



FIGURA 5 – NODI CALIBRO, INSTALLATI SU DI UN IMPIANTO ABETE FETEL

Riportiamo un esempio di **RETE IOT** realizzata in una delle aziende facenti parte della accordo di filiera.

Nella Tabella 5 sono riportati gli impianti dell'az. D ed il codice dei dispositivi installati.

TABELLA 2 ESEMPIO DI RETE IOT PER UNA DELLE 8 AZIENDE FACENTI PARTE ALL'ACCORDO DI FILIERA

Impianto	Dispositivo	4 NODI	SONDE
' Nodo Meteo	Nodo Meteo	A-194	
' MELO ROSY GLOW	Nodo Terreno	A-223	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature.
' MELO ROSY GLOW COMPOST	Nodo Terreno	A-232	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature..
Pesca Romagna Red	Nodo Terreno	A-229	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature.
Pesca Romagna Red Compost	Nodo Terreno	A-230	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature.

ABATE FETEL COMPOST	Nodo Terreno	A-225	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature.
ABATE FETEL NO COMPOST	Nodo Terreno	A-227	Sonda EC, gocciolatore, due potenziali, due temperature.

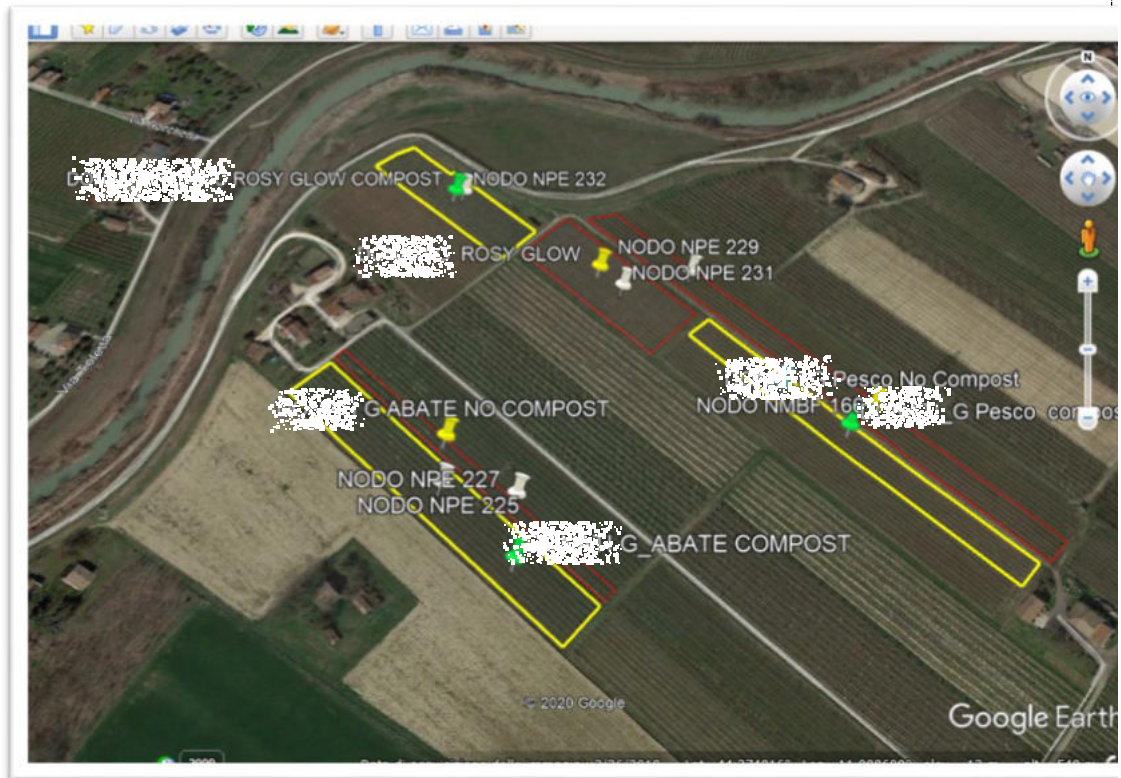


FIGURA 6 – RETE IOT CREATA PER OGNI AZIENDA INSERITA NEL PROGETTO.

Nella figura 7 viene riportata l'intera rete IOT (internet of think) realizzata dalla cooperativa Granfrutta Zani per tutte le aziende del progetto; essa è costituita da circa 48 dispositivi così suddivisi:

8 Nodi meteo per una copertura da Alfonsine a Forlì.

31 Nodi terreno, per migliorare la gestione agronomica, dalla nutrizione alla irrigazione

3 Micronodi importanti per la misura del microclima all'interno dei frutteti.

6 Nodi calibro, sperimentati nel progetto, utili a monitorare la crescita del frutto.

Questa rete realizzata all'interno di questo progetto è la prima in Italia che sfrutta una tecnologia di comunicazione completamente LPWAN, essa si pone come obiettivo di portare il dato a guidare le operazioni colturali dell'agricoltore.

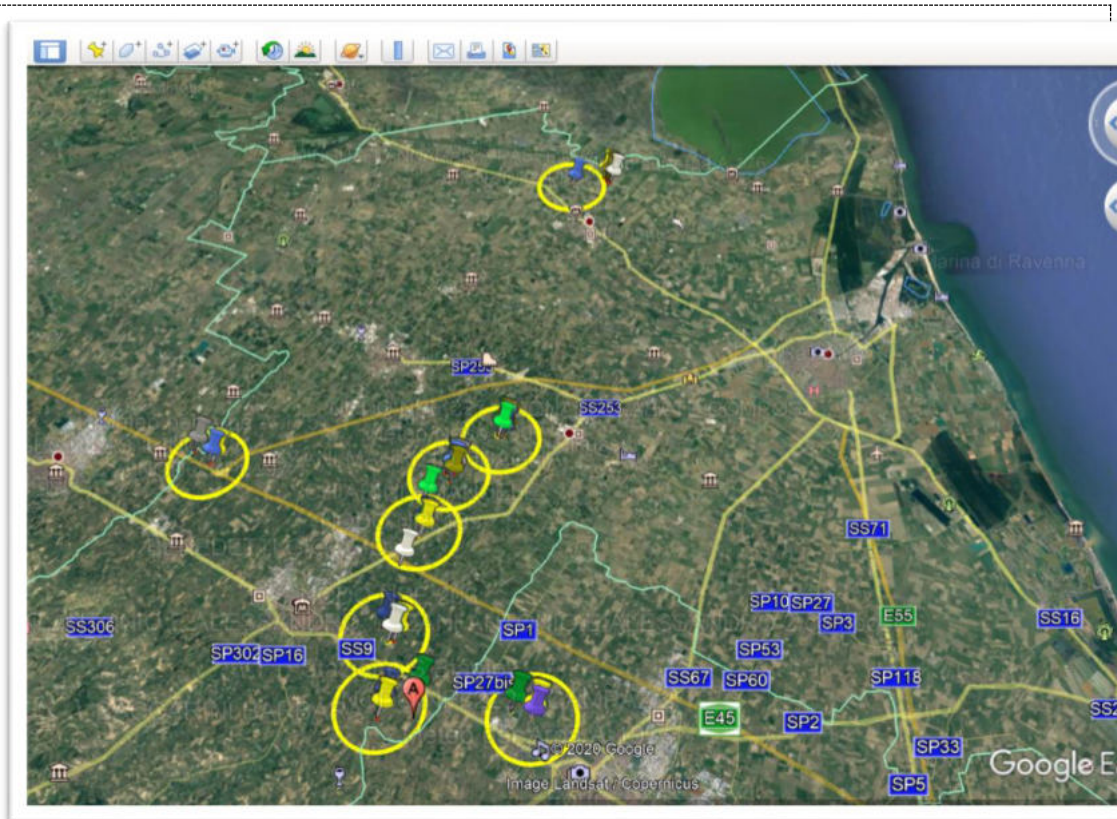


FIGURA 7 RETE IOT PER TUTTE LE AZIENDE SOCIE DELLA COOPERATIVA GRANFRUTTA ZANI.

3.2.2. Monitoraggio da remoto con A.P.R

3.2.2.1 Organizzazione del lavoro

Insieme alla realizzazione della rete, lo Studio di Cataldo ha iniziato ad effettuare l'acquisizione di dati di immagini da A.p.R.

L'acquisizione delle immagini è stata eseguita mediante il sensore Sequoia posto su A.P.R.

Il Drone è equipaggiato con telecamera termica e multispettrali, in modo da poter essere operativo sull'impianto con entrambi i sensori; in questo lavoro si è impiegata una camera spettrale. Tale camera spettrale rileva la luce riflessa nelle bande verde (550 nm + 40 nm), rosso (660 nm + 40 nm), red edge (735 nm + 10 nm) e infrarosso vicino (790 nm + 40 nm) dello spettro elettromagnetico.

Le rilevazioni sono avvenute ad una elevazione media di 90 metri e nelle ore centrali della giornata per evitare che le ombre, che si formano per le angolazioni della luce solare con la terra, possano interferire nella elaborazione delle immagini.

I diversi fotogrammi sono stati mosaicati per ottenere l'insieme dell'area monitorata e individuare la zona di interesse su calcolare gli indici vegetativi,

attraverso precise espressioni algebriche delle riflettanze delle singole bande rilevate.

Essendo la foglia l'organo target, nelle prime e ultime fasi del ciclo vegetativo i rilievi non hanno prodotto risultati apprezzabili e per la minore dimensione della lamina fogliare e per i processi di senescenza a carico dell'apparato fogliare.

In generale, l'anomalo andamento climatico ha fortemente influenzato la definizione delle giornate di volo e per le forti piogge e per la velocità del vento in quota.

3.2.2.2 indici vegetativi calcolati

Per ogni frutteto sono stati calcolati i seguenti indici:

NDVI
GNDVI
SR
SAVI
NDRE
GRVI
CVI
CI-RE
CI-G
RATIO
PSRI

3.2.2.3 modelli di elevazione calcolati

In ogni AOI (area of interest), nel primo volo, sono stati determinati i seguenti modelli:

CURVE DI LIVELLO

DTM

DSM

3.2.3 Applicazione dell'uso degli A.P.R nel progetto

L'uso di droni in agricoltura nasce nei paesi dalle grandi estensioni in particolare Australia e stati uniti con lo scopo di stabilire in quali aree aumentare o diminuire l'irrigazione, capire quali piante stanno crescendo meglio e quali invece hanno bisogno di cure, verificare il corretto livello dell'acqua in una risaia piuttosto che la presenza di criticità come il proliferare di erbe infestanti. In questo lavoro ci siamo concentrati sugli impianti frutticoli, dove normalmente gli stress dovuti a parassiti e a irrigazione sono meno visibili che nelle colture estensive. Nel grafico di figura 8 e 9 vengono messi a confronto gli andamenti dell'NDVI in due aziende agricole che producono entrambe Albicocca Faralia. Inoltre all'interno dello stesso impianto si è fatto uso di una diversa concimazione; una concimata con i fertilizzanti minerali (testimone) ed una concimata con ammendante (compost o letame). Interessante notare che il vigore tra la tesi concimate non mostra differenze significative, mentre questa si evidenzia significativamente su tutto il periodo di sviluppo vegetativo tra le due aziende. Il fatto di avere differenze di vigoria porta ad una diversa gestione agronomica nei due impianti, quindi una gestione più accurata delle risorse.

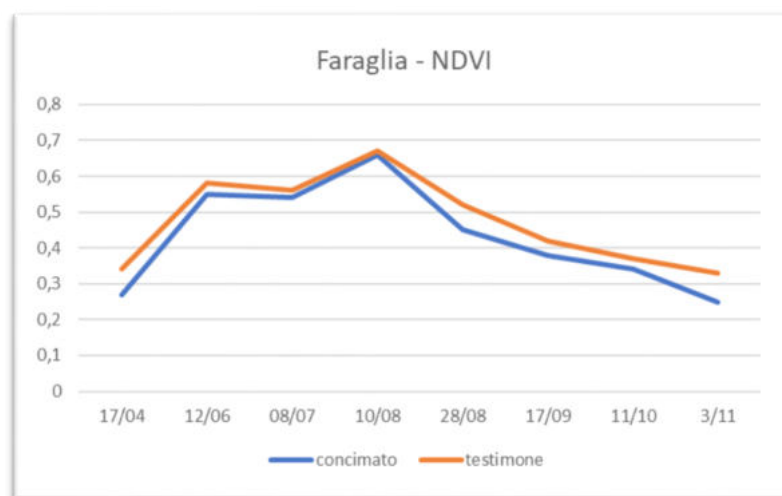


FIGURA 8 INDICE NDVI NELL'AZIENDA AGRICOLA DI B.

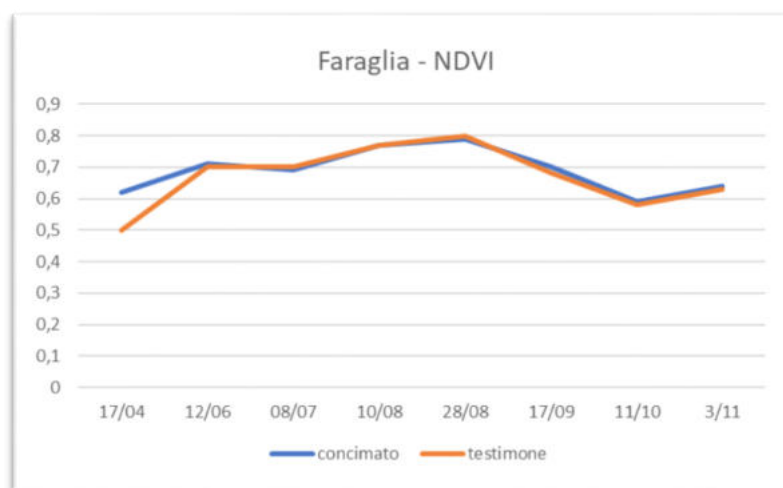


FIGURA 9 INDICE NDVI NELL'AZIENDA AGRICOLA C.

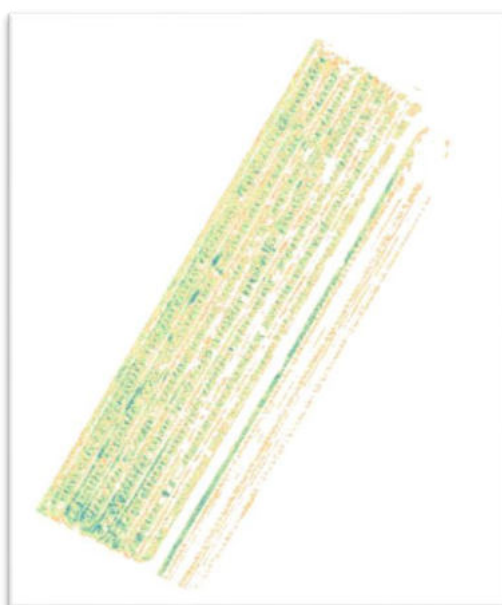


FIGURA 10 VOLO DEL 18-04 SULLA FARALIA DELL AZ C

Nella figura 10 possiamo osservare la distribuzione dell'indice NDVI nell'azienda C: Le informazioni che questa immagine ci mostra ci permette di fare considerazioni in merito alla situazione dell'impianto; zone a diversa vigoria, fallanze di piante, che si traduce in una minor produzione. Il resto della documentazione sarà come file allegato.

3.2.4 Conclusioni A.P.R.

L'attività di monitoraggio ha evidenziato l'efficacia degli indici vegetativi calcolati nei frutteti privi di copertura e la conseguente necessità di studiare altri mezzi a terra su cui installare i diversi sensori vista il crescente uso di materiale protettivo.

I risultati riscontrati sui diversi mezzi tecnici utilizzati per proteggere i frutteti da stress abiotici sono diversificati correlati al differente materiale utilizzato per la

loro produzione e suggeriscono futuri approfondimenti sulla loro influenza sul ciclo vegetativo delle specie e del materiale genetico utilizzato.

Le prossime attività di monitoraggio dovranno necessariamente tener conto dei cicli vegetativi delle diverse specie e del differente materiale genetico in considerazione degli effetti del cambiamento climatico sulle fenofasi delle diverse specie vegetali.

3.2.5. Monitoraggio per acquisire immagini satellitari

3.2.5.1 Indici vegetazionali: immagini ottiche

All'interno del progetto sono stati valutati sei indici: NDVI, SAVI, EVI, DVI, RVI, NDMI.

Il telerilevamento si basa sulla misurazione dell'energia elettromagnetica che giunge al sensore dopo l'interazione con la superficie indagata. Gli oggetti infatti interagiscono con l'energia elettromagnetica¹ riflettendo, assorbendo ed emettendo in maniera diversa alle diverse lunghezze d'onda.

Concetti base:

- il sensore raccoglie la radiazione elettromagnetica riflessa o emessa dalla superficie e quella riflessa o emessa dall'atmosfera;
- l'atmosfera può assorbire e diffondere la radiazione solare, modificando sia la radiazione incidente sulla superficie, sia quella che raggiunge il sensore;
- l'intensità della radiazione riflessa o emessa dalla superficie dipende dalle caratteristiche della superficie e dalla lunghezza d'onda.

Il comportamento spettrale della vegetazione dipende principalmente da due fattori:

- le caratteristiche chimico/fisiche delle foglie e delle altre componenti della pianta, quali
 - contenuto di clorofilla
 - struttura cellulare
 - contenuto d'acqua
- l'aggregazione dei singoli elementi (foglie, rami) e la struttura complessiva della pianta (canopy)
 - gradi di copertura
 - quantità di biomassa verde
 - architettura delle chiome
 - presenza e tipologia di background (suolo e infestanti)

- fenologia
- stato di salute
- fattori esterni (come morfologia, geometria sorgente-oggetto-sensore, atmosfera, etc.)

I pigmenti fogliari assorbono nelle lunghezze d'onda del blu e del rosso e riflettono in quelle del verde, proprio per questo che i nostri occhi identificano la vegetazione di questo colore. La struttura della vegetazione è invece il motivo per cui essa riflette altamente nell'infrarosso vicino determinando un tipico plateau nella firma. La risposta spettrale non è caratterizzata solo dai singoli elementi, ovvero le foglie, ma soprattutto dalla loro struttura, l'andamento della firma spettrale varia infatti anche in base al LAI (indice di area fogliare), quindi alle variazioni di quantità e posizione delle foglie. Allo stesso tempo quindi la riflessione spettrale di una coltura nel tempo varia in funzione delle pratiche agricole, della crescita della pianta, e delle caratteristiche morfologiche.

Le immagini telerilevate forniscono infatti informazioni su aree estese, dalla vegetazione si ottiene una risposta complessiva. L'interpretazione dei risultati riportata in questo documento si basa sulle estrapolazioni specifiche di Sentinel 2.

3.2.5.2 Sentinel 2

- Satellite: costellazione di 2 satelliti
- Bande: 13 (VIS–NIR–SWIR dominio spettrale)
- Risoluzione geometrica: 10m / 20m / 60m
- Orbita: Sun-synchronous at 786 km, passaggio 10:30 AM
- Abbracciamento (Swath width): 290 km
- Acquisizione geografica: Sistemica su terra e coste tra - 56° +84°Lat
- Rivisitazione: 5 giorni all'equatore (2 satelliti senza considerare le nuvole)
- Vita prevista: 7.25 anni estendibile a 12 years

N.B. I valori relativi a ciascun pixel (DN = Digital Number) indicano la radianza media giunta al sensore e proveniente dalla superficie a terra che ricade nel pixel. In un'immagine multispettrale la radianza è misurata in più intervalli dello spettro elettromagnetico e per ciascuno di questi viene creata la matrice di DN.

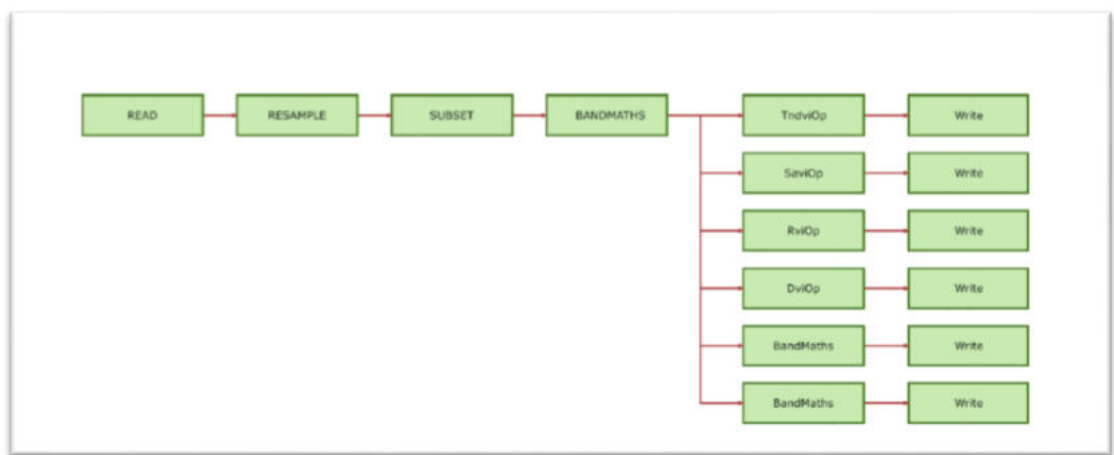


FIGURA 11 PROCESSING DEI DATI DA SENTINEL 1

La procedura ha previsto diversi step:

Read: lettura immagine originale Level 2A

Resample: conversione di tutte le bande a 20 e 60 metri ad una risoluzione di 10 metri per pixel

Subset: ritaglio delle aree pilota per ridurre il calcolo degli indici alle zone di interesse

BandMaths: calcolo dei sei indici vegetazionali

Write: scrittura dell'immagine raster per ogni indice vegetazionale

Dallo studio del comportamento spettrale della vegetazione sono state definite una serie di relazioni quantitative fra dati telerilevati e parametri della vegetazione mediante indici che si basano sul rapporto tra le bande tipiche di assorbimento e riflessione.

Queste relazioni algebriche vengono indicate come indici di vegetazione e si basano soprattutto sulle lunghezze d'onda del rosso e dell'infrarosso vicino (banda larga o stretta). Gli indici vegetazionali sono correlati alla quantità di biomassa vegetale, del LAI, della concentrazione di clorofilla, del contenuto d'acqua e danno indicazioni sullo stato di salute, sulla produttività delle colture, sulla densità e copertura e sullo stato nutrizionale etc.

3.2.5.3 NDVI

Il Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) è un semplice indicatore grafico che può essere utilizzato per analizzare le misurazioni ottenute dal telerilevamento, generalmente – ma non necessariamente - da un apposito satellite, e valutare se la zona osservata contiene della vegetazione viva. L'NDVI viene così calcolato:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)}$$

dove VIS e NIR stanno rispettivamente per le misure di riflettanza spettrale acquisite nelle regioni visibile (rosso) e nel vicino infrarosso. Queste riflettanze spettrali sono esse stesse rapporti della radiazione riflessa su quella entrante per ogni banda spettrale, e di conseguenza assumono valori compresi tra -1 e 1. I valori negativi del NDVI indicano la presenza di acqua. Valori vicino allo 0 (tra -0.1 e 0.1) generalmente corrispondono ad aree rocciose, sabbiose, o coperte di neve. Valori positivi, ma bassi, indicano praterie e arbusti (tra 0.2 e 0.4 circa), mentre valori alti rappresentano foreste pluviali, tropicali o temperate (valori vicini a 1). Più precisamente, l'interpretazione dei valori positivi avviene come indicato di seguito:

- 0.0 - 0.1 Suolo nudo o nuvole
- 0.1 – 0.2 Copertura vegetale quasi assente
- 0.2 – 0.3 Copertura vegetale molto bassa
- 0.3 – 0.4 Copertura vegetale bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
- 0.4 – 0.5 Copertura vegetale medio-bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
- 0.5 – 0.6 Copertura vegetale media con vigoria bassa o copertura vegetale medio-bassa con vigoria alta
- 0.6 – 0.7 Copertura vegetale medio-alta con vigoria bassa o copertura vegetale media con vigoria alta
- 0.7 – 0.8 Copertura vegetale alta con vigoria alta
- 0.8 – 0.9 Copertura vegetale molto alta con vigoria molto alta
- 0.9 – 1 Copertura vegetale totale con vigoria molto alta

3.2.5.4 SAVI

Il Soil-Adjusted Vegetation Index è una tecnica di trasformazione che minimizza le influenze della luminosità del suolo dagli indici di vegetazione spettrale che coinvolgono le lunghezze d'onda rosse e del vicino infrarosso (NIR). L'indice è così calcolato:

$$SAVI = \frac{(1 + L)(NIR - Red)}{(NIR + Red + L)} \quad | \quad * (1 + L)$$

dove L è un fattore di regolazione di sfondo. È stato trovato un valore L di 0,5 nello spazio di riflettanza per ridurre al minimo le variazioni di luminosità del suolo ed eliminare la necessità di ulteriori calibrazioni per terreni diversi. La trasformazione è stata trovata per eliminare quasi del tutto le variazioni indotte dal suolo negli indici di vegetazione. Il risultato del SAVI è un nuovo livello dell'immagine, costituito da valori che spaziano da -1 a 1. Più basso è il valore, minore è la presenza (o copertura) di vegetazione verde.

3.2.5.5 EVI

L'Enhanced Vegetation Index (EVI) è un indice di vegetazione "ottimizzato", progettato per migliorare il segnale della vegetazione con una maggiore sensibilità nelle regioni ad alta biomassa e un migliore monitoraggio della vegetazione attraverso un disaccoppiamento del segnale di fondo della chioma e una riduzione delle influenze dell'atmosfera. EVI viene calcolato seguendo questa equazione:

$$EVI = G \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1 \times RED - C2 \times Blue + L)}$$

dove NIR, RED, e Blue sono corretti dall'atmosfera, o parzialmente corretti dall'atmosfera, L è la regolazione dello sfondo che indirizza il trasferimento non lineare, NIR differenziale, e radiante rosso; mentre C1, C2 sono i coefficienti del termine di resistenza aerosol, che utilizza la banda blu per correggere le influenze dell'aerosol nella banda rossa. I valori dei coefficienti usati sono G = 2.5, C1 = 6, C2 = 7.5 ed L = 1.

Il risultato dell'EVI è un'immagine in cui i valori generalmente variano da -1 a 1, la vegetazione sana è tipicamente indicata fra valori tra 0.20 e 0.80.

3.2.5.6 DVI

Il Difference Vegetation Index (DVI), calcolato con la seguente formula,

$$DVI = NIR - Red$$

è forse il più semplice degli indici vegetativi. Sensibile alla quantità di vegetazione, distingue tra suolo e vegetazione, ma non gestisce la differenza tra riflettanza e splendore causati dall'atmosfera o ombre. Anche in questo caso, lo 0 indica terra nuda, valori negativi rappresentano l'acqua, al contrario quelli positivi indicano la presenza di vegetazione.

3.2.5.7 RVI

La Ratio Vegetation Index (RVI), conosciuta anche come Simple Ratio (SR), si basa sul principio secondo cui le foglie assorbono relativamente più rosso della luce infrarossa; RVI può essere espresso matematicamente come:

$$RVI = \frac{R}{NIR},$$

dove NIR è la riflettanza della banda del vicino infrarosso ed è la riflettanza della banda rossa. Secondo le caratteristiche spettrali della vegetazione, le piante cespugliose hanno una bassa riflettanza sulla banda rossa e hanno mostrato un'elevata correlazione con LAI, materia di biomassa secca fogliare (LDBM) e contenuto di clorofilla delle foglie. L'RVI è ampiamente utilizzato per le stime e il monitoraggio della biomassa verde, in particolare, a copertura della vegetazione ad alta densità, poiché questo indice è molto sensibile alla vegetazione e ha una buona correlazione con la biomassa vegetale. Tuttavia, quando la copertura vegetale è scarsa (meno del 50% di copertura), l'RVI è sensibile agli effetti atmosferici e la loro rappresentazione della biomassa è debole. Se la banda rossa R e quella NIR hanno riflettanze simili, allora RVI è circa 1, cioè hanno un valore che generalmente indica la terra nuda; con l'aumentare della vegetazione verde in un dato pixel, il valore RIV cresce. È importante notare che tale valore può aumentare molto dall'1 di partenza, tant'è che normalmente si incontrano numeri intorno al 30. Si hanno in particolare valori tra 0 e 1 per i suoli e tra 6 e 10 per la vegetazione verde.

3.2.5.8 NDMI

Il Normalized Difference Moisture Index (NDMI) è sensibile ai livelli di umidità della vegetazione. Si usa per monitorare i periodi di siccità e i livelli di combustibile nelle zone a rischio incendi. Fa uso delle bande NIR e SWIR per creare un rapporto ideato per mitigare gli effetti di illuminazione e atmosfera.

$$NDMI = (NIR - SWIR1) / (NIR + SWIR1)$$

dove NIR rappresenta i valori dei pixel della banda infrarossa, e SWIR1 è il valore dei pixel dall'infrarosso a bassa frequenza band 1. Per questo indice l'interpretazione avviene come segue:

- -1 – -0.8 Suolo nudo
- -0.8 – -0.6 Copertura vegetale quasi assente
- -0.6 – -0.4 Copertura vegetale molto bassa
- -0.4 – -0.2 Copertura vegetale bassa con stress idrico alto o copertura vegetale molto bassa con stress idrico basso
- -0.2 – 0 Copertura vegetale medio-bassa con stress idrico alto o copertura vegetale bassa con stress idrico basso

- 0 – 0.2 Copertura vegetale media con stress idrico alto o copertura vegetale medio-bassa con stress idrico basso
- 0.2 – 0.4 Copertura vegetale alta e no stress idrico
- 0.6 – 0.8 Copertura vegetale molto alta e no stress idrico
- 0.8 – 1 Copertura vegetale totale e no stress idrico o ristagni o nuvole

3.2.6 Immagini SAR

Al contrario di Sentinel 2, che fornisce immagini ottiche in modalità passiva, Sentinel 1 è uno strumento attivo Radar ad apertura sintetica (SAR), in grado di raccogliere informazioni anche in presenza di copertura nuvolosa. Le caratteristiche del dato raccolto sono però molto diverse e non sono presenti su Sentinel 1 degli indici vegetazionali al pari di Sentinel 2, per questo motivo sono stati raccolti i valori σ_0 in entrambe le polarizzazioni VV e VH.

3.2.6.1 Sentinel 1

- Centro di frequenza: 5.405 GHz (corrisponde a una lunghezza d'onda di ~ 5.5465763 cm)
 - Larghezza della banda: 0-100 MHz (programmabile)
 - Polarizzazione: HH+HV, VV+VH, VV, HH
 - Range angolo di incidenza: 20° - 46°
 - Direzione di vista: destra
 - Tipo di antenna: Slotted waveguide radiators
 - Dimensione antenna: 12.3 m x 0.821 m
 - Massa antenna: 880 kg (rappresenta il 40% della massa totale di lancio)
 - Larghezza di azimut del raggio: 0.23°
 - Range di azimut del raggio: da -0.9° a $+0.9^\circ$
 - Larghezza del raggio in elevazione: 3.43°
 - Range di elevazione del raggio: da -13.0° a $+12.3^\circ$
 - Assetto della guida: Zero-Doppler steering and roll steering
-
- Range massimo larghezza banda: 100 MHz
 - PRF (Pulse Repetition Frequency): 1 000 - 3 000 Hz (programmabile)
 - Compressione dei dati: FDBAQ (Flexible Dynamic Block Adaptive Quantization)
 - ADC frequenza di campionamento: 300 MHz (real sampling)

Processing dei dati Sentinel 1

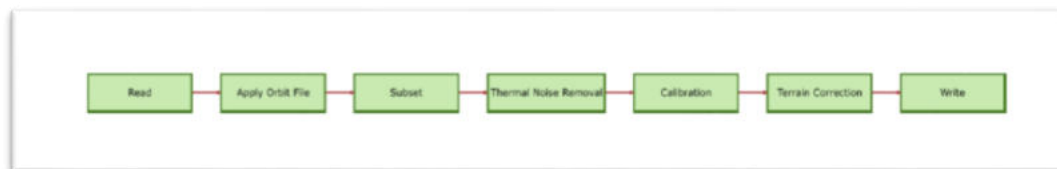


FIGURA 12 PROCESSING DEI DATI SENTINEL 1

La Fig. 12 mostra la catena di preprocessing in SNAP (via Python) per entrambe le polarizzazioni di un prodotto S1. Il prodotto in uscita contiene il radar backscattering per entrambe le polarizzazioni, dopo correzione geometrica e ortorettificazione.

La procedura ha richiesto diversi step:

Read: lettura immagine originale in formato GRD

Apply Orbit File: permette di sincronizzare meglio l'orbita per una maggiore precisione del dato

Subset: ritaglio delle aree pilota per ridurre il calcolo degli indici alle zone di interesse

Thermal Noise Removal: rimozione del rumore termico, più forte nel canale VH

Calibration: fornisce valori di pixel correlati al radar backscatter

Speckle filter: riduce l'effetto sale e pepe della scena

Terrain Correction: georeferenziazione della scena in wgs84 con risoluzione 10 metri con valori in dB.

Write: scrittura dell'immagine raster per le polarizzazioni VV, VH e VV-VH

Sigma e Backscatter

Sigma: è la misura convenzionale della forza di un segnale radar riflesso da un oggetto geometrico (naturale o artificiale), come ad esempio un riflettore prismatico. Sigma specifica la forza di riflessione in termini della sezione geometrica di una sfera conduttrice che dà origine allo stesso livello di riflettanza (es. metri quadrati).

Backscatter: è la porzione di segnale radar in uscita che l'obiettivo (target) riflette direttamente indietro, all'antenna del radar stesso. Backscattering è il processo di formazione del backscatter, ed è il principio di base del funzionamento dei radar. La sezione trasversale di scattering nella direzione

verso il radar è chiamata sezione trasversale di backscattering; generalmente viene usato il simbolo sigma come notazione. È una misura della forza riflettente di un obiettivo (target) radar. La misura normalizzata del ritorno del radar da un target distribuito è chiamata coefficiente di retrodiffusione (backscatter coefficient), o sigma zero (σ_0 , oppure σ_0), ed è indicata per unità di area sul terreno (es. metri quadrati). Se il segnale formato da backscatter è indesiderato, si chiama disordine (clutter). Altre parti dell'energia del radar incidente possono essere riflesse, disperse (non riflesse al radar stesso), o assorbite. σ_0 può essere espresso in forma lineare o dB (decibel), noi per questo progetto abbiamo fatto riferimento al formato dB. Per convertire il dato dalla forma lineare ai dB si usa la seguente formula:

$$\sigma_0 \text{ (dB)} = 10 \log_{10} (\sigma_0)$$

3.2.7 Immagini Radar e vegetazione

Quando i segnali radar interagiscono con le superfici del terreno, possono essere riflessi, dispersi, assorbiti o trasmessi (e rifratti). La riflessione è spesso dovuta all'elevata costante dielettrica di un materiale, che di solito significa un elevato contenuto di acqua. Ma anche le superfici molto lisce incoraggiano la riflessione. Se la superficie dell'immagine è un lago calmo, ad esempio, il radar in arrivo verrà riflesso secondo la legge di Snell, ovvero con lo stesso angolo dell'angolo di incidenza. Basti pensare al riflesso del Sole al tramonto. Tali riflessi restituiscono al satellite una potenza del segnale molto ridotta, causando una regione scura su un'immagine. I riflessi possono, tuttavia, rimbalzare di nuovo da altri oggetti e quindi essere re-indirizzati nuovamente verso il satellite, con conseguente segnale di ritorno più forte. Questo processo è chiamato scattering volumetrico (in contrasto con lo scattering di superficie). Succede spesso nel caso della vegetazione, dove le foglie (ad alto contenuto d'acqua)

riflettono i segnali radar che colpiscono più foglie e rami "bagnati", e così via fino a quando i segnali escono dalla vegetazione. Una percentuale del radar in arrivo è quindi volumetricamente riflessa al satellite, dando alla vegetazione una firma più luminosa del lago liscio. In passato alcuni interpreti di immagini SAR hanno erroneamente creduto che i segnali radar avessero penetrato la vegetazione e interagito con la geologia sottostante. Ciò sarebbe possibile solo nel caso di vegetazione fosse molto secca, che quindi non riflette, e se l'altezza della vegetazione fosse piccola in rapporto alla lunghezza d'onda del segnale. Si noti che anche se la copertura vegetale cresce ad un'altezza costante (ad esempio, se tutti gli alberi in una foresta sono relativamente alla stessa altezza), tuttavia, il ritorno del radar dalle cime degli alberi imiterà le ondulazioni della topografia sottostante (si pensi al caso di un bosco in collina).

Quindi superfici diverse sono caratterizzate da diversi livelli di backscatter:

- aree urbane: backscatter molto forte
- foreste: backscatter intermedio

- acque calme, superfici lisce: backscatter basso
- mare mosso: backscatter aumentato a causa di vento e correnti

Il coefficiente di retrodiffusione σ_0 offre informazioni sulla superficie studiata per:

- osservazione radar (frequenza f , polarizzazione p e angolo di incidenza)
- superficie (ruvidità, forme geometriche, caratteristiche dielettriche - umidità)

Interpretazione

Per una corretta interpretazione delle immagini prodotte bisogna tener conto di alcuni elementi: tono e speckle.

Tono: come già detto, diverse superfici sono caratterizzate da diverso coefficiente di retrodiffusione, di conseguenza producono diverse gradazioni di grigio sull'immagine.

Speckle: letteralmente "macchiolina". Quella che più appare come una sgranatura dovuta alla bassa risoluzione di un'immagine è in realtà una diretta conseguenza di quanta varietà può esservi all'interno di una stessa superficie. Due celle di risoluzione adiacenti possono avere un coefficiente di retrodiffusione diverso, dando origine a diversi livelli di grigio nell'immagine, anche se riferite allo stesso materiale o elemento. Queste variazioni creano la texture a macchiette tipica delle immagini radar

Questo è un fenomeno dovuto al sistema e non a variazioni spaziali della riflettanza media della superficie interessata dall'azione del radar. Nei radar ad alta risoluzione si possono individuare casi in cui l'effetto speckle è sostituito da effetti che creano altre particolari texture. Un esempio perfetto sono le foreste che, combinando l'illuminazione radar e le ombreggiature degli alberi, danno vita a una trama più ruvida e granulosa. In questo caso c'è una variazione spaziale che influenza la riflettanza fisica della zona. Nelle immagini radar si distinguono quindi due zone: quelle "senza texture", target omogeneo caratterizzati da un semplice effetto speckle; e quelle "con texture", in cui variazioni spaziali si aggiungono all'effetto speckle.

Questo effetto può essere ridotto in due modi: SAR image multi-look processing, con cui si fa la media dei diversi valori ottenuti per appianare e omogeneizzare i livelli di grigio di uno stesso elemento; oppure con filtri, tra cui la funzione finestra (anche conosciuta come rete di pesatura o funzione di tapering). Si tratta di una funzione che vale zero al di fuori di un certo intervallo, quindi nel caso delle immagini radar cambia l'intensità del pixel centrale in base all'intensità di tutti i pixel contenuti nella "finestra". Bisogna però fare attenzione al fatto che, in entrambi i casi, l'effetto speckle viene ridotto a scapito della risoluzione spaziale.

Se consideriamo una vasta area caratterizzata da coefficiente di retrodiffusione σ_0 e variabilità spaziale, l'effetto speckle riduce la capacità di scindere e riconoscere le diverse destinazioni del suolo in base a radiometria e texture. Per questo è importante aumentare la capacità di scissione, ma con la minima perdita di informazioni possibile. Basti pensare al caso di campi coltivati, in cui è fondamentale mantenere la definizione dei contorni dei vari campi. Per questo si usa l'interpolazione e filtri più complessi che tengono conto di ipotesi sul rumore statico.

Invio risultati

Il calcolo degli indici vegetazionali e dei valori σ_0 nelle diverse polarizzazioni è stato inviato ad un servizio appositamente realizzato da Famosa che accetta i dati nel seguente formato json:

```
{  
  "longitude": longitudine del centroide della rilevazione  
  "latitude": latitudine del centroide della rilevazione  
  "plantId": l'identificativo dell'impianto  
  "plantName": il nome dell'impianto  
  "date": la data dell'acquisizione dell'immagine  
  "time": l'ora dell'acquisizione dell'immagine  
  "valueType": la tipologia di valore inviato, indice vegetazionale o  $\sigma_0$  sar  
  "value": il valore numerico dell'indice o  $\sigma_0$   
  "geomText": le coordinate del punto in formato Well-known text (WKT), es:  
  POINT (12.2 45.1)  
  "test": vero o false, rappresenta se si tratta di un invio di test o ufficiale  
}
```

3.2.8 conclusioni: [monitoraggio delle immagini da satellite](#)

Negli ultimi anni l'acquisizione delle immagini da satellite ha fatto dei veri passi da gigante, solo negli ultimi 5 anni si è passati da un refresh di 15 giorni ad un refresh di 3 o 4 giorni. Le risoluzioni spaziali delle immagini hanno raggiunto valori di interesse per il mondo agricolo, ancora un po' alte per le arboree, ma molto interessanti per le estensive. Tuttavia visto che le immagini sono gratuite, possono essere acquisite con una buona frequenza, avere informazioni sulla distribuzione della vigoria dell'impianto, nei prossimi anni sarà un valore aggiunto nella gestione dei frutteti.

Il punto da indagare nei prossimi anni, come per le immagini acquisite da drone, è l'effetto della rete antinsetto o antigrandine sul dato. Dai risultati ottenuti si evidenzia una riduzione del valore dell'NDVI rispetto agli impianti non coperti da rete. L'effetto è diverso a seconda del colore della rete, ma probabilmente una calibrazione del dato potrebbe in qualche modo supplire a tale effetto.

Nel grafico di figura 12 possiamo osservare come l'indice NDVI decresca, a partire dal mese di Aprile, nel momento in cui la rete va a coprire la vegetazione.

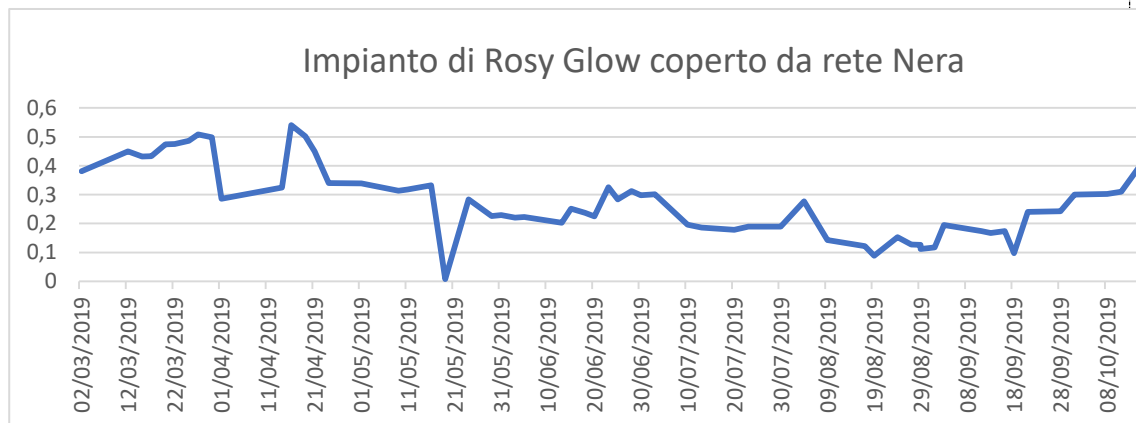


FIGURA 12 - ANDAMENTO DELL'INDICE NDVI NEL CASO DI IMPIANTO COPERTO DA RETE NERA

La cosa invece cambia nel caso di un impianto scoperto (azienda B) , come si evince dalla figura 13 e 14 l'indice NDVI ha una crescita fino a fine agosto per poi iniziare il processo di senescenza della foglia.



FIGURA 13 AZIENDA B/

Tabella 2. Caratteristiche dei frutteti oggetto di sperimentazione: azienda, varietà, tipo di concimazione, anno di impianto, sesto di impianto e portinnesto (P.I.).

AZIENDA	CULTIVAR	TRT	ANNO IMPIANTO	SESTO (m)	P.I.
	September Yummy	minerale	2015	4 x 1,50	GF677
	September Yummy	letame	2015	4 x 1,50	GF677
	Faralia	minerale	2014	4,80 x 2,50	Mir29C
	Faralia	letame	2014	4,80 x 2,50	Mir29C
	Dori	minerale	2016	4,5 x 2	Autoradicato
	Faralia	minerale	2011	4 x 1,50	Mir29C
	Faralia	compost	2011	4 x 1,50	Mir29C
	Hayward	minerale	/	4,5 x 2	Autoradicato
	Hayward	compost	/	4,5 x 2	Autoradicato
	Romagna Red	minerale	2012	3,5 x 1,2	Ishtara
	Romagna Red	compost	2012	3,5 x 1,2	Ishtara
	Rosy Glow	minerale	2012	3,5 x 1	M9
	Rosy Glow	compost	2012	3,5 x 1	M9
	Abate	minerale	2001	3,9 x 2,2	Autoradicato
	Abate	compost	2001	3,9 x 2,2	Autoradicato
	Hayward	minerale	2008	5 x 2	Talea
	Soreli	minerale	2009	4,5 x 1,5	Meristema
	September Yummy	minerale	2017	3,8 x 1,4	Mir29C
	Abate	minerale	2009	3,2 x 0,5	Cotogno
	Dori	minerale	2017	4,5 x 2	Hayward
	Dori	compost	2017	4,5 x 2	Hayward
	Hayward	minerale	2016	5 x 2	Autoradicato
	Hayward	compost	2016	5 x 2	Autoradicato
	September Yummy	minerale	2013	4,2 x 1,5	Mirabolano
	September Yummy	compost	2013	4,2 x 1,5	Mirabolano
	Romagna Red	minerale	2012	4,3 x 3	Adesoto
	Romagna Red	compost	2012	4,3 x 3	Adesoto
	Abate	minerale	2013	4,30 x 1,10	BA29
	Abate	compost	2013	4,30 x 1,10	BA29
	Rosy Glow	minerale	2013	4 x 1,25	M9
	Rosy Glow	compost	2013	4 x 1,25	M9

Ogni frutteto è stato diviso in due parti (parcelloni), una concimata con fertilizzanti minerali, l'altra con ammendante (compost o letame). In ciascuna delle due parti sono state identificate 3 parcelle (repliche), da dove sono stati eseguiti i prelievi di suolo e di foglie. In ogni azienda sono stati installati sensori di umidità del suolo (a 20 e 50 cm di profondità), temperatura dell'aria,

temperatura del suolo (a 20 cm di profondità), umidità dell'aria. In 7 frutteti sono stati installati sensori di conducibilità elettrica della soluzione del terreno, al fine di valutare l'eventuale correlazione tra la presenza di specie ioniche nella soluzione e la conducibilità elettrica. A ottobre 2018, è stato prelevato un campione di suolo per la determinazione della sostanza organica (S.O.) e dell'azoto (N) totale. Nel corso del progetto sono stati periodicamente prelevati dei campioni di suolo alla profondità di 5-40 cm sui quali è stata determinata la concentrazione di azoto nitrico (N-NO₃⁻) e ammoniacale (N-NH₄⁺) che insieme formano l'N minerale (N_{min}) e delle specie ioniche in soluzione previa estrazione con CaCl₂, 10 mM.

A maggio, agosto e novembre da ogni frutto sono stati prelevati 3 campioni di foglie per la determinazione della concentrazione di macro e micronutrienti.

3.2.9.2 Calcolo delle soglie minime e massime

Durante tutta la stagione, per ogni cultivar sono state calcolate delle soglie minime e massime di concentrazione di N, a cui corrisponde una disponibilità ottimale dell'elemento nelle diverse fasi fenologiche. Per il calcolo sono state considerate le asportazioni annuali in kg/ha (Tabella 3) di N per le colture prese in esame e sono state ripartite nelle diverse fasi fenologiche in base alla cinetica di assorbimento della pianta. Tale cinetica prevede un'asportazione di circa il 25% in fase di allegagione, di circa il 50-60% (a seconda della varietà) da 40-50 giorni dall'allegagione fino alla raccolta e di circa il 15-25% in post-raccolta. Sulla base delle esigenze dell'albero e della cinetica di assorbimento si è stimata la dotazione ottimale di N_{min} nel suolo per ciascuna varietà oggetto di studio. Per valutare il volume di suolo esplorato dall'apparato radicale, per ogni portinnesto è stata attribuita una superficie e una profondità in base alla vigoria del portinnesto. In questo modo è stato calcolato il volume di suolo poi moltiplicato per un peso specifico medio di 1,4 t m⁻³. È stato così possibile ricavare la massa di terreno che contiene nutrienti disponibili per la pianta (Tabella 7). Moltiplicando la concentrazione di N per la massa di terreno è stato possibile calcolare la quantità di N disponibile presente in quel momento nel frutteto. Nonostante la densità radicale non sia la stessa per tutti i portinnesti, si è ritenuto di trascurare questo aspetto, sia perché non ci sono dati attendibili in letteratura per differenziare questo parametro e sia perché, considerando la mobilità dello ione nitrico e la capacità di esplorazione, si è ritenuta la radice in grado di utilizzare completamente le risorse del suolo. 4

Le quantità di nutrienti rilevati nei frutteti esaminati sono successivamente state confrontate con i livelli soglia ottimali stabiliti in precedenza ai fini di verificare l'eventuale presenza di eccessi o carenze.

Tabella 3. Stima del volume di suolo esplorato dai diversi portinnesti, superficie occupata e calcolo della massa di terreno a contatto con le radici

Cultivar-Azienda	Sesto (m)	Portinnesto	Profondità (m)	Superficie (frazione di ha)*	Massa Terreno (t ha-1)
September Yummy-1	4 x 1,50	GF677	0,75	1/2	5250
Faralia-2	4,80 x 2,50	Mirabolano 29C	0,80	2/5	4480
Dori-3	4,5 x 2	Autoradicato	0,70	2/5	3920
Faralia-4	4 x 1,50	Mirabolano 29C	0,80	1/2	5600
Hayward-5	4,5 x 2	Autoradicato	0,70	2/5	3920
Romagna Red-6	3,5 x 1,2	Ishtara	0,60	1/2	4200
Rosy Glow-7	3,5 x 1	M9	0,50	2/5	2800
Abate-8	3,9 x 2,2	Autoradicato	0,85	1/2	5950
Hayward-9	5 x 2	Autoradicato	0,70	2/5	3920
Soreli-10	4,5 x 1,5	Meristema	0,70	2/5	3920
September Yummy-11	3,8 x 1,4	Mirabolano 29C	0,80	1/2	5600
Abate-12	3,2 x 0,5	Cotogno	0,60	1/2	4200
Dori-13	4,5 x 2	Hayward	0,70	2/5	3920
Hayward-14	5 x 2	Autoradicato	0,70	2/5	3920
September Yummy-15	4,2 x 1,5	Mirabolano	0,80	2/5	4480
Romagna Red-16	4,3 x 3	Puebla adesoto	0,60	2/5	3360
Abate-17	4,30 x 1,10	BA29	0,60	2/5	3360
Rosy Glow-18	4 x 1,25	M9	0,50	1/3	2333

3.2.9.3 RISULTATI

3.2.9.3 Sostanza organica e N totale

Le aziende prescelte hanno dimostrato una concentrazione di S.O. del terreno piuttosto bassa, oscillando dallo 0,69% nella varietà Romagna Red dell'azienda al 3,27% nella varietà Dorì dell'azienda. Analogamente anche la concentrazione di carbonio (C) e N sono oscillate in maniera ampia. Quest'ultimo in particolare è risultato < 1‰ nella varietà Rosy Glow e > 2‰ in Dorì. (Tab. 3).

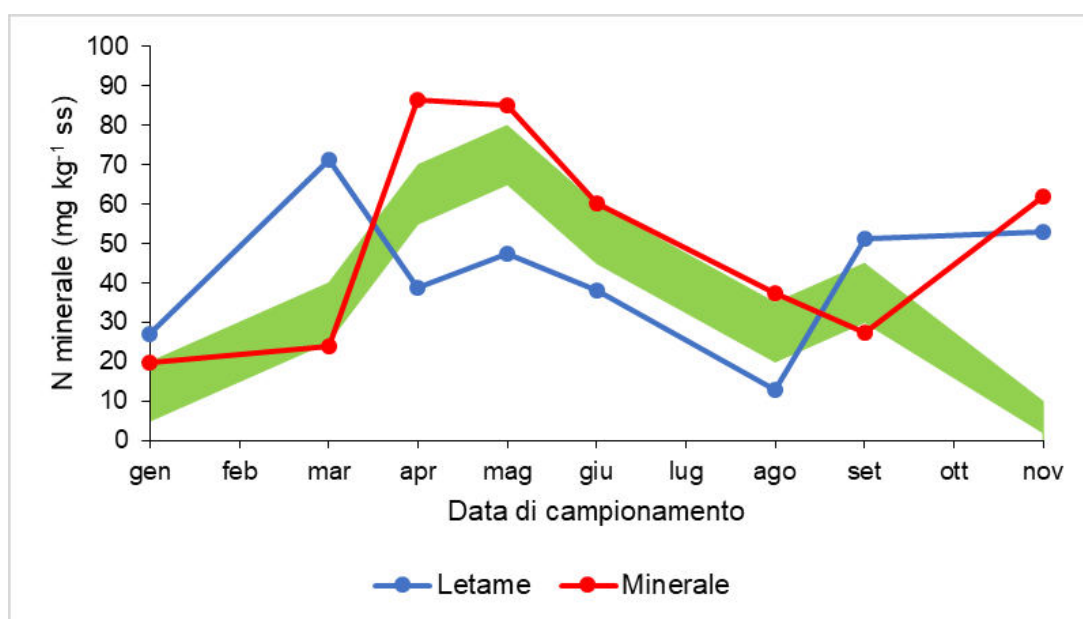
Tabella 3. Concentrazione di azoto totale, carbonio e sostanza organica nei diversi frutteti all'inizio dello studio (ottobre 2018).

Azienda	Varietà	N totale (%)	C (%)	S.O. (%)
	Faralia	0,106	1,13	1,95
	September Yummy	0,160	1,48	2,55
	Dorì	0,111	1,01	1,74
	Faralia	0,118	1,18	2,03
	Dorì	0,100	0,82	1,41
	Hayward	0,120	0,92	1,59
	Abate Fetel	0,092	1,00	1,72
	Romagna red	0,105	0,80	0,69
	Rosy Glow	0,097	0,75	1,30
	Hayward	0,131	1,37	2,37
	Soreli	0,125	1,23	2,12
	Abate Fetel	0,155	1,44	2,48
	Rosy Glow	0,178	1,32	2,28
	September Yummy	0,176	1,65	2,85
	Dorì	0,209	1,90	3,27
	Hayward	0,159	1,26	2,18
	Abate Fetel	0,172	1,40	2,41
	Romagna Red	0,123	0,91	1,57
	Rosy Glow	-	-	-

3.2.9.4 Monitoraggio dell'azoto nel suolo

Di seguito sono riportati i grafici, suddivisi per specie, in cui viene mostrato l'andamento delle concentrazioni di Nmin nel suolo nel corso della stagione vegetativa. La fascia verde rappresenta il range ottimale entro il quale dovrebbero rientrare le concentrazioni di Nmin del suolo nel corso delle diverse fasi fenologiche. In rosso sono rappresentati i valori relativi agli appezzamenti concimati con i fertilizzanti minerali e in blu quelli degli appezzamenti concimati con compost o letame.

TABELLA 3 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{MIN} (NO₃- E NH₄+) (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR FARALIA-BACCARINI.



3.2.9.5 Albicocco

In entrambe le aziende è stato osservato un andamento della disponibilità di N abbastanza coerente col range ritenuto ottimale (Fig. 1 e 2). Nella prima azienda in particolare, l'applicazione di concime minerale è stata fatta in maniera oculata seguendo i trend di richieste da parte dell'albero (Fig. 1), mentre la parcella con compost ha mostrato lievi deficit dal mese di aprile in poi, fino all'autunno dove la disponibilità è aumentata. Nell'ultimo rilievo della stagione sono stati rilevati valori superiori rispetto alle soglie ritenute ottimali (Fig. 1).

Figura 1. Range ottimale (area verde), andamento della disponibilità di N_{min} (NO₃- e NH₄+) (linea rossa e blu) nella cultivar Faralia-Baccarini. Nella seconda azienda, l'applicazione di compost ha indotto un aumento della disponibilità di N_{min} (oltre la soglia massima) in concomitanza con il picco primaverile di richieste da parte della pianta (Fig. 2), mentre la parcella minerale ha mostrato concentrazioni di azoto basse durante tutto il periodo estivo, con un picco di disponibilità solo nel mese di settembre.

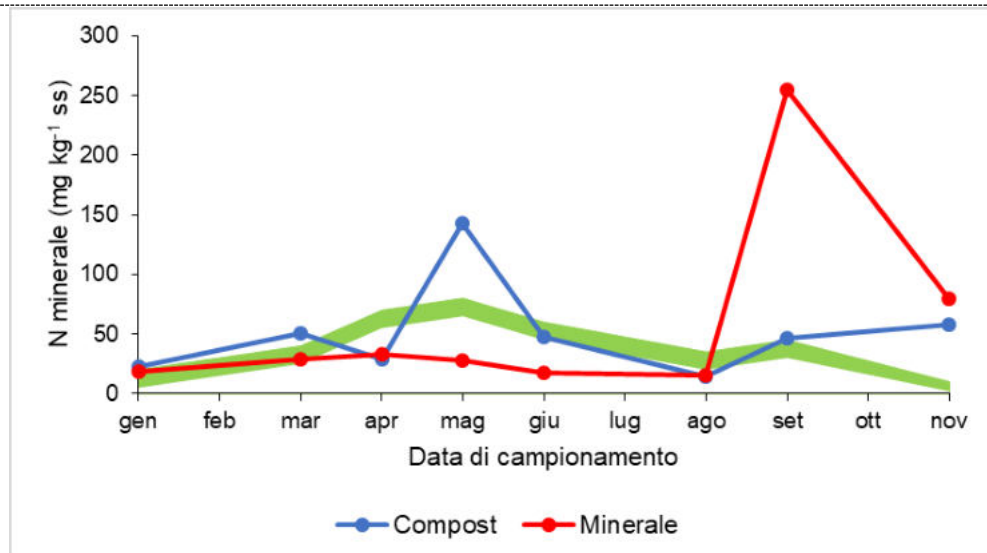


FIGURA 2 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{MIN} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR FARALIA-CAMPAZ.

3.2.9.6 Nettarine

Nell'azienda Donati sulla varietà Romagna Red (Fig. 3) è stato possibile osservare che, sia nel caso della concimazione minerale che con compost, le concentrazioni di N minerale nel terreno sono rimaste basse nei mesi primaverili-estivi, al di sotto delle richieste dell'albero; solo in corrispondenza dall'ultimo campionamento sono stati rilevati valori superiori alle soglie ottimali (Fig. 3).

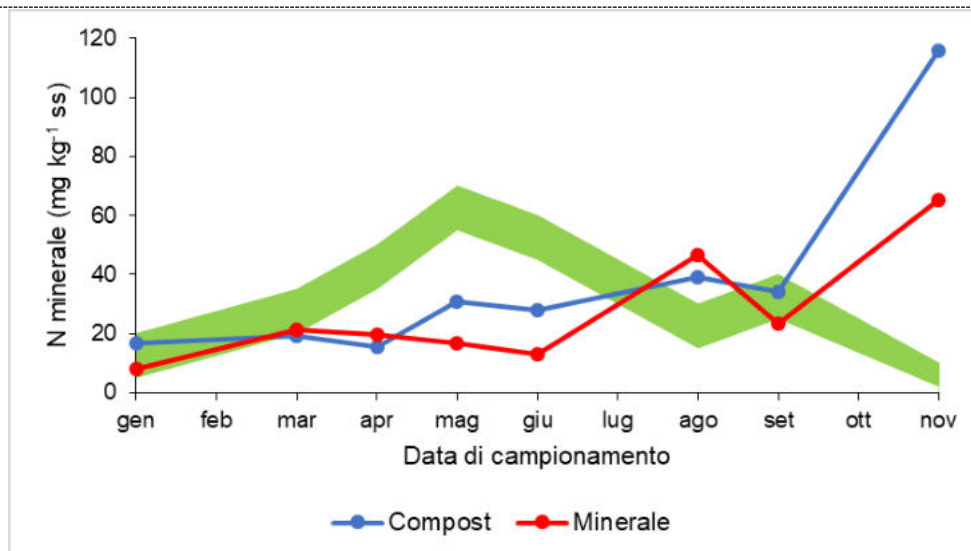


FIGURA 3 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ROMAGNA RED-1

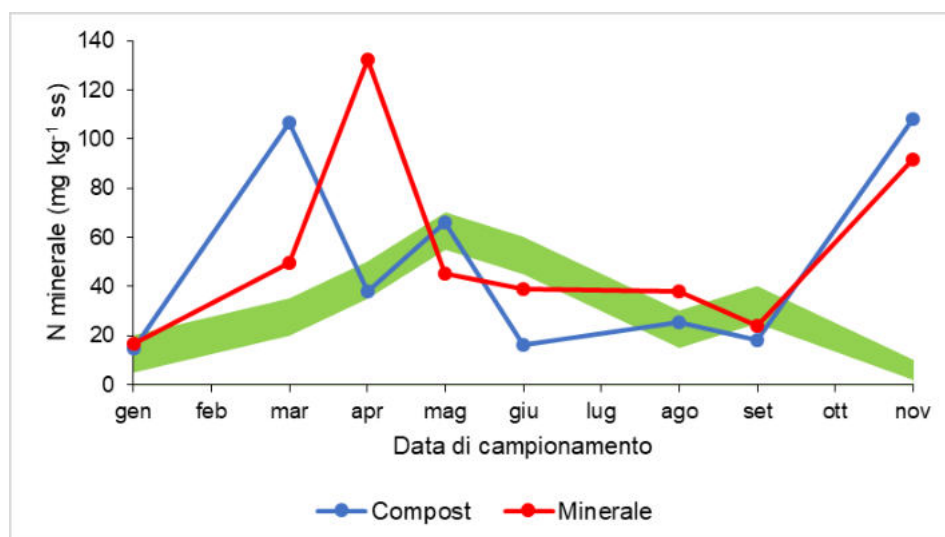


FIGURA 4 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ROMAGNA RED-1

3.2.9.7 Susino

La disponibilità di N_{min} nel frutteto di September Yummy dell'Az. B: soprattutto a seguito della concimazione minerale, è stata molto elevata durante le prime fasi della stagione vegetativa; a partire da fine aprile la disponibilità di N_{min} è poi tornata a valori vicini al range definito ottimale, con un forte aumento solo a fine settembre nelle parcelle concimate con letame (Fig. 5).

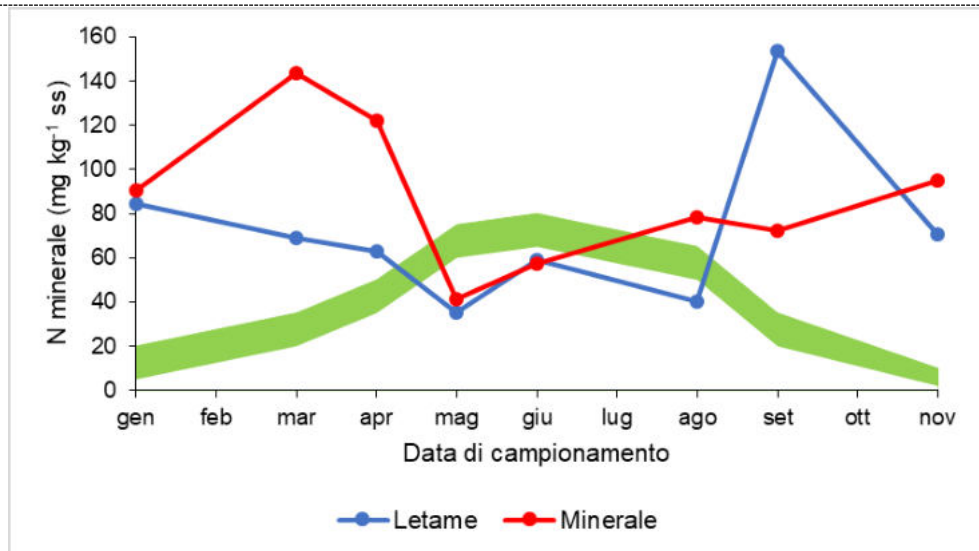


FIGURA 5 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR SEPTEMBER YUMMY-B.

Nell'azienda M. è stata effettuata solo la concimazione minerale, la quale ha consentito una disponibilità di N_{min} in linea con il fabbisogno della pianta tra maggio e luglio, mentre nel periodo primaverile e autunnale è stata sensibilmente superata la soglia massima ritenuta idonea per la varietà (Fig. 6).

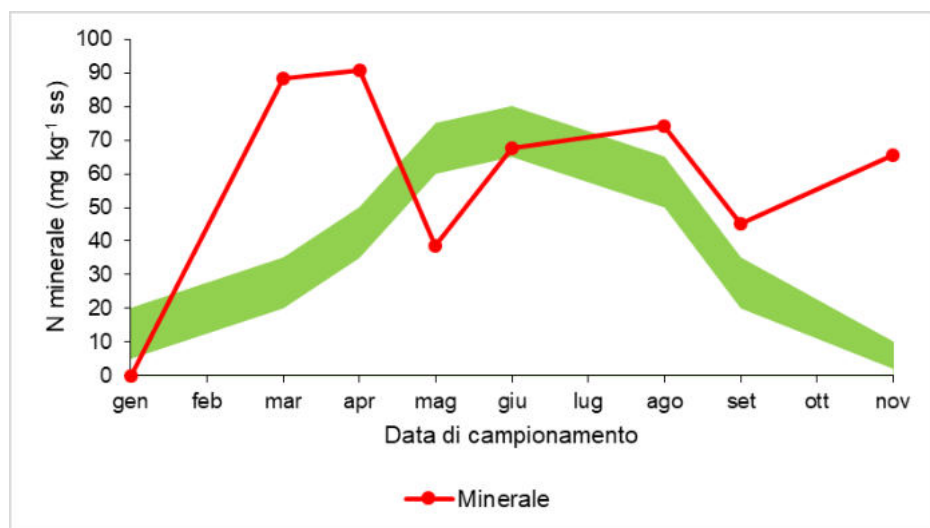


FIGURA 6 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA) NELLA CULTIVAR SEPTEMBER YUMMY-IV

Nell'azienda I. è stata evidenziata una disponibilità di N_{min} nel suolo superiore a seguito della somministrazione di compost rispetto al minerale, ma con un andamento simile fra le due strategie di concimazione (Fig. 7). Nel periodo primaverile, e in particolare nel campionamento di aprile, si sono evidenziati tenori di N_{min} nel suolo molto elevati rispetto ai fabbisogni della coltura.

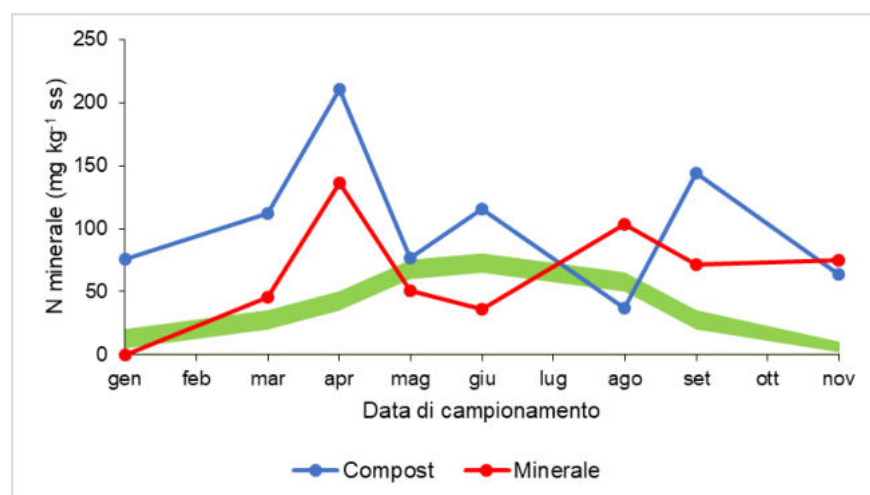


FIGURA 7 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR SEPTEMBER YUMMY-7

3.2.9.8 Pero

Nell'azienda D (Fig. 8) è stata osservata una disponibilità di N_{min} nel suolo nelle fasi iniziali del ciclo vegetativo nettamente più alta rispetto alle richieste della pianta nelle parcelle concimate con fertilizzanti minerali; l'applicazione di compost ha invece meglio assecondato le esigenze della pianta, seppure con un netto surplus di N_{min} , fino al rilievo di maggio, dopo il quale la disponibilità azotata è ulteriormente aumentata anche in queste parcelle ben oltre le richieste.

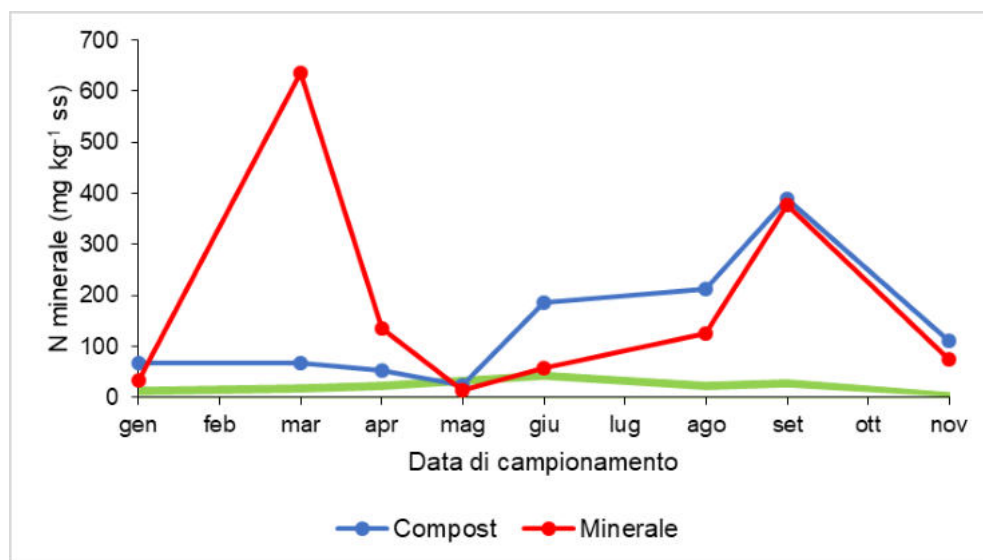


FIGURA 8 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{min} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ABATE-D

Nell'azienda M, in cui è stata effettuata solo la concimazione minerale, la disponibilità di N_{min} è risultata sempre molto elevata rispetto al range

ottimale e si è avvicinata al reale fabbisogno della coltura solo nel campionamento di giugno (Fig. 9).

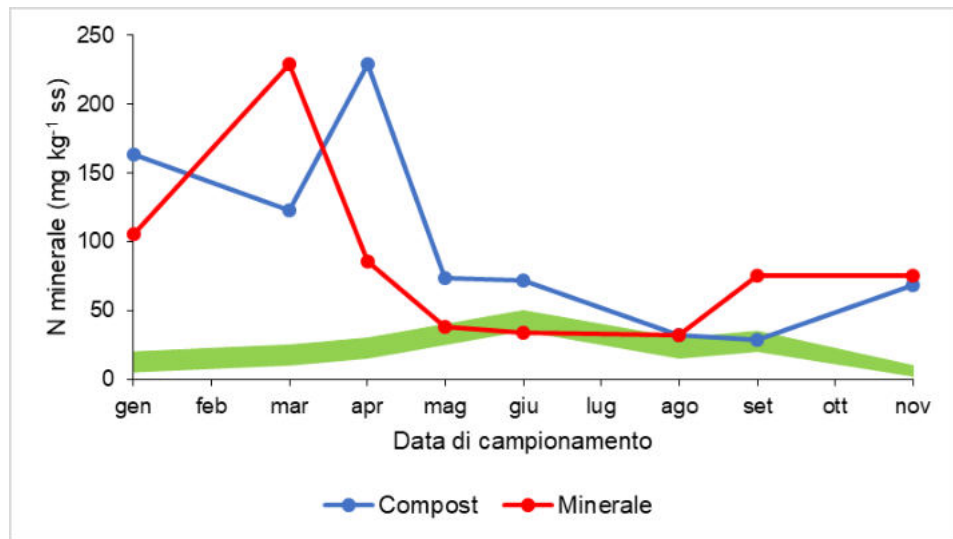


FIGURA 9 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ABATE-Z/

3.2.9.9 Melo

Nell'azienda Rosy Glow-D i sono stati osservati livelli di Nmin nel suolo che hanno seguito bene il trend ottimale per tutta la stagione, con un picco molto alto di disponibilità nella fase autunnale, sia nel caso del compost che in quello del minerale (Fig. 11).

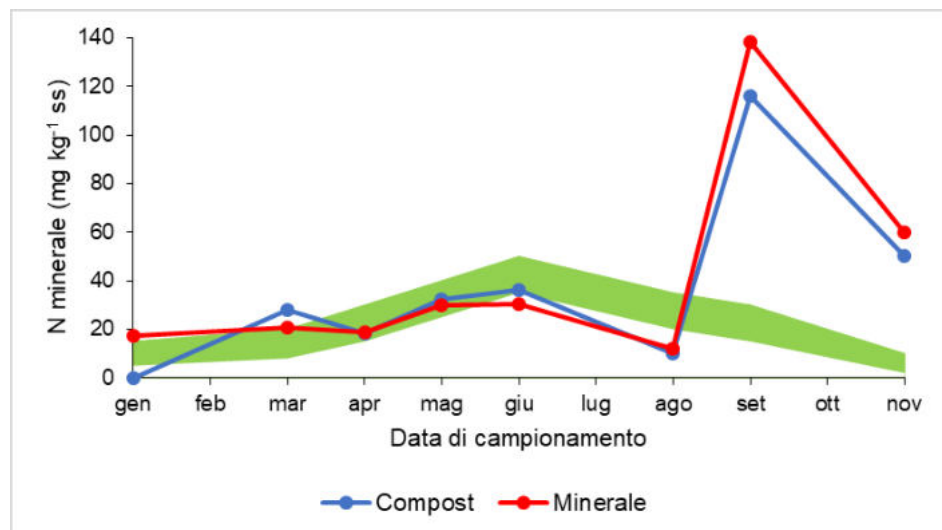


FIGURA 10 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ROSY GLOW-D

Nell'azienda Z. ..., invece, i livelli di N minerale nel terreno sono stati molto superiori alla soglia massima per quasi tutta la stagione, con maggiore disponibilità a seguito della concimazione con compost. La concimazione minerale da giugno in poi ha seguito meglio le richieste colturali, seppure sempre con un netto surplus (Fig. 12).

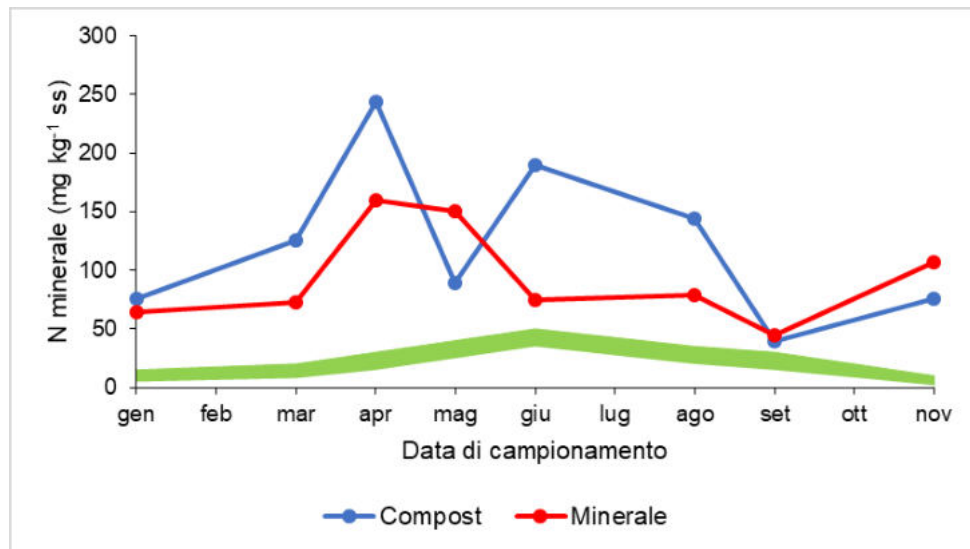


FIGURA 11 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR ROSY GLOW-Z.

3.2.9.10 Actinidia a polpa gialla

Nelle aziende ... è stata effettuata solo la concimazione minerale; nella prima le disponibilità di Nmin hanno evidenziato livelli che superano di gran lunga le esigenze della pianta, in particolare nei mesi estivi (Fig. 13). Nella seconda azienda (Fig. 14), invece, la disponibilità di Nmin ha seguito sufficientemente bene il fabbisogno colturale, pur rimanendo leggermente alta in alcune fasi.

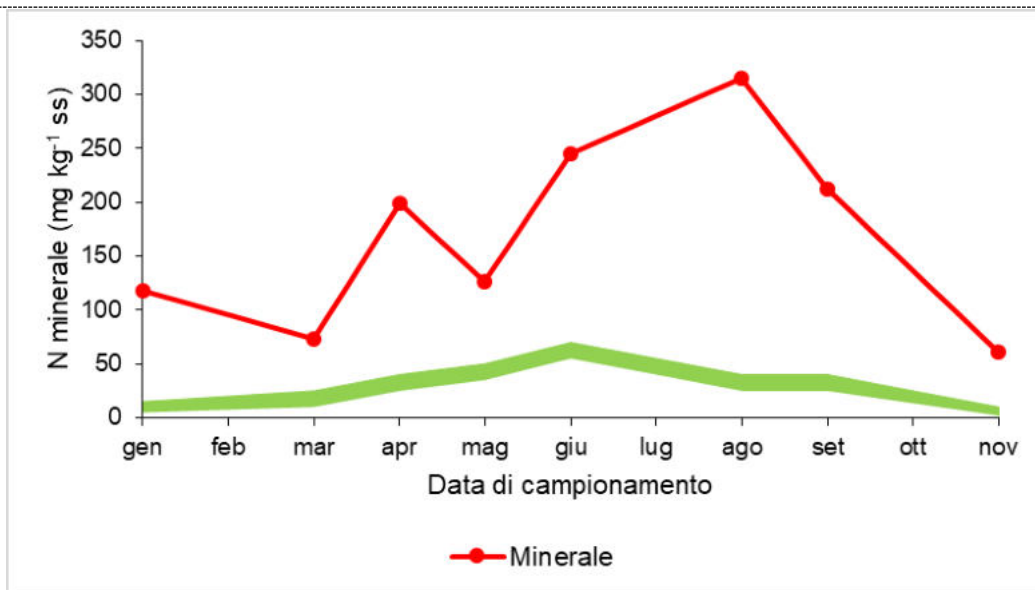


FIGURA 12 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA) NELLA CULTIVAR L

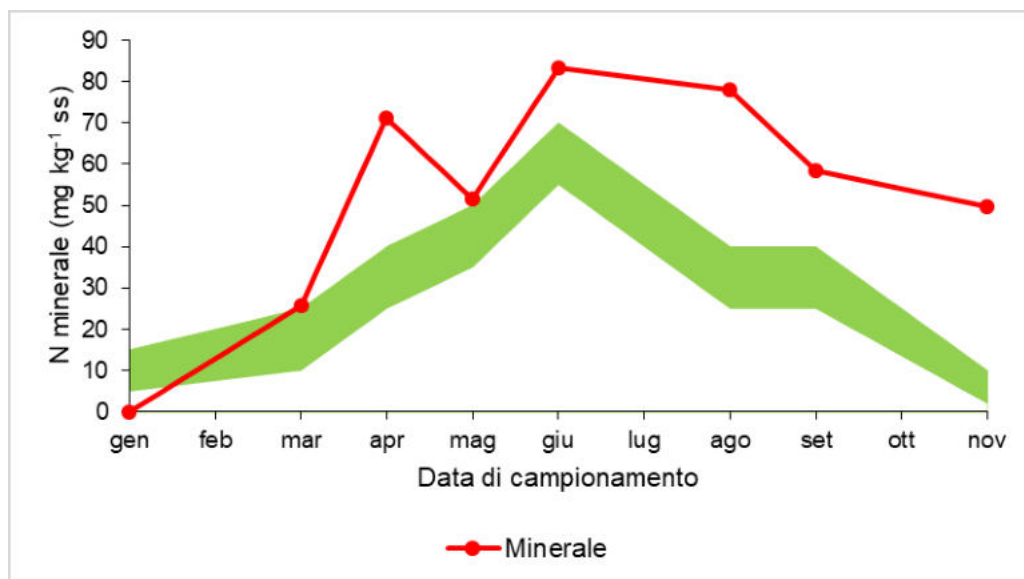


FIGURA 13 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA) NELLA CULTIVAR S

Nell'azienda D (Figura 15) sono stati osservati tre picchi molto alti di disponibilità di Nmin nel suolo, sia per la concimazione minerale che per il compost, sempre superiori rispetto alle richieste della pianta. Gli unici prelievi che hanno evidenziato valori prossimi al range ritenuto ottimale sono quelli di maggio e agosto.

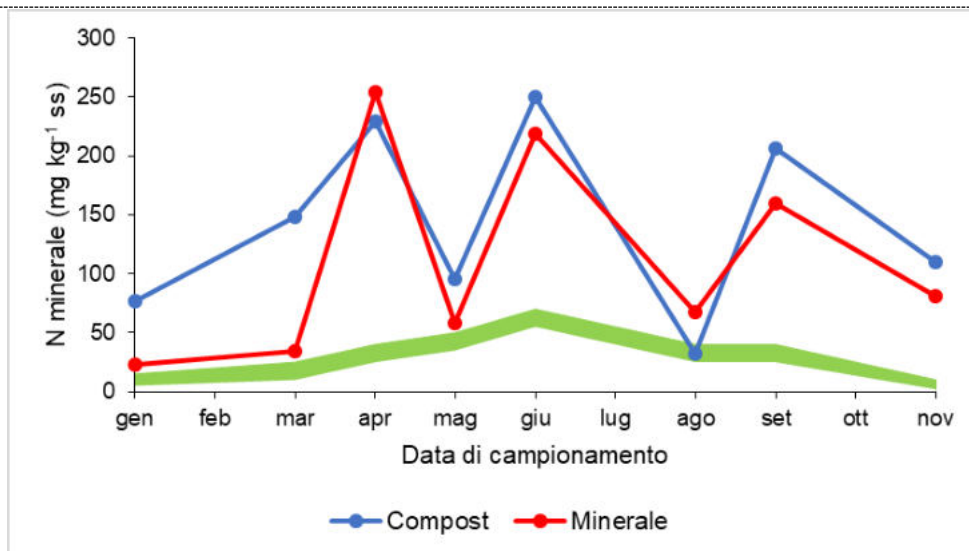


FIGURA 14 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR

3.2.9.11 Actinidia a polpa verde

Nell'azienda C' la concentrazione di Nmin nel suolo è risultata superiore alla soglia ritenuta ottimale fino al mese di giugno per entrambi i trattamenti; la parcella minerale ha mostrato valori più vicini ai fabbisogni colturali nella prima fase mentre la tesi con compost si è avvicinata di più alle soglie ottimali dal mese di giugno in poi (Fig. 16).

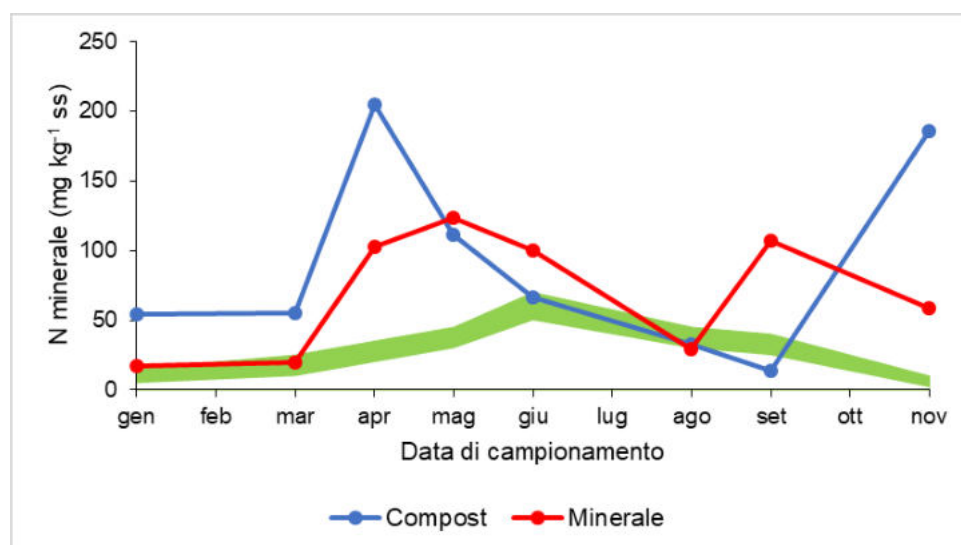


FIGURA 15 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI NMIN (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR HAYWARD-C.

Al contrario, nell'azienda F concimata solo con fertilizzante minerale, la disponibilità di Nmin ha avuto un picco primaverile e uno autunnale sopra la soglia massima, seguito successivamente, dal mese di giugno in poi, da valori coerenti con quelli ritenuti ottimali (Fig. 17).

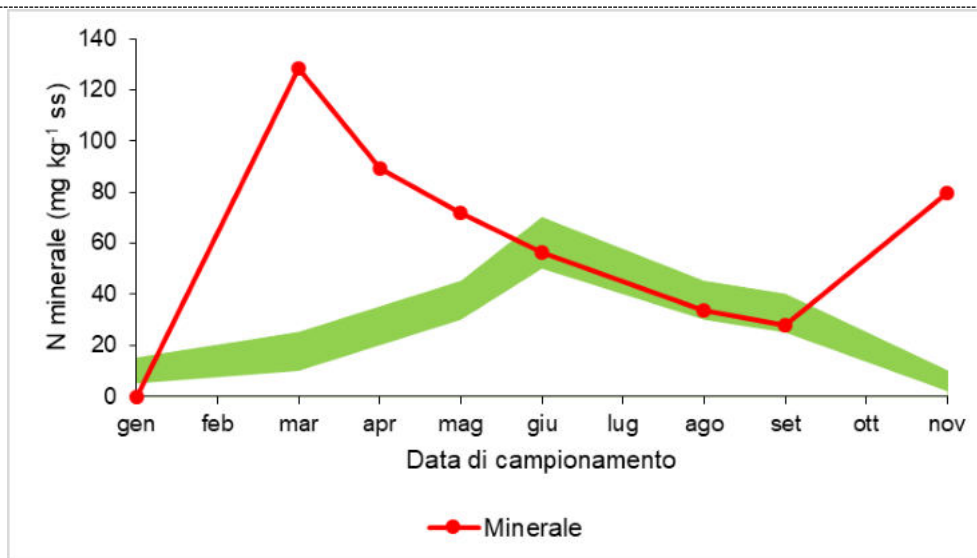


FIGURA 16 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{MIN} (LINEA ROSSA) NELLA CULTIVAR HAYWARD-F

Per quanto riguarda l'azienda Z è stato osservato un andamento altalenante con tre picchi di N_{min} nel suolo più alti nelle parcelle ammendate con compost. I valori, in entrambi i trattamenti, si sono mantenuti su livelli superiori alle reali esigenze della pianta, con picchi che talvolta hanno superato abbondantemente la soglia massima calcolata (Fig. 18).

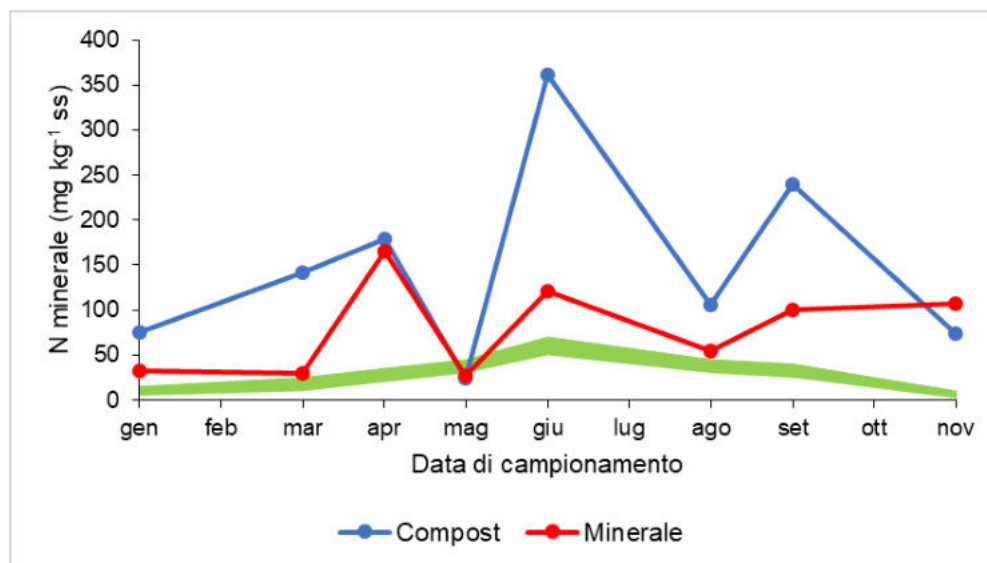


FIGURA 17 RANGE OTTIMALE (AREA VERDE), ANDAMENTO DELLA DISPONIBILITÀ DI N_{MIN} (LINEA ROSSA E BLU) NELLA CULTIVAR HAYWARD-Z

3.2.10 Correlazione tra conducibilità elettrica e azoto nel suolo

Di seguito viene riportata graficamente la correlazione emersa, nelle diverse date di campionamento dei suoli, tra la conducibilità elettrica rilevata dalla sonda e l' $N-NO_3^-$. Considerando tutti i valori rilevati nelle 6 date, la conducibilità elettrica misurata nel suolo è risultata positivamente correlata alla concentrazione di nitrato presente nel terreno (Fig. 19). Nel corso della prova, in corrispondenza di alcune date la correlazione è risultata molto buona, con valori di r (coefficiente di correlazione di Pearson) superiori a 0,8; nel dettaglio

aprile $r=0.854$ (***) e giugno $r=0.856$ (***). Nelle altre date la correlazione emersa è più bassa con valori di r attorno a 0,4 non statisticamente significativi.

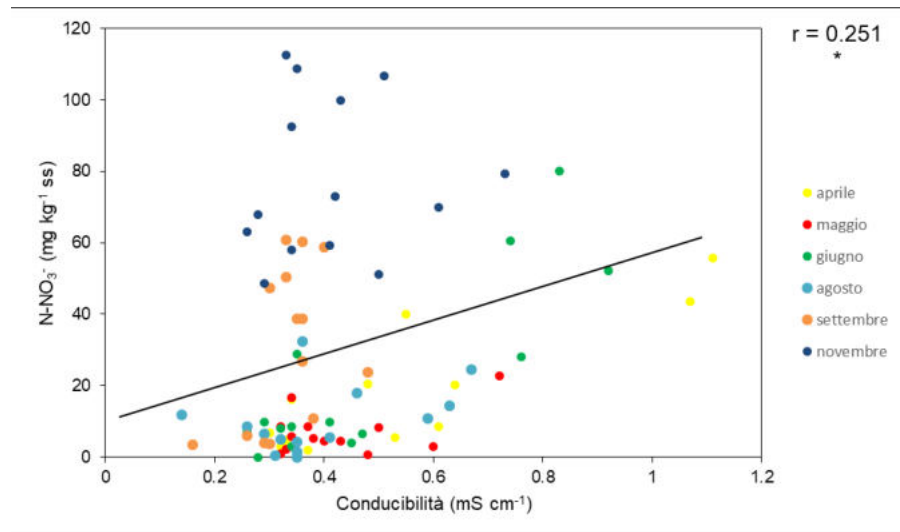


FIGURA 18 CORRELAZIONE TRA CONDUCEBILITÀ ELETTRICA DEL SUOLO RILEVATA CON LE SONDE E DISPONIBILITÀ DI N MINERALE NEL CORSO DELLA STAGIONE VEGETATIVA. R=COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE DI PEARSON; ***=STATISTICAMENTE SIGNIFICATIVO PER $P \leq 0.001$.

3.2.10.1 Monitoraggio dello stato nutrizionale delle piante

3.2.10.2 Monitoraggio degli ioni nella soluzione del suolo

Il lavoro di analisi della concentrazione dei principali ioni in soluzione, e quindi disponibili per le piante, risulta abbastanza innovativo e in bibliografia non sono presenti valori di riferimento per confrontare quelli ottenuti nella presente sperimentazione. La difficoltà nel confronto con valori trovati in bibliografia risente anche del fatto che la disponibilità degli ioni in soluzione, non solo dipende dal piano di concimazione dell'azienda, ma anche dalle caratteristiche pedoclimatiche dell'ambiente.

Dalle analisi fogliari è emerso come le piante si trovassero in uno stato nutrizionale ottimale, di conseguenza si può supporre che la disponibilità dei nutrienti nel suolo fosse adeguata per soddisfare le esigenze delle piante come dimostrato dalla assenza di correlazione fra la concentrazione di nutrienti nelle foglie e di ioni nella soluzione del suolo; questo perché evidentemente la disponibilità di nutrienti era tale da consentire all'albero di essere in condizioni di "consumo di lusso".

Il fosforo è stato misurato in soluzione solo nei prelievi di giugno e agosto e i valori più alti sono stati riscontrati nell'azienda Z₁ (Dori e Hayward). Fra i due rilievi di giugno e agosto è stato osservato un calo per B₁ (minerale), B₂ C₁ Hayward (minerale), D₁ Rosy Glow (compost), F₁ Hayward e S₁ M₁ September Yummy (minerale), Z₁ Abate; mentre nel suolo di Z₁ (Hayward e Soreli) sono stati misurati valori simili fra i due rilievi (Tab. 23). Tutte le altre

aziende hanno evidenziato un aumento della concentrazione di P fra il rilievo di giugno e quello di agosto (Tab. 23).

Tabella 23. Andamento della concentrazione di P (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
Faralia	letame		0	0	0	0.189	1.16	0	0
	minerale		0	0	0	0.846	0.130	0	0
September Yummy	letame		0	0	0	0.240	3.74	0	0
	minerale		0	0	0	1.24	1.46	0	0
Dori	minerale		0	0	0	1.10	0.657	0	0
Faralia	compost		0	0	0	0.162	0.080	0	0
	minerale		0	0	0	0.155	0.075	0	0
Hayward	compost		0	0	0	0.243	2.11	0	0
	minerale		0	0	0	2.33	0	0	0
Abate	compost		0	0	0	4.05	4.31	0	0
	minerale		0	0	0	0.752	1.58	0	0
Romagna Red	compost		0	0	0	0.127	0.214	0	0
	minerale		0	0	0	0.110	0.956	0	0
Rosy Glow	compost		0	0	0	0.507	0.189	0	0
	minerale		0	0	0	0.092	0.177	0	0
Hayward	minerale		0	0	0	0.234	0	0	0
Soreli	minerale		0	0	0	0.665	0.054	0	0
Abate	minerale		0	0	0	0.424	2.10	0	0
September Yummy	minerale		0	0	0	0.185	0.127	0	0
Dori	compost		0	0	0	16.0	15.6	0	0
	minerale		0	0	0	9.23	10.5	0	0
Hayward	compost		0	0	0	15.1	12.9	0	0
	minerale		0	0	0	12.6	13.4	0	0
Abate	compost		0	0	0	3.17	5.94	0	0
	minerale		0	0	0	4.24	2.40	0	0
Romagna Red	compost		0	0	0	1.81	1.96	0	0
	minerale		0	0	0	2.83	3.79	0	0
Rosy Glow	compost		0	0	0	2.24	3.47	0	0
	minerale		0	0	0	3.13	5.51	0	0

September Yummy	compost	0	0	0	0.570	1.34	0	0
	minerale	0	0	0	0.662	1.92	0	0

La concentrazione di K nella soluzione del suolo ha evidenziato valori compresi fra 22 e 870 mg kg⁻¹ ss con un andamento variabile in funzione della varietà e della gestione aziendale della concimazione (Tab. 24). I valori più alti sono stati misurati nell'azienda D i-Abate, Z \.-Dori e Hayward e Z \.-September Yummy e Romagna Red (minerale).

Tabella 24. Andamento della concentrazione di K (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
	Faralia	letame	84.6	88.4	140	72.5	34.5	237	12.6
		minerale	64.8	83.9	111	20.1	52.9	34.5	93.1
	September Yummy	letame	116	110	172	72.1	109	85.5	98.4
		minerale	212	164	173	37.3	66.4	62.8	44.1
	Dori	minerale	218	223	236	140	114	200	118
	Faralia	compost	69.2	55.2	26.9	27.5	24.3	41.6	39.5
		minerale	66.1	55.2	22.7	22.5	25.0	202	23.3
	Hayward	compost	170	281	354	150	110	151	76.7
		minerale	156	94.0	111	208	91.3	326	187
	Abate	compost	871	232	419	317	281	326	342
		minerale	240	135	315	268	156	446	307
	Romagna Red	compost	313	51.0	331	70.6	163	197	383
		minerale	556	58.4	77.7	41.6	111	155	71.0
	Rosy Glow	compost	176	168	255	362	111	304	127
		minerale	237	77.8	313	100	104	183	130
	Hayward	minerale	170	90.7	211	124	125	79.0	67.7
	Soreli	minerale	162	66.8	135	122	166	87.4	150
	Abate	minerale	531	189	191	228	151	222	244
	September Yummy	minerale	132	89.2	256	110	116	86.9	63.1
	Dori	compost	701	582	320	673	508	473	355
		minerale	201	213	184	384	308	273	46.7
	Hayward	compost	130	171	446	494	469	424	318
		minerale	178	239	228	432	435	409	160
	Abate	compost	221	283	366	407	295	386	407
		minerale	269	240	407	304	197	313	244
	Romagna Red	compost	412	97.1	211	116	380	435	387

	minerale	137	165	217	213	371	297	247
Rosy Glow	compost	282	256	199	398	327	434	260
	minerale	203	197	258	2.4	220	209	204
September Yummy	compost	568	297	256	233	389	549	176
	minerale	248	203	97.8	219	352	307	203

La concentrazione di Mg nella soluzione del suolo ha mostrato valori compresi fra 100 e 700 mg kg⁻¹ ss con i valori maggiori osservati nell'azienda C...-Hayward, Z...-Hayward Zani (compost) e M'...-Abate (Tab. 25). Nel corso della stagione vegetativa la concentrazione di Mg è rimasta costante, uniche eccezioni sono state l'az. C...-Hayward che ha evidenziato un calo iniziale, un aumento fra aprile e maggio, un successivo calo e un picco a novembre. Nell'azienda C...-Faralia sono stati misurati due cali a giugno e settembre, mentre da Z...-Hayward sono stati misurati due picchi uno ad aprile e agosto (Tab. 25).

Tabella 25. Andamento della concentrazione di Mg (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
Faralia	letame		184	152	206	144	179	167	146
	minerale		135	147	183	139	176	106	203
September Yummy	letame		229	183	271	186	185	125	175
	minerale		240	181	207	170	194	124	175
Dori	minerale		186	193	202	166	214	164	170
Faralia	compost		372	422	454	295	452	219	318
	minerale		440	378	387	410	409	281	295
Hayward	compost		458	356	602	574	510	291	724
	minerale		567	390	431	450	553	517	495
Abate	compost		158	217	211	143	185	206	153
	minerale		217	240	183	140	189	150	130
Romagna Red	compost		118	149	162	167	177	161	149
	minerale		122	149	150	123	213	124	147
Rosy Glow	compost		136	143	173	119	149	115	153
	minerale		136	144	162	101	142	150	129
Hayward	minerale		292	220	197	177	227	180	167
Soreli	minerale		193	195	186	223	171	201	191
Abate	minerale		670	447	513	380	377	299	306
September Yummy	minerale		307	309	404	226	301	161	233

Z	A.	Dori	compost	237	291	169	134	262	168	151
			minerale	137	360	178	180	323	313	155
	Hayward	compost	347	409	158	360	419	376	280	
		minerale	429	313	241	322	408	333	240	
Z	M.	Abate	compost	190	213	206	163	187	163	163
			minerale	188	180	255	155	188	154	148
	Romagna Red	compost	192	201	166	172	169	179	198	
		minerale	178	183	157	166	184	185	201	
	Rosy Glow	compost	214	216	191	160	204	149	219	
		minerale	230	208	234	176	196	185	168	
	September Yummy	compost	202	245	254	220	244	209	212	
		minerale	196	237	131	188	238	245	244	

Lo zolfo è stato rilevato nella soluzione del suolo a partire da giugno con concentrazioni variabili fra 3 e 150 mg kg⁻¹ ss e con punte fino a 4780 mg kg⁻¹ ss (Z -Dori). In quest'ultima azienda l'applicazione di compost ha indotto valori molto alti (sopra 3500 mg kg⁻¹ ss), mentre nel minerale, dopo un picco iniziale, sono state osservate concentrazioni in linea con gli altri frutteti. Nell'azienda B. -Faralia l'applicazione di letame ha indotto un picco a giugno e uno a settembre. Nel minerale è stato osservato un picco ad agosto e, solo per Faralia-B, un incremento nel rilievo di novembre (Tab. 26).

Tabella 26. Andamento della concentrazione di S (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
B.	Faralia	letame	0	0	0	63.8	21.7	111	45.0
		minerale	0	0	0	12.8	39.2	41.0	242
	September Yummy	letame	0	0	0	22.6	10.1	36.7	15.4
		minerale	0	0	0	20.8	54.3	16.4	5.56
Be.	Dori	minerale	0	0	0	24.5	115	35.8	16.9
C.	Faralia	compost	0	0	0	17.7	10.5	19.7	6.12
		minerale	0	0	0	9.87	4.07	17.6	6.74
Ch.	Hayward	compost	0	0	0	12.3	3.79	11.9	25.4
		minerale	0	0	0	15.5	12.4	20.0	6.75
D	Abate	compost	0	0	0	13.4	19.9	32.2	6.50
		minerale	0	0	0	8.77	16.5	12.4	4.32
	Romagna Red	compost	0	0	0	9.36	17.0	10.3	68.7
		minerale	0	0	0	8.90	9.44	68.9	8.65

		Rosy Glow	compost	0	0	0	8.48	8.21	32.0	8.34
			minerale	0	0	0	5.11	77.7	13.2	24.2
F		Hayward	minerale	0	0	0	13.0	22.4	26.5	9.01
		Soreli	minerale	0	0	0	19.7	21.4	19.9	15.3
Mi		Abate	minerale	0	0	0	12.4	13.7	9.20	6.24
		September Yummy	minerale	0	0	0	14.2	13.6	7.35	9.10
Z. A.		Dori	compost	0	0	0	4727	3952	4335	3554
			minerale	0	0	0	2397	117	423	12.9
		Hayward	compost	0	0	0	21.1	16.2	28.6	86.2
			minerale	0	0	0	18.1	14.2	19.9	22.6
		Abate	compost	0	0	0	17.2	9.14	12.4	18.1
			minerale	0	0	0	12.6	12.9	16.4	11.1
Z. M.		Romagna Red	compost	0	0	0	8.09	11.5	20.6	47.5
			minerale	0	0	0	13.8	29.6	19.1	36.6
		Rosy Glow	compost	0	0	0	30.5	45.5	24.1	20.1
			minerale	0	0	0	20.6	21.3	10.6	6.66
		September Yummy	compost	0	0	0	37.8	21.1	33.7	10.8
			minerale	0	0	0	16.6	52.5	29.1	18.9

Il rame è stato rilevato a partire dal prelievo di maggio con valori compresi fra 15 e 400 mg kg⁻¹ ss e un picco fino a 1000 mg kg⁻¹ osservato nell'azienda Zc A. coltivata con Hayward e concimata con compost (Tab. 27). In generale, è stato osservato un aumento delle concentrazioni in agosto e in novembre sia nelle parcelle compost che in quelle minerale.

Tabella 27. Andamento della concentrazione di Cu (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
B.	Faralia	letame	0	0	8.92	109	151	97.2	162
		minerale	0	0	21.7	91.2	252	54.5	179
	September Yummy	letame	0	0	103	110	137	42.7	291
		minerale	0	0	60.7	127	181	100	265
Be	Dori	minerale	0	0	117	120	194	104	227
C.	Faralia	compost	0	0	111	113	150	92.0	382
		minerale	0	0	59.7	125	153	175	287
Ch.	Hayward	compost	0	0	65.0	118	142	118	1035
		minerale	0	0	45.5	166	140	111	152

D	Abate	compost	0	0	66.2	170	325	179	299	
		minerale	0	0	116	140	241	246	242	
	Romagna Red	compost	0	0	87.4	64.4	172	125	375	
		minerale	0	0	74.2	113	154	100	274	
	Rosy Glow	compost	0	0	167	135	161	183	197	
		minerale	0	0	20.4	86.6	138	114	175	
F.	Hayward	minerale	0	0	80.4	143	130	73.7	210	
	Soreli	minerale	0	0	15.3	112	119	69.9	272	
M.	Abate	minerale	0	0	166	112	190	134	258	
	September Yummy	minerale	0	0	58.2	82.0	189	52.2	173	
Z. A.	Dori	compost	0	0	54.1	205	173	194	287	
		minerale	0	0	79.0	151	264	172	176	
	Hayward	compost	0	0	60.7	146	193	171	262	
		minerale	0	0	44.2	59.6	232	145	227	
	Z. M.	Abate	compost	0	0	238	222	183	163	231
			minerale	0	0	152	214	193	184	220
Romagna Red		compost	0	0	203	53.1	236	163	297	
		minerale	0	0	62.0	64.9	214	159	259	
Rosy Glow		compost	0	0	43.6	81.9	251	258	294	
		minerale	0	0	39.7	92.4	226	122	187	
September Yummy	compost	0	0	77.0	88.7	194	186	202		
	minerale	0	0	29.2	134	189	171	200		

La concentrazione di Fe nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame è variata fra 0 e 12 mg kg⁻¹ ss con i valori più alti nell'azienda D. Rosy Glow e Z. A.-Romagna Red concimate con compost e D. Abate e Z. A.-Hayward entrambe nella tesi minerale (Tab. 28). L'andamento nell'arco della stagione vegetativa è risultato uguale per tutti i frutteti presi in considerazione con un picco di concentrazione ad aprile e agosto.

Tabella 28. Andamento della concentrazione di Fe (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
B.	Faralia	letame	1.52	7.21	2.29	0.660	6.07	0.184	0.675
		minerale	1.22	5.82	2.60	0.609	7.11	0	0.660
	September Yummy	letame	1.19	7.53	1.28	0.504	5.29	0	1.11
		minerale	1.56	5.22	2.05	0.768	4.03	0.068	0.844
Be.	Dori	minerale	1.83	6.03	1.84	0.740	4.74	0.109	0.805

C.	Faralia	compost	0.858	6.57	1.67	0.661	4.68	0.065	0.663
		minerale	1.17	8.24	1.63	0.590	4.17	0.310	1.21
Ch.	Hayward	compost	0.892	5.23	2.16	0.620	4.86	0.182	1.74
		minerale	1.69	5.11	1.99	0.761	4.30	0.231	0.55
D.	Abate	compost	1.81	5.60	1.52	1.11	6.11	0.147	1.21
		minerale	4.71	11.5	1.74	1.67	6.20	0.129	0.810
	Romagna Red	compost	3.91	7.25	1.38	1.36	6.47	0.209	0.934
		minerale	1.34	8.67	1.32	1.53	6.09	0.047	0.303
	Rosy Glow	compost	3.01	8.60	1.75	1.43	8.94	0.128	0.814
		minerale	4.74	10.4	0.854	1.11	6.74	0.161	0.770
F.	Hayward	minerale	1.29	7.96	2.70	0.672	4.08	0.101	1.66
		Soreli	minerale	0.943	5.74	2.52	0.844	4.36	0.242
M.	September Yummy	minerale	0.863	3.93	1.36	0.899	6.57	0	0.174
		minerale	1.96	5.12	0.916	1.04	4.38	0.134	0.386
Z A.	Dori	compost	1.61	8.21	1.22	1.25	4.70	0.122	0.359
		minerale	0.770	8.00	1.64	1.31	5.21	0.429	0.247
	Hayward	compost	1.94	8.00	1.48	1.69	4.02	0.362	0.588
		minerale	0.633	10.2	1.15	1.41	4.64	0.365	0.462
Z M.	Abate	compost	2.64	6.82	1.82	0.983	3.66	0.223	0.405
		minerale	2.99	4.36	1.98	1.32	6.33	0.251	0.582
	Romagna Red	compost	3.28	6.75	1.22	0.874	7.21	0.093	0.385
		minerale	3.02	6.32	1.09	0.930	3.50	0	0.363
	Rosy Glow	compost	1.50	6.85	1.55	0.902	4.84	0.239	0.347
		minerale	2.37	6.62	1.62	1.10	4.40	0.229	0.443
	September Yummy	compost	2.06	5.65	2.09	0.980	3.77	0.129	0.744
		minerale	1.92	7.17	1.40	0.905	5.31	0.114	0.580

La concentrazione di Mn è risultata bassa ad inizio stagione (fra 0 e 2 mg kg⁻¹ ss), per poi aumentare nel rilievo di agosto raggiungendo anche valori di 1600 mg kg⁻¹ ss nel caso di Faralia-Bc (concimazione minerale), per poi scendere sotto il limite di rilevabilità in settembre e novembre (Tab. 29).

Tabella 29. Andamento della concentrazione di Mn (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
Br	Faralia	letame	0.508	0.191	0	0.055	160	0	0
		minerale	0.139	0.153	0	0.080	1616	0	0

	September Yummy	letame	0.138	0.174	0	0.080	26.2	0	0
		minerale	0.130	0.126	0	0.299	97.1	0	0
Be.	Dori	minerale	0.132	0.188	0	0.067	80.0	0	0
C	Faralia	compost	0.117	0.167	0	0.079	45.5	0	0
		minerale	0.102	0.175	0	0.098	35.2	0	0
Ch	Hayward	compost	0.087	0.167	0	0.086	22.0	0	0
		minerale	0.130	0.142	0	0.110	18.3	0	0
D	Abate	compost	0.151	0.201	0	0.042	124	0	0
		minerale	0.295	0.342	0	0.079	110	0	0
	Romagna Red	compost	0.267	0.288	0	0.046	154	0	0
		minerale	0.202	0.341	0	0.230	126	0	0
	Rosy Glow	compost	0.186	0.339	0	0.057	214	0	0
		minerale	0.289	0.385	0	0.076	150	0	0
F	Hayward	minerale	2.712	0.171	0	0.070	19.3	0	0
	Soreli	minerale	0.072	0.151	0	0.028	12.8	0	0
M'	Abate	minerale	0.082	0.112	0	0.050	118	0	0
	September Yummy	minerale	0.117	0.129	0	0.051	7.43	0	0
Z: A.	Dori	compost	0.163	0.196	0	0.049	50.9	0	0
		minerale	0.091	0.158	0	0.034	9.13	0	0
	Hayward	compost	0.105	0.203	0	0.021	7.73	0	0
		minerale	0.060	0.199	0	0.004	15.9	0	0
Z: M.	Abate	compost	0.125	0.176	0	0.037	17.1	0	0
		minerale	0.134	0.134	0	0.049	110	0	0
	Romagna Red	compost	0.176	0.197	0	0.045	133	0	0
		minerale	0.152	0.191	0	0.036	32.2	0	0
	Rosy Glow	compost	0.108	0.170	0	0.028	52.0	0	0
		minerale	0.163	0.175	0	0.043	13.6	0	0
	September Yummy	compost	0.115	0.142	0	0.066	22.2	0	0
		minerale	0.109	0.171	0	0.030	33.5	0	0

La concentrazione di Zn nella soluzione del suolo non è stata rilevata nei prelievi di maggio e novembre in tutte le aziende; nei restanti rilievi, solo in alcune aziende, non è stato possibile misurarne la presenza (Tab. 30). I valori più alti sono stati misurati nelle aziende di Z... (sia su drupacee che pomacee) e D... In quasi tutti i suoli esaminati è stato osservato un picco in settembre (sia nella concimazione minerale che in quella organica) con valori fino a 300 mg kg⁻¹ ss (Tab. 30).

Tabella 30. Andamento della concentrazione di Zn (mg kg⁻¹ ss) nella soluzione del suolo delle aziende prese in esame nel corso della stagione vegetativa.

AZIENDA	VARIETA'	TRT	mar	apr	mag	giu	ago	set	nov
B.	Faralia	letame	0	0	0	17.5	0	38.6	0
		minerale	0	0	0	8.52	0	2.59	0
	September Yummy	letame	0	0	0	0.00	0	0.00	0
		minerale	0	26.3	0	11.5	8.15	87.8	0
Ber	Dori	minerale	43.5	0	0	6.45	5.43	49.9	0
C.	Faralia	compost	0	0	0	0	6.71	0	0
		minerale	0	0	0	20.7	13.3	19.6	0
Ch.	Hayward	compost	0	0	0	0	5.59	18.6	0
		minerale	0	0	0	0	0	22.2	0
D.	Abate	compost	13.1	0	0	34.8	69.1	103	0
		minerale	135	76.3	0	14.9	60.1	313	0
	Romagna Red	compost	47.4	0	0	0.00	35.5	44.8	0
		minerale	13.7	0	0	5.6	29.3	213.8	0
	Rosy Glow	compost	38.6	0	0	0	47.0	277.2	0
		minerale	34.4	0	0	0	50.1	3.00	0
F.	Hayward	minerale	0	0	0	0	9.62	47.6	0
	Soreli	minerale	0	0	0	0	14.9	17.9	0
M.	Abate	minerale	16.3	0	0	8.72	20.2	78.6	0
	September Yummy	minerale	26.3	0	0	0.00	6.35	0	0
Z. A.	Dori	compost	13.2	116	0	96.4	13.7	12.5	0
		minerale	0	6.8	0	156	32.2	74.5	0
	Hayward	compost	9.1	9.3	0	72.2	0	216	0
		minerale	0	20.3	0	64.2	22.2	248	0
Z. A.	Abate	compost	68.6	0	0	0	25.1	244	0
		minerale	62.4	0	0	0	24.5	212	0
	Romagna Red	compost	0	0	0	1.32	32.6	25.0	0
		minerale	12.6	0	0	0	24.8	278	0
	Rosy Glow	compost	18.7	0	0	0	53.5	328	0
		minerale	29.9	0	0	26.7	40.0	45.2	0
	September Yummy	compost	13.4	19.3	0	29.4	40.6	308	0
		minerale	0	43.4	0	8.50	36.0	219	0

3.2.11 Conclusioni

La concimazione deve essere intesa come uno strumento di regolazione della disponibilità di elementi nutritivi per le piante arboree; è quindi necessario individuare strumenti indicativi della disponibilità del suolo e dello stato di salute del frutteto. Per ottenere informazioni affidabili è necessario usufruire di strumenti diagnostici del suolo che permettono di fornire risultati in tempo reale sulla disponibilità dei diversi nutrienti.

Particolare importanza riveste la misura del livello dell'azoto minerale del suolo che permette di avere un dato certo di disponibilità dell'N; anche il livello di nutrienti nei tessuti della pianta è un indice accurato dello stato di salute delle piante anche se spesso i nostri suoli sono ben dotati e per questo variazioni di disponibilità non modificano la concentrazione fogliare.

Dai risultati preliminari, mettendo a confronto le concentrazioni di N nel suolo e le quantità ritenute ottimali per le diverse fasi fenologiche delle colture, è emerso che solo in poche aziende, la fertilizzazione minerale è stata effettuata in maniera oculata, col risultato di ottenere una disponibilità di Nmin coerente con le esigenze colturali; in tutti gli altri casi la disponibilità N minerale è andata oltre le esigenze della pianta. Questo aspetto oltre ad avere un impatto negativo sull'ambiente con possibili pericoli di lisciviazione e inquinamento delle falde, implica anche un eccessivo uso di fertilizzante con costi inutili per l'azienda.

Dai dati emerge che esiste una correlazione positiva tra l'Nmin e i valori di conducibilità rilevati, con risultati incoraggianti nell'ottica di gestione della fertilizzazione. Nei frutteti presi in considerazione non sono state individuate chiare relazioni tra la concentrazione di elementi nutritivi assimilabili nella soluzione del suolo ed il livello degli stessi nei tessuti vegetali, come descritto in precedenza da Mengel (1986; Fig. 20). Lo studio è, tuttavia, ancora nelle prime fasi per cui non è possibile definire in modo preciso come le diverse variabili influenzino la conducibilità.

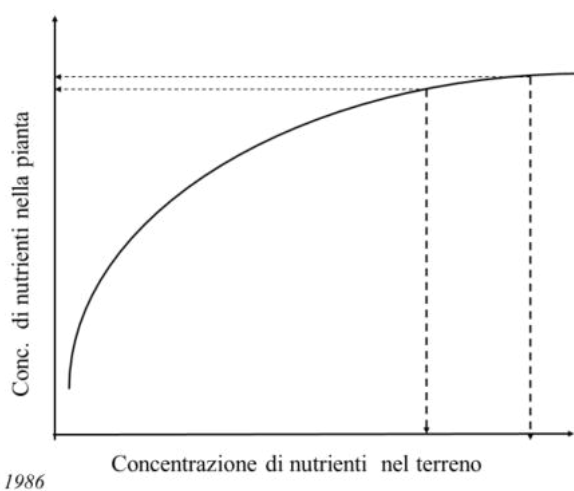


FIGURA 20. RELAZIONE FRA LA CONCENTRAZIONE DI NUTRIENTI NEL TERRENO E NELLE FOGLIE.

	<p>La concentrazione degli elementi nella soluzione del suolo ha evidenziato trend leggermente diversi nelle aziende prese in esame, probabilmente dovuti non solo ai diversi piani di concimazione ma anche alla natura dei terreni, alcuni molto sabbiosi e altri più argillosi.</p> <p>Dai campionamenti fogliari eseguiti nel corso della stagione vegetativa non sono emerse particolari carenze o eccessi, indicando un buono stato nutrizionale dei frutteti oggetto di sperimentazione. La conoscenza di valori di riferimento per uno specifico ambiente permette di intervenire con la concimazione prima che si verifichino disordini nutrizionali oppure fenomeni di “consumi di lusso”. Tuttavia, la maggiore parte dei valori di riferimento per l’interpretazione della diagnostica fogliare si riferisce a prelievi eseguiti in luglio-agosto, quando la concentrazione degli elementi minerali è stabile e il confronto tra i diversi campioni risulta meno influenzabile dalla variabilità indotta dall’età della foglia. In particolare, l’analisi dei tessuti deve essere condotta precocemente se si vuole intervenire correggendo eventuali errori nella gestione della nutrizione, mentre analisi fogliari condotte tardivamente sono più utili ad ottimizzare il successivo ciclo produttivo piuttosto che influire sulla produzione dell’anno corrente.</p> <p>Il miglioramento delle performance produttive di un frutteto riducendo gli input nutritivi porta benefici sia in termini economici che ambientali, motivo per cui negli ultimi anni sta assumendo sempre maggiore importanza l’utilizzo di strumenti per l’agricoltura di precisione, i quali permettono di intervenire in maniera mirata. È importante inoltre, in risposta ai cambiamenti climatici sempre più evidenti e deleteri per l’agricoltura, riuscire a gestire al meglio il frutteto avvalendosi di strumenti che permettano di ridurre l’inquinamento da parte del settore agricolo e, allo stesso tempo, aiutino l’agricoltore e lo indirizzino nelle decisioni. In questa ottica assumono importanza sempre crescente tutti i sistemi di monitoraggio e i relativi sistemi di supporto alle decisioni (SSD) che, elaborando i dati raccolti, forniscono informazioni utili ai fini di ottimizzare la gestione del frutteto</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità</p>	<p>Obiettivi raggiunti</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l’attività svolta.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Nessuna</p>

2.3.2.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSA		€ 168800	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinamento tecnico del progetto digifruit e del monitoraggio da satellite • Gestione e installazione Nodi 	€ 92000
UNIBO		€ 75000	Prelievo dei campioni e trasporto in Laboratorio Materiale di consumo di laboratorio (gas, acidi ecc.)	€ 37164
STUDIO DI CATALDO		€ 30000	Esperto di dispositivi A.P.R.	€ 28200
Totale:				€157364

2.3.3 Attività e risultati Azione 3.3

Azione 3.3	“Monitoraggio post-raccolta”
Unità aziendale responsabile	FAMOSA
Descrizione delle attività	<p>3.3.1 Analisi qualità frutta</p> <p>La frutta raccolta nelle diverse aziende e conferita a Gran Frutta Zani è stata analizzata per valutare se gli aspetti agronomici abbiano avuto ripercussioni in termini qualitativi sul prodotto finale.</p> <p>In particolare sono stati effettuati tre diversi tipi di analisi sulle 8 varietà prese in esame:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Albicocco Faralia - Pesco Romagna Red - Pero Abate Fetel - Melo Rosy Glow - Susino September Yummy - Actinidia Hayward - Actinidia Dorì

- Actinidia Soreli

In particolare i test riguardavano indice di maturazione DA, durezza e grado Brix.

3.3.1 indice di maturazione DA

L'indice DA indica lo stato di maturazione del frutto basato sulla differenza di assorbanza a due lunghezze d'onda: quella alla quale si ha il massimo assorbimento da parte della clorofilla di tipo a ed una seconda, usata come riferimento, scelta per avere la minima variazione di assorbanza durante tutto il periodo di maturazione della frutta.

Il valore DA è proporzionale al quantitativo di clorofilla presente nel frutto. Poiché questo tende a diminuire costantemente durante la maturazione, l'Indice DA tenderà a sua volta a decrescere nel tempo, fino a raggiungere valori prossimi allo zero per frutti già eccessivamente maturi per un utilizzo commerciale. I valori di riferimento per la raccolta ed il consumo variano da specie a specie.

La misurazione di quest'indice avviene attraverso uno strumento denominato Dameter, o Kiwimeter nel caso dell'actinidia. Permette in modo non invasivo di determinare lo stato di maturazione sia pre che post harvest per determinare il momento migliore per il raccolto e quantificare quanto possa essere conservato un frutto nelle celle di stoccaggio. Lo strumento dispone infatti di led a particolari lunghezze d'onda e misura quanto tempo impiega la luce emessa per attraversare la polpa e tornare indietro.



3.3.2 Durezza della polpa

La durezza, o fermezza, della frutta è uno dei parametri più utilizzati nel controllo della maturazione, e si misura attraverso il penetrometro. Lo strumento è dotato di diversi puntelli di penetrazione a seconda della tipologia del frutto da sondare, si tratta quindi di una metodologia distruttiva.

Per determinarne la consistenza lo strumento viene premuto all'interno del frutto fino all'anello di arresto ed è possibile leggere il grado di consistenza direttamente sul display.

Nelle mele ad esempio la durezza è un fattore molto importante ai fini della croccantezza al morso del frutto. La durezza subisce gli effetti di:

- Temperatura: elevate allentano la struttura cellulare
- Gestione della coltura: un eccessivo diradamento dei frutti può avere come effetto un numero superiore di cellule per frutto e aumentare la durezza dei frutti che rimangono sull'albero.
- Nutrizione minerale: calcio, azoto e fosforo svolgono un ruolo fondamentale nel migliorare la durezza dei frutti.



3.3.3 Grado zuccherino

Il grado Brix indica la quantità di zucchero contenuta nel frutto e viene utilizzato come indice di qualità in quanto direttamente proporzionale alla dolcezza e pertanto alla piacevolezza organolettica. Il grado zuccherino è un parametro di qualità che influisce sul valore commerciale del prodotto agricolo; ad esempio, per l'uva da vino questo valore è fortemente redditizio.

Si misura attraverso il rifrattometro, che converte l'indice di rifrazione del succo estratto da un frutto in % Brix. L'indice di rifrazione è la misura della luce che passa attraverso il campione. A seconda della composizione del campione, la luce si rifrange e si riflette in modo diverso. Misurando questa attività con un sensore di immagine lineare, l'indice di rifrazione può essere utilizzato per determinare le proprietà fisiche del campione, come la concentrazione e la densità.

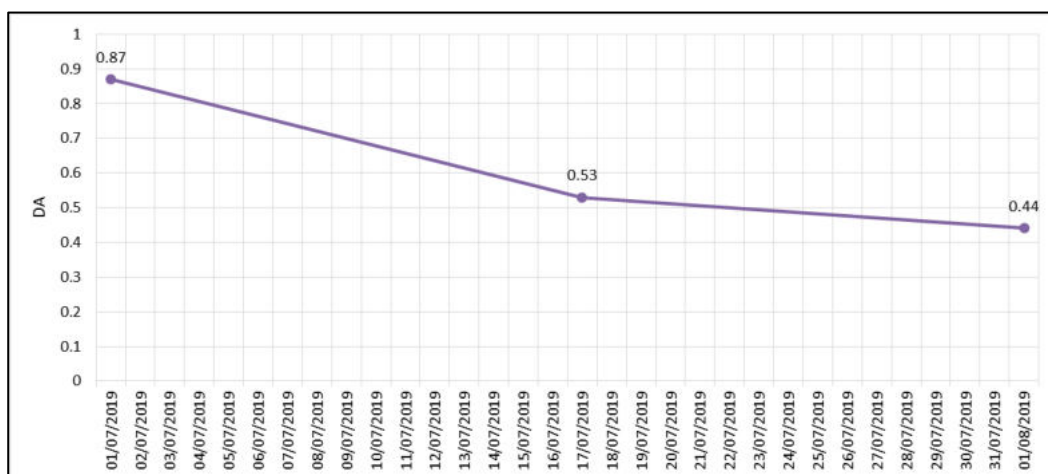


3.3.4 Analisi dati

Su tutte le varietà sopra citate sono state effettuate le suddette tre tipologie di analisi prima della raccolta e in post raccolta durante lo stoccaggio. Sono stati utilizzati pertanto due metodologie distruttive, e una non distruttiva rappresentata dal Dameter, proprio per valutare degli indici di maturazione oggettivi.

Riportiamo il caso dell'Azienda Agricola Baccarini su albicocco Faralia dove sono stati effettuati tre campionamenti, due in pre, ed uno in post raccolta, con l'utilizzo del Dameter, a distanza l'uno dall'altro di una quindicina di giorni.





Nel primo campionamento effettuato in data 01/07/2019 si è ottenuto un valor medio su 50 campioni esaminati di 0.87, nel secondo il 17/07/2019 di 0.53 e infine in post raccolta il 01/08/2019 di 0.44. Si noti come il valor medio DA decresca nel corso della stagione tra prima e dopo la raccolta di 0.4, il che dimostra come il contenuto di clorofilla diminuisca, proprio perché si degrada con l'avanzare della maturazione.

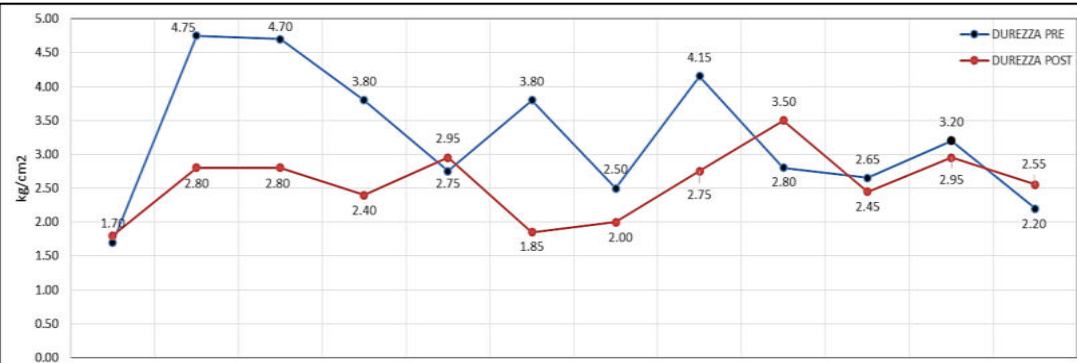
L'indice di raccolta DA quindi conferma seguire l'evoluzione del frutto durante la stagione, inoltre può essere misurato in pochi minuti su un alto numero di campioni, e soprattutto permette un monitoraggio non distruttivo, poiché ne conserva l'integrità dal campo al post-harvest.

Nell'Azienda Agricola B... su albicocco Faralia inoltre sono state eseguite le analisi distruttive di durezza attraverso un penetrometro manuale



analogico e tenore zuccherino con un rifrattometro digitale, una volta in pre raccolta e successivamente in post.

I due campionamenti sono stati effettuati in pre raccolta in data 17/07/2019

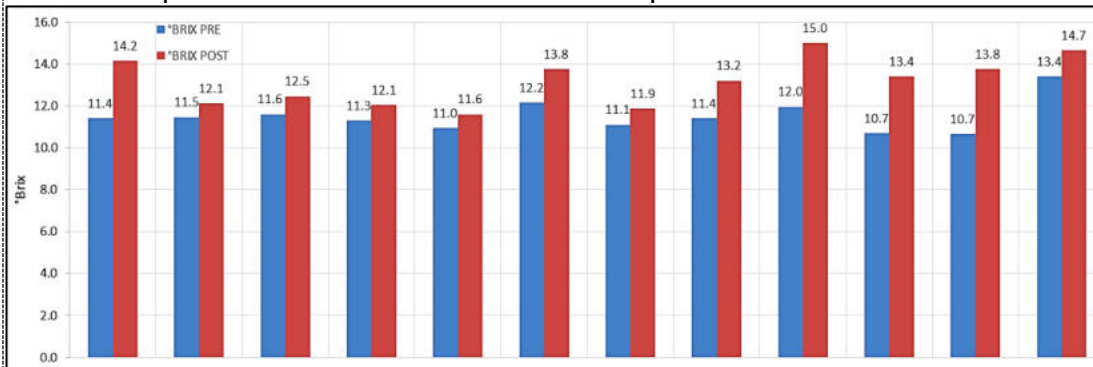


su 12 campioni, ed in post raccolta il 01/08/2019.

Si noti come la durezza mediamente decresca nel post harvest, fornendo quindi un valido indice per la determinazione del periodo più opportuno per raccogliere il frutto ed uno strumento di aiuto, durante la conservazione in celle, attraverso il controllo dell'andamento dell'intenerimento della polpa.



I due campionamenti sono stati effettuati in pre raccolta in data 17/07/2019



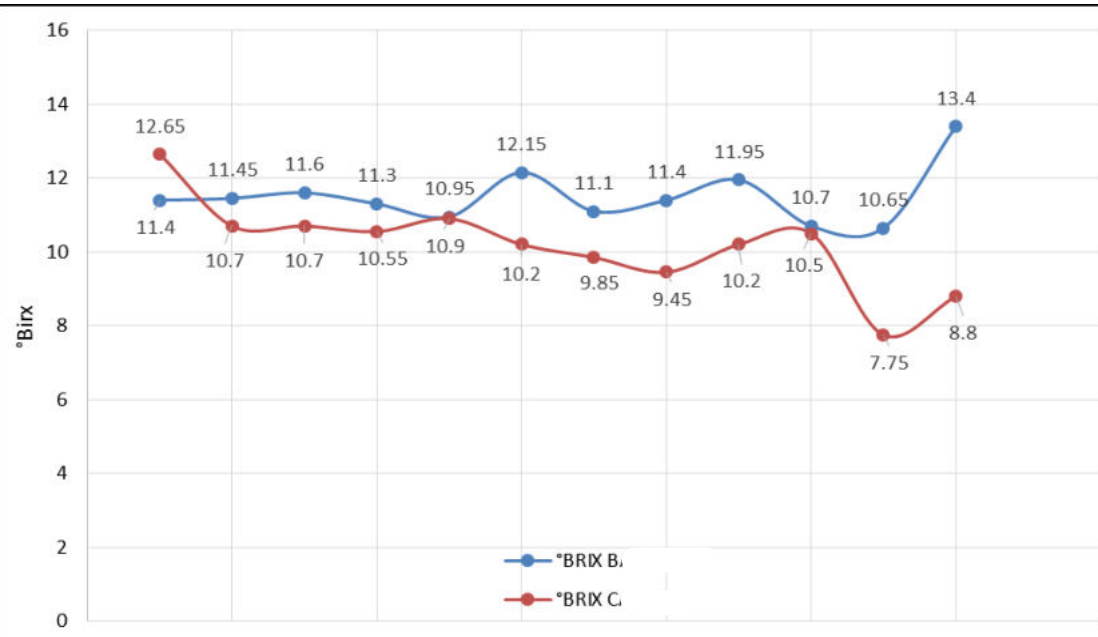
su 12 campioni ed in post raccolta il 01/08/2019.

Si noti come il grado zuccherino aumenti con l'avanzare della maturazione, proprio perché gli acidi presenti nei frutti si degradano, il contenuto di zuccheri, o solidi solubili totali, aumenta e il rapporto zuccheri/acidi raggiunge valori più elevati.

La determinazione del °Brix si rivela pertanto efficace per definire il momento migliore per la raccolta, infatti un livello elevato di acidità, che è comune in frutti non sufficientemente maturi, conferisce al frutto un sapore acidulo. Al contrario, frutti troppo maturi hanno livelli molto bassi di acidi e quindi mancano del loro sapore caratteristico. È importante quindi che l'agricoltore miri a raggiungere un equilibrio accettabile tra solidi solubili totali e acidità del frutto.

Per verificare il feedback sulla qualità a fronte di una gestione irrigua diversa sono stati presi in considerazione due Aziende C₁ e B₁, entrambe produttrici di albicocco Faralia. Tuttavia nel caso della prima è stato restituito alla pianta in termini di volumi irrigui il 100% dell'evapotraspirato colturale, quindi con una gestione convenzionale, a differenza della seconda Azienda dove si è operato un deficit idrico continuo fino alla raccolta del frutto

In data 17/07/2019, quindi prossimi alla raccolta, sono state eseguite le analisi di °Brix su 12 campioni di albicocco Faralia dell'Azienda Agricola B. e della Società Agricola C.



Si noti come per il 95% il tenore zuccherino sia più elevato da B, addirittura di un 1.3°Brix medio più alto.

L'analisi dimostra come uno stress idrico induca una risposta della pianta, migliorando la qualità del frutto in termini di °Brix, ma anche polifenoli. Si riporta a titolo di esempio il caso di alcuni vitigni pregiati che vengono volutamente stressati con un deficit idrico controllato nelle ultime fasi pre raccolta proprio per aumentarne la qualità.

Per concludere quindi qualsiasi gestione agronomica si ripercuote sulla qualità del prodotto finale e anche sulle rese. Infatti la produzione finale può calare a causa delle ripercussioni che lo stress ha sullo sviluppo vegetativo e successivamente sul carico di frutti. Si potrebbe quindi ridurre di almeno un 15-20% l'apporto irriguo, per non compromettere la produzione finale e risparmiare un discreto quantitativo di acqua, inducendo altresì in questo modo la pianta ad un maggior accumulo di solidi solubili totali e polifenoli.

Grado di raggiungimento o degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p>Obiettivi raggiunti</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.3.3.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSA		€ 168800	Analisi dei dati in post raccolta	€ 19800
Totale:				€ 19800

2.3.4 Attività e risultati Azione 3.4

Azione 3.4	Realizzazione del sistema informativo e DSS	
Unità aziendale responsabile	FAMOSA - PEERNETWORK	
Descrizione delle attività	<p>3.4 Azione "Realizzazione del sistema informativo e DSS"</p> <p>3.4.1 Sviluppo portale web_applicazione</p> <p>La creazione della piattaforma ad opera dell'Azienda PeerNetwork si basa sulla tecnologia di raccolta dati dalle diverse centraline, l'applicazione di calcoli specifici per elaborare e generare grafici e il successivo</p>	



storage per la conservazione dello storico.

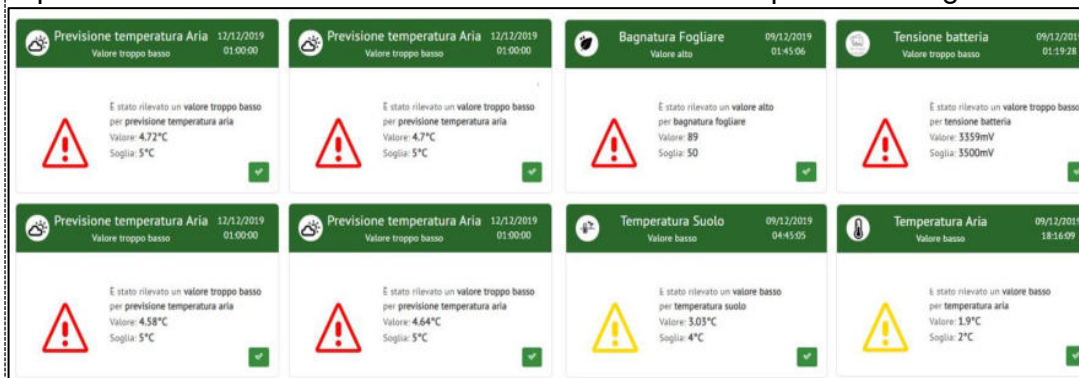
L'obiettivo era infatti registrare tutte le informazioni provenienti dai dispositivi di misura collocati in campo in grado di rilevare dati ambientali, stato del suolo e della coltura, ed integrarli con le informazioni raccolte in aziende quali analisi e monitoraggio delle produzioni per alimentare in questo modo un sistema di supporto alle decisioni in campo.

La piattaforma Web, sviluppata ad hoc per il progetto ZANI, risponde a diversi requisiti:

- raccolta/elaborazione/archiviazione dati raccolti dalle centraline iFarming
- integrazione dei dati raccolti in azienda (impianti, rese, analisi)
- alert irrigui, concentrazione sostanze nutritive, soglie di raccolta
- interfaccia per agricoltori e tecnici
- blog di comunicazione interdisciplinare

Il portale si sviluppa in quattro macro aree: Homepage, Cruscotto, Analisi Laboratorio e Doc.

Nella prima suddetta vi sono le visualizzazioni di tutti gli allarmi generati. Ogni singolo parametro rilevato infatti può essere allarmato con impostazioni di soglie specifiche sopra e sotto le quali si può ricevere un alert per email oltre la visualizzazione sulla pagina Web. Ad esempio si può impostare un valore dei potenziali idrici per la gestione irrigua, piuttosto che previsioni di temperatura per decidere se effettuare o meno determinate operazioni colturali o ancora la conducibilità elettrica per la fertirrigazione e



concimazioni.

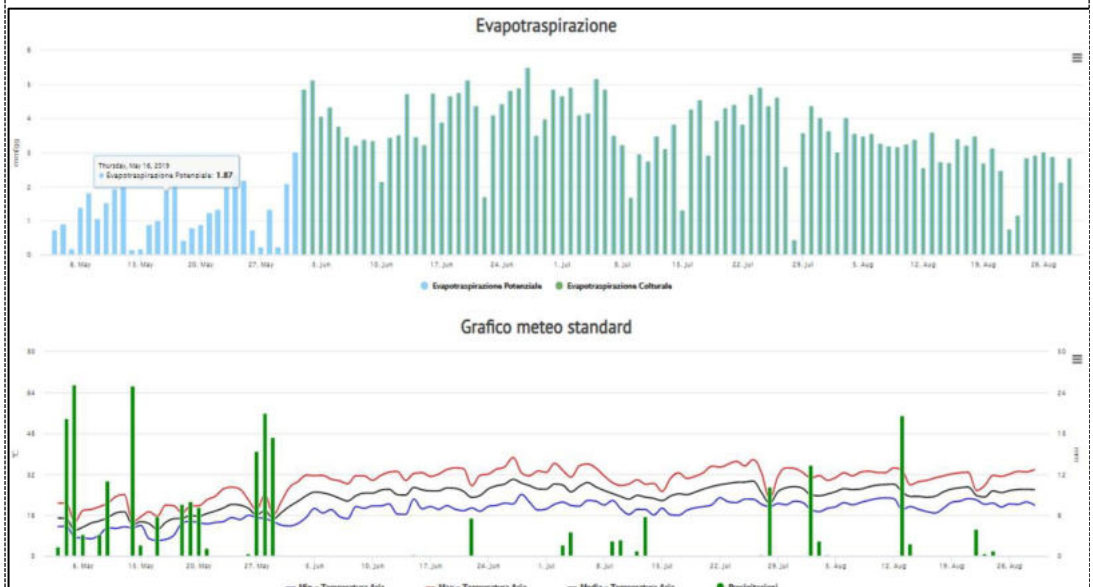
Nella seconda area principale Cruscotto invece c'è il cuore pulsante di tutta la piattaforma che permette alle diverse tipologie di utenze quali tecnici e

agricoltori la visualizzazione di ogni singolo dato trasmesso. Ogni azienda infatti dispone di propri fondi e impianti ai quali sono agganciate le centraline e in tempo reale il portale riceve i dati e li rende disponibili attraverso un'interfaccia semplice e intuitiva.



Nella Dashboard vengono visualizzati i dati istantanei rilevati negli ultimi sette giorni da ogni singolo sensore, e a fianco le previsioni meteo delle successive 48 ore specifiche per quell'impianto. In questo modo colui che usufruisce del servizio dispone sia di dati storici che di previsioni in modo da poter organizzare al meglio le diverse operazioni colturali per i giorni a venire.

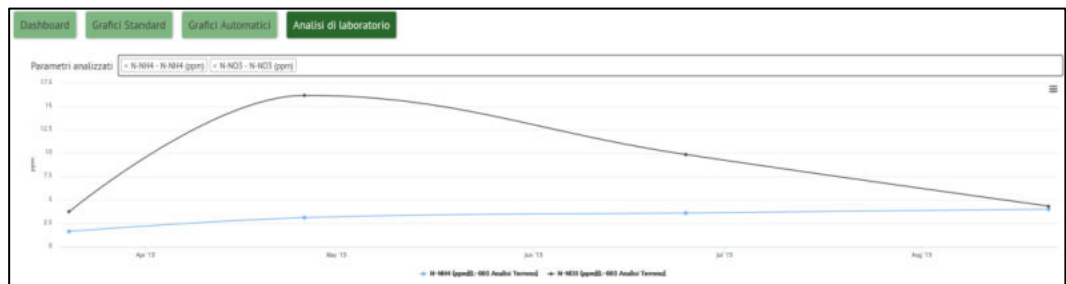
Nella sezione Grafici Standard invece vi sono i grafici elaborati dai dati



direttamente rilevati dai sensori come la temperatura dell'aria o le precipitazioni, e dati calcolati quali l'evapotraspirazione e i gradi giorno. Infine nella sezione Grafici Automatici c'è la possibilità di selezionare un parametro con relative date di inizio e fine per poter visualizzarne l'andamento attraverso il flusso di tempo desiderato.

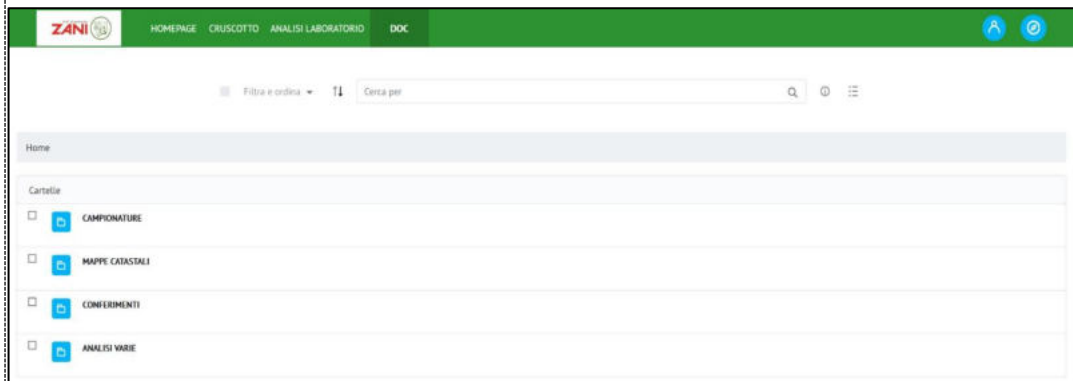
Dati Identificativi Nome: <input type="text"/> Descrizione: <input type="text"/> Data: <input type="text"/> Abilitato: <input checked="" type="checkbox"/>	Dati Geografici Latitudine: <input type="text" value="0.00000000"/> Longitudine: <input type="text" value="0.00000000"/> Altezza (m): <input type="text" value="0.00"/> Superficie (m ²): <input type="text" value="0.00"/> Riferimenti catastali: <input type="text" value="Riferimenti catastali"/>
Dati Tecnici Specie: <input type="text" value="Specie"/> Varietà: <input type="text"/> Particellare: <input type="text"/> Dist. fra piante (m): <input type="text" value="0.00"/> Dist. fra file (m): <input type="text" value="0.00"/> Numero piante: <input type="text" value="0"/> Tipologia di terreno: <input type="text"/> Perc. Sabbia: % <input type="text" value="0.00"/> Perc. Limo: % <input type="text" value="0.00"/> Perc. Argilla: % <input type="text" value="0.00"/> Rete: <input type="checkbox"/>	Dati Irrigazione Tipo di irrigazione: <input type="text"/> Distanza fra (m): <input type="text" value="0.00"/> Tipo ugelli: <input type="text" value="Tipo ugelli"/> Portata oraria (m ³ /h): <input type="text" value="0.00"/> Inizio irrigazione: <input type="text"/>

Nella terza sezione invece è stata sviluppata un'interfaccia per l'inserimento manuale della analisi di laboratorio effettuate su campioni di terreno e foglie prelevati mensilmente da ogni impianto. Per qualsiasi macro e microelemento infatti si può indicare la quantità nella rispettiva data e luogo, in questo modo a fine stagione ogni azienda e relativi impianti dispongono digitalmente di tutti i risultati delle analisi effettuate.

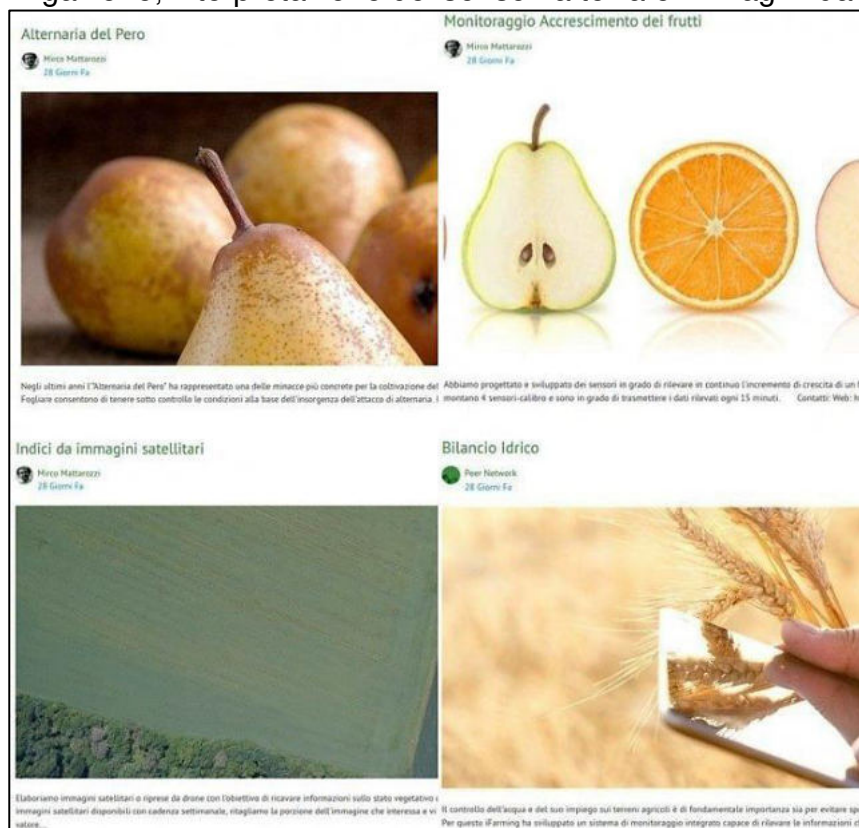


E' stata inoltre sviluppata un'anagrafica per ogni singola azienda, che rientrava all'interno del progetto, per imputare digitalmente una serie di dati tecnici, dalla tipologia di coltura, alla tessitura del suolo, coordinate, e irrigazione, proprio per usufruire online di tutte le informazioni necessarie per identificare un utente ma anche valutare ad esempio gli apporti irrigui in base al tipo di terreno.

Per integrare invece tutti i documenti raccolti tra le diverse aziende quali rese, qualità, analisi, conferimenti, mappe catastali, anche in questo caso è stata costruita una sezione del portale Web per il caricamento di qualsiasi file, in modo da essere catalogato e archiviato, e successivamente disponibile per la consultazione ed eventuale scarico da parte di qualsiasi utente.



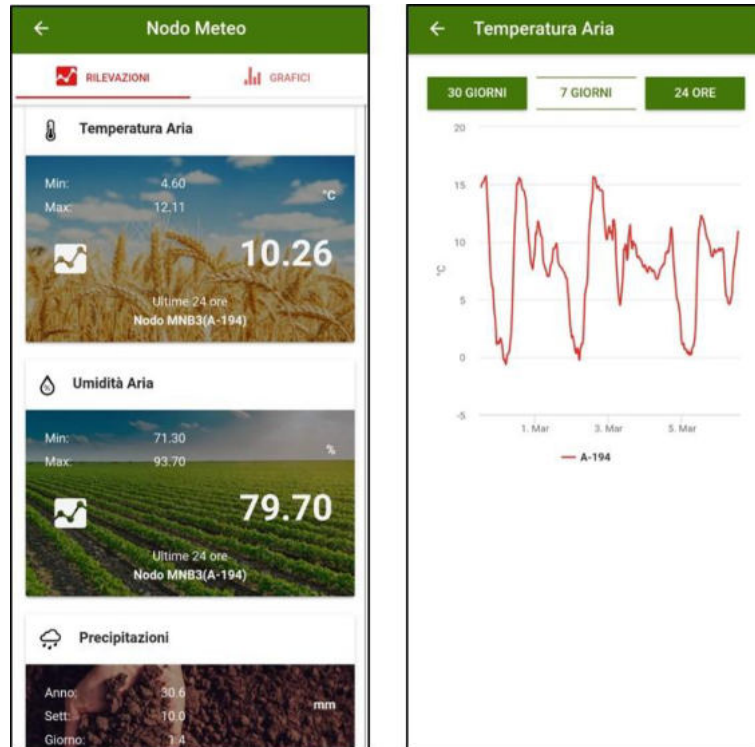
Infine la piattaforma è stata dotata di un Blog per creare un canale di intercomunicazione fra i tecnici della cooperativa Gran Frutta Zani, i ricercatori Unibo, i tecnici Famosa ed il personale di Studio Mapp. In questo modo è stato possibile scambiare notizie e pareri sulla nutrizione, irrigazione, interpretazione dei sensori a terra e immagini da drone/satellite.



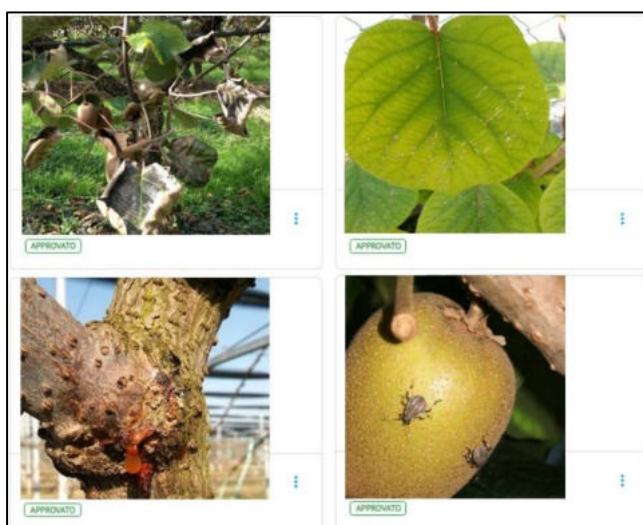
3.4.2 Applicazione smartphone

Per rispondere alle esigenze di consultazione dei dati raccolti dalle centraline localizzate nelle diverse aziende è stata sviluppata inoltre un'applicazione per smartphone, sia per i sistemi Android che iOS.

Ogni singolo parametro infatti è consultabile in tempo reale, con relativo grafico delle 24h, ultimi 7 o 30 giorni per poter prendere decisioni rapide direttamente in campo sulla gestione irrigua piuttosto che sull'effettuare un determinato trattamento.



Inoltre per documentare e storicizzare qualsiasi evento accada in campo l'applicazione è stata implementata per scattare foto. In questo modo ogni tipologia di macchie funginee, comparsa di neanidi o ancora sintomi da carenze fogliari può essere catturata e inviata sul portale. Tutte le foto sono geolocalizzate, così ogni azienda all'interno della propria struttura dispone di tutte le immagini, e relative coordinate, che fungono pertanto da archivio eventi. Inoltre disponendo, limitrofi a dove sono comparse le prime macchie di un fungo, di sensoristica per la rilevazione delle ore di bagnatura fogliare e temperatura/umidità è possibile valutare e quantificare i parametri climatici che scatenano l'insorgenza della determinata patologia.



3.4.3 Esempio applicazione su ticchiolatura melo

La Ticchiolatura è una malattia fungina che costituisce la più grave avversità del melo causando danni notevoli su foglie, germogli e frutti. Sensibilità varietale e condizioni climatiche sono i principali fattori da cui dipende l'incidenza e la gravità degli attacchi.

Le infezioni primarie sono causate in primavera dalle ascospore di *Venturia inaequalis* che si liberano dai residui di foglie e dai frutti infetti caduti al suolo durante il periodo autunno-invernale. Con le piogge primaverili, le ascospore vengono trasportate dagli schizzi d'acqua e dalle correnti d'aria sui tessuti verdi suscettibili e, se le condizioni climatiche sono favorevoli, iniziano a germinare penetrando per via cuticolare negli spazi intercellulari, dando origine, dopo un periodo di incubazione variabile in funzione della temperatura e dell'umidità dell'aria, ai primi sintomi visibili sulle foglie. Dai centri di infezione si ha la diffusione del patogeno e la formazione dei conidi che daranno origine ad altre infezioni secondarie all'interno del frutteto. La conoscenza e quindi la prevenzione di queste infezioni secondarie sono gli obiettivi principali nella lotta al patogeno. Le foglie e i frutti infetti, in autunno, cadono a terra, costituendo un idoneo substrato per la formazione dei corpi fruttiferi (pseudotecii) nella fase invernale e per la perpetuazione del ciclo. La conservazione del fungo da un anno all'altro può avvenire, anche se più raramente, anche nei rami e nelle scaglie delle gemme, sotto forma di micelio ibernante.

I sintomi possono manifestarsi su tutte le parti aeree della pianta: foglie, frutti, fiori e rametti. Sulle foglie le prime infezioni sono generalmente visibili sulla pagina superiore in forma di macchie inizialmente decolorate, distribuite irregolarmente; in seguito queste lesioni assumono una colorazione più scura e contorni meglio definiti e sono osservabili anche sulla pagina inferiore. Se c'è elevata umidità, i tessuti colpiti si ricoprono di fruttificazioni fungine che conferiscono alle lesioni un aspetto vellutato. Le foglie ticchiate disseccano e cadono prematuramente, lasciando le piante parzialmente spoglie (Fig.1).

Sui frutti l'infezione può aver luogo in qualsiasi stadio di sviluppo. Dapprima compaiono macchie puntiformi, bruno-olivastre, che si accrescono lentamente mantenendo una forma rotondeggiante e un aspetto vellutato in superficie (Fig.2). Attacchi precoci provocano malformazioni, atrofia dei tessuti colpiti e vistose deturpazioni dell'epidermide con macchie dall'aspetto rugginoso e spaccature superficiali. In questi casi si ha generalmente una cascola precoce, mentre infezioni tardive possono essere anche difficilmente rilevabili al momento della raccolta, salvo poi manifestarsi durante la conservazione con lesioni che deprezzano sensibilmente il prodotto. L'attacco sui fiori e sui rametti è in genere meno frequente: si manifesta sotto forma di lesioni brunastre a carico di petali, calice, peduncolo florale e, nel caso dei rami, dei tessuti ancora allo stato erbaceo.



FIGURA.1 SINTOMI TICCHIOLATURA SU FOGLIE



FIGURA .2 SINTOMI TICCHIOLATURA SU FRUTTI

3.4.3.1 Tabella di mills

La curva di Mills (Fig.3) fornisce una stima del numero di ore di bagnatura fogliare necessaria per avere l'infezione in un intervallo di temperatura variabile da 5.5°C a 25.5°C (Fig.4). I parametri climatici presi in considerazione sono il numero di ore di bagnatura fogliare continua e la temperatura media raggiunta nel periodo di bagnatura. Vengono definiti 3 livelli di infezione: leggera, media, grave. La lunghezza del periodo di bagnatura, tuttavia, non è più il solo parametro ritenuto in grado di influenzare la gravità di una infezione di ticchiolatura, ma sono altrettanto la suscettibilità dell'ospite, la disponibilità di tessuti esposti e la reale quantità di ascospore disponibili.

Temperatura media (C°)	Ore di bagnatura per infezione		
	Leggera	Media	Grave
5	37	48	73
6	26	34	51
7	21,5	27	40
8	18	23	34
9	15,5	20,5	30
10	14	19	28
11	12,5	17,5	26
12	11,5	16	24
13	10,5	14	22,5
14	10	13	21
15	9,5	12,5	20
16	9	12,5	19
17	9	12,5	18
18	9	12,5	18
19	9	12,5	18
20	9	12,5	18
21	9	12,5	18
22	9	12,5	18
23	9	12,5	18
24	9,5	12,5	19
25	10,5	14	21

FIGURA 3 TABELLA DI MILLS

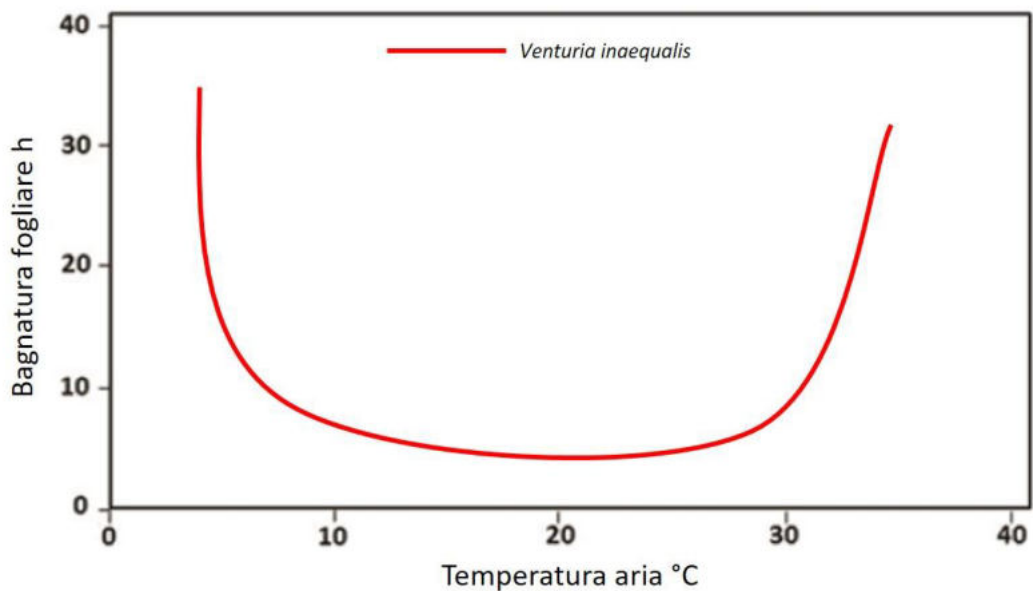


FIGURA .4 RELAZIONE ORE BAGNATURA FOGLIARE-TEMPERATURA ARIA PER L'INFEZIONE DI VENTURIA INAEQUALIS

3.4.3.2 Raccolta dati e utilizzo del DSS per la gestione della difesa

La rilevazione e raccolti dei dati sulle ore di bagnatura fogliare e temperatura dell'aria è avvenuta grazie al micronodo NMBF sito nell'Azienda Agricola Di , nell'impianto di Melo, e il periodo preso in esame riguarda da inizio fioritura fino alla raccolta, circa dal 01/05/2019 al 22/10/2019. Per ogni giorno dunque sono state incrociate le ore di bagnatura fogliare con le temperature medie basandosi sulla Tabella di Mills, generando un grafico sulla gravità dell'infezione. Nello specifico lo 0 rappresenta rischio assente, mentre 1/2/3 rispettivamente infezione leggera, media, grave (Fig.5).

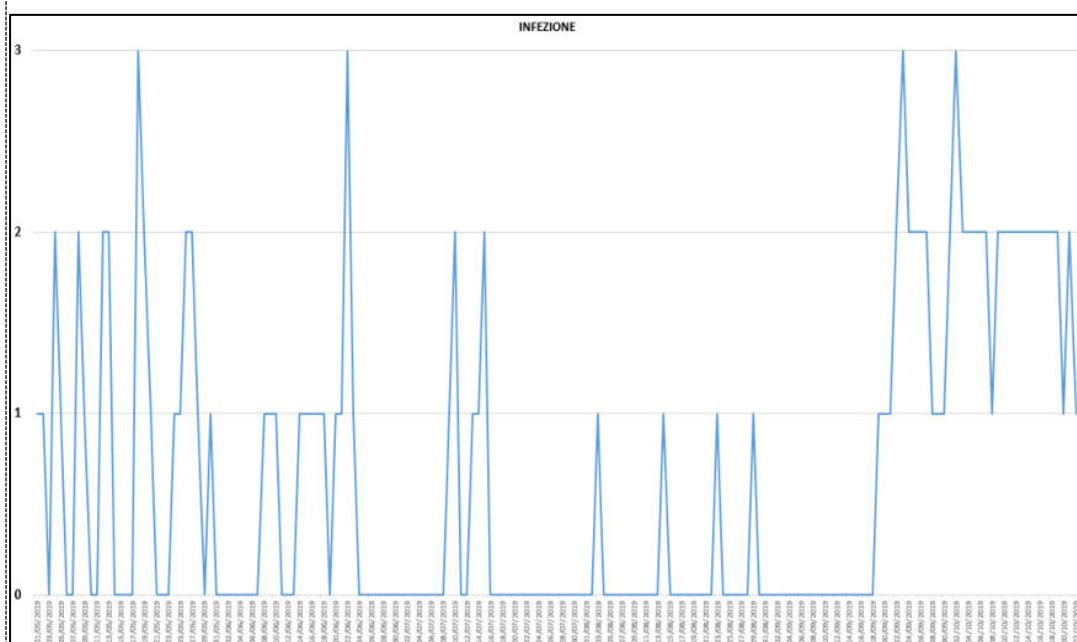


FIGURA 5 INFEZIONE TICHIOLATURA CON APPLICAZIONE DELLA TABELLA DI MILLS

Si noti come i periodi di maggior infezione si verificano a Maggio, mese caratterizzato da intense precipitazioni e temperature sotto la media stagionale, e da metà Settembre in poi, mentre i momenti meno a rischio sono nel periodo estivo tra Luglio e Agosto proprio per le alte temperature medie oltre i 25-26°C e le ridotte ore di bagnatura fogliare.

3.4.3.3 Conclusioni

Per concludere quindi disponendo dell'andamento giornaliero del microclima interno alla vegetazione è possibile determinare i momenti più critici per l'insorgenza del fungo ed effettuare i trattamenti nel momento idoneo. La raccolta dei dati si interfaccia inoltre con gli eventi monitorati attraverso le foto dell'applicazione smartphone che possono avvalorare la tesi della gravità e presenza o meno dell'infezione.

3.4.4 Supporto decisionale all'irrigazione

L'ONU, ha previsto che l'accesso alle risorse idriche e il loro controllo potranno essere una tra le cause delle guerre del 21° secolo. La definizione di oro blu, in riferimento all'acqua, evidenzia come una risorsa basilare e prioritaria, bene comune dell'umanità, stia rappresentando un interesse economico tale da essere paragonato a un bene di consumo e di mercato (Barlow, Clarke 2002). Oggi, alla crisi idrica che coinvolge molte popolazioni che vivono nei Paesi a basso reddito si affianca una scarsità di risorse in quelli più sviluppati che – a causa di politiche ambientali discutibili e della crescita demografica – si stanno trasformando in aree a stress idrico o con scarsità idrica. Il 71% della superficie terrestre è coperto da acqua, di cui il 97% è salata, il rimanente 3% è acqua dolce proveniente da ghiacciai e nevi perenni (68,9%), falde sotterranee (29,9%) e acque superficiali (1,2%); solo l'1% è acqua accessibile per uso umano.

Nei prossimi anni si prevede un aumento delle superfici agricole che dovranno ricorrere alla pratica irrigua per stabilizzare le rese: la conseguenza diretta è un maggior consumo di acqua utilizzata per questo scopo. Circa il 70% del consumo idrico mondiale viene assorbito dall'agricoltura, con punte del 90% in alcune economie emergenti. Per questo è necessario un uso oculato della risorsa idrica, usufruendo di tecnologie irrigue innovative che permettano pratiche agricole senza spreco d'acqua e consentano di salvaguardarne la qualità.

3.4.4.1 Sistemi di supporto alle decisioni per l'irrigazione

I Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) per l'irrigazione sono in grado di simulare il bilancio idrico delle colture,

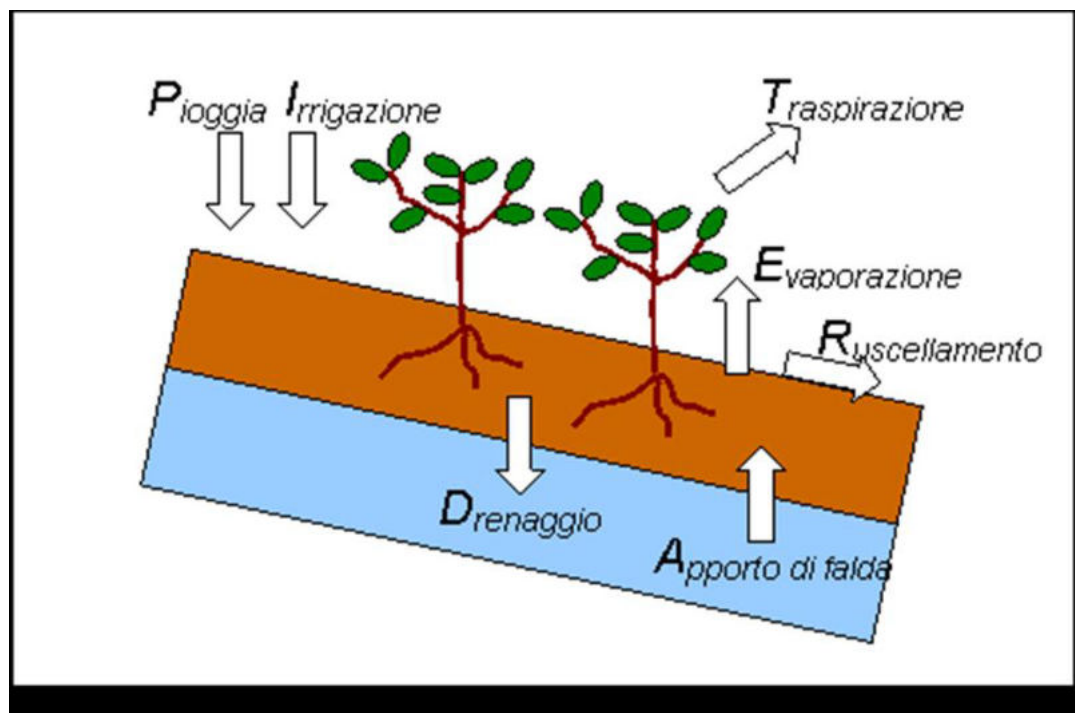


FIGURA 6 - SCHEMA CLASSICO DI UN BILANCIO IDRICO.

In termini agronomici la carenza di acqua nella pianta determina complessivamente una riduzione dell'attività vegetativa, della produttività e della qualità dei prodotti.

Mentre la maggior parte di un principio nutritivo viene trattenuto dalla pianta che l'ha assorbito, la caratteristica saliente dell'acqua è il suo continuo fluire, a senso unico, dal terreno attraverso le radici, lungo il fusto e fino alle superfici fogliari, diffondendosi, poi, come vapore nell'aria attraverso gli stomi.

In un sistema suolo-vegetazione, la compilazione di un bilancio idrico richiede la stima di diverse componenti (Fig.6), secondo l'equazione:

$$P + I + A_f + \Delta U - R - D - E - T = 0$$



FIGURA 7- SCHEMA IOT PER DEFINIRE AL MEGLIO GLI APPORTI IRRIGUI

i cui termini, espressi in mm di acqua, sono:

- P, precipitazioni;
- I, irrigazione;
- Af, apporto di falda;
- D, drenaggio;
- R, ruscellamento;
- E, evaporazione;
- T, traspirazione;
- ΔU , variazione del contenuto di acqua lungo il profilo del terreno.

Possiamo pensare ad una semplificazione della stessa necessaria per poter misurare tutti i singoli parametri. Formula (1)

(1) $P+I-E-T=0$

Dove:

P - Misurata attraverso il Pluviometro

I - Misurata dal Nodo Gocciolatore

E e T - Misurata dal Nodo Meteo attraverso la radiazione e la Temperatura dell'aria.

L'acqua di falda ed il drenaggio possono essere monitorate impiegando sensori capacitivi e volumetrici.

Il bilancio idrico dello strato del terreno esplorato dalle radici viene determinato considerando gli apporti delle piogge, delle irrigazioni e della risalita capillare, al netto delle perdite evapotraspirative, percolazione profonda e ruscellamento.

In questo modo è possibile valutare lo stato idrico della pianta e fornire un consiglio irriguo, ovvero la quantità di acqua che deve essere erogata con l'irrigazione per portare il terreno alle condizioni di umidità ottimali.

Questi strumenti sono e saranno sempre più determinanti per attuare irrigazioni di precisione, evitando:

sprechi di acqua,

stress alla coltura dovute ad eccessi e scarsità d'acqua.

perdite di prodotto.

La stima dei fabbisogni irrigui non dovrebbe essere basata solo sull'esperienza empirica dell'agricoltore: per utilizzare efficacemente l'acqua in un contesto di irrigazione di precisione è necessario unire le conoscenze su coltura, suolo ed andamento meteorologico all'utilizzo di tecnologie in grado di elaborare velocemente i dati e restituire output comprensibili ed utilizzabili nella programmazione e gestione delle irrigazioni.

In questo senso, l'integrazione tra dati tele rilevati e dati raccolti a terra può costituire una tecnica per sopperire alla mancanza di osservazioni su vasta scala.

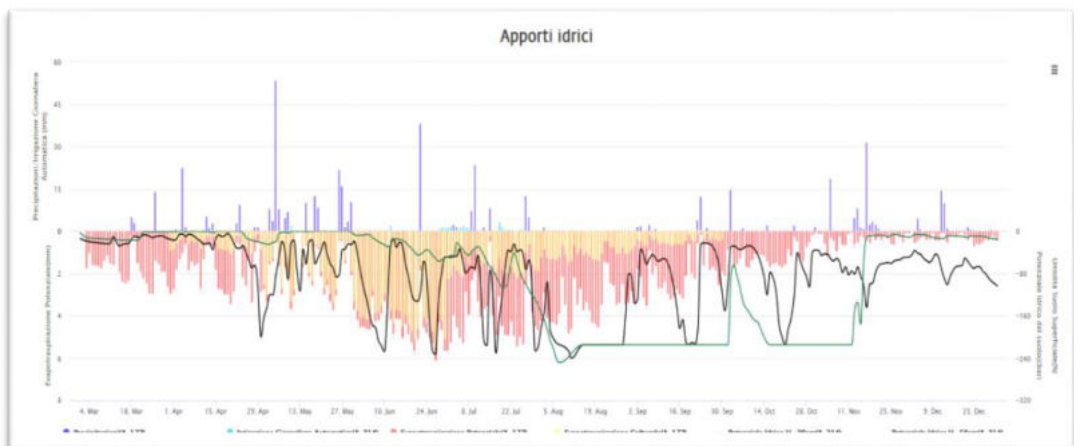


FIGURA 8. APPORTI IDRICI DELLE VARIE COMPONENTI: GLI ISTOGRAMMI VERSO L'ALTO RAPPRESENTA L'ACQUA CHE ENTRA NELL'IMPIANTO MENTRE A GLI ISTOGRAMMI VERSO IL BASSO, L'ACQUA CHE ESCE DALL'IMPIANTO.

Negli istogrammi in rosso è rappresentata l'evapotraspirazione potenziale, in giallo l'evapotraspirato colturale, in azzurro l'acqua misurata dal nodo gocciolatore ed in viola le precipitazioni. Mentre le linee verde e nera rispecchiano l'andamento dei potenziali idrici a due differenti profondità.



FIGURA 9 BILANCIO IDRICO OTTENUTO DAL CALCOLO DELLA FORMULA (1)

Nel grafico (fig.9) possiamo calcolare giorno per giorno gli apporti idrici, dovuti a piogge, irrigazione ed evapotraspirato colturale, così facendo il DSS è in grado di dare consigli irrigui agli agricoltori tenendo conto delle condizioni di deficit e surplus.

Grado di raggiungimento o degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	Obiettivi raggiunti Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.3.4.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
FAMOSÀ		€ 168800	Programmazione piattaforma GF	€ 50000
			Totale:	€ 50.000

2.3.5 Attività e risultati Azione 3.5

Azione 3.5	Analisi dei dati e dei costi
Unità aziendale responsabile	UNIBO
Descrizione delle attività	<p>3.5.1. Supporto alla valutazione del ciclo di vita del prodotto realizzato attraverso le buone pratiche agricole introdotte, in collaborazione con i tecnici delle aziende coinvolte.</p> <p>In questa fase le attività si sono focalizzate nella misura dell'impatto ambientale rappresentativo di alcune specie frutticole coltivate dai soci della cooperativa Granfrutta Zani con l'ausilio di alcune tecnologie riguardanti l'agricoltura di precisione. Le specie frutticole oggetto di analisi sono state: Albicocche Faralia, Nettarine Romagna Red, Susine September Yummy, Pere Abate, Mele Rosy Glow, Kiwi Hayward. Allo stato attuale il progetto vede implementate alcune tecnologie di monitoraggio (sensori) all'interno dei frutteti. L'adozione di tali sensori, in grado di rilevare dati meteorologici (temperatura dell'aria, umidità,</p>

pressione atmosferica, livello di precipitazioni, radiazione solare) e dati provenienti dal sistema suolo/frutteto (stato idrico, temperatura, livello di acidità del terreno, bagnatura fogliare e diametro dei frutti), ha contribuito a ridurre gli apporti di input agricoli (fertilizzanti, agrofarmaci, risorse idriche ed energetiche) nel corso dell'ultima stagione 2018/2019. In questo contesto, obiettivo primario di questa fase è stato la valutazione dell'impronta carbonica (Carbon Footprint, CF) individuando ed analizzando le principali fonti di emissione riconducibili alle attività agricole per la coltivazione delle specie frutticole.

3.5.1.2 Metodi

Per quanto concerne la valutazione delle emissioni e degli effetti ambientali provocati dall'attività antropica di coltivazione della frutta viene adottata la metodologia di calcolo della CF mediante l'analisi del ciclo di vita (Life-cycle analysis, LCA).

L'analisi LCA fornisce un supporto decisivo per il miglioramento dei processi agricoli, mettendo in evidenza i processi poco efficienti dal punto di vista energetico ed ambientale. L'analisi LCA condotta in questo progetto fa riferimento alla norma ISO 14040 (Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework). Nel contesto dell'LCA, la stima della CF riferita alla produzione di frutta si basa sul calcolo delle emissioni totali di gas serra prodotti dall'uso di input agricoli e di energia necessaria per lo svolgimento delle attività agronomiche intercorse nel periodo di riferimento.

La CF è calcolata come il rapporto tra emissioni totali e resa totale, considerando entrambe le grandezze per unità di superficie. Il procedimento di analisi LCA si esplica in quattro fasi: definizione di ambito ed obiettivo (1), analisi inventariale (2), valutazione di impatto (3) e interpretazione e discussione dei risultati (4). In questo contesto, scopo e ambito dell'analisi, coincidono con quelli del progetto DIGIFRUIT. La fase di analisi inventariale corrisponde ad un inventario dei dati riguardanti la quantificazione degli input / output relativi ai frutteti oggetto di analisi. Ciò ha implicato la raccolta dei dati riferiti alle coltivazioni, resi disponibili dai tecnici della Capofila. La terza fase di valutazione di impatto si riferisce sostanzialmente alla stima della CF per kilogrammo di frutta prodotta. Nella quarta fase i risultati vengono sintetizzati e discussi.

3.5.1.3 Definizione di ambito ed obiettivo

In aggiunta alle informazioni citate in precedenza ed agli obiettivi progettuali, si riportano altre informazioni che definiscono il contesto dell'analisi effettuata. L'approccio utilizzato per la stima del ciclo di vita della frutta è dalla culla all'azienda (Cradle-to-farm gate). In particolare, i flussi di massa e di energia sono stati valutati in riferimento alle seguenti fasi del ciclo di vita: coltivazione e raccolta della frutta, uso degli input agricoli e di energia durante tutti le fasi produttive e stoccaggio del prodotto raccolto in cella frigorifera. Le fertilizzazioni, i trattamenti insetticidi, acaricidi, fungicidi, erbicidi e fitoregolatori e l'irrigazione sono stati valutati in relazione al ciclo di coltivazione annuale. L'uso delle strutture aziendali non è stato preso in

considerazione per il calcolo degli impatti, così come non sono state prese in considerazione le fasi di commercializzazione del prodotto e il fine vita in termini di smaltimento dei residui organici e degli imballaggi primari. L'unità funzionale, ossia l'unità di riferimento per l'allocazione dell'impatto ambientale, è espressa in termini di massa (1 kg di frutta).

3.5.1.4 Analisi inventariale – dati primari

I dati resi disponibili riguardano estensione e tipologia di coltivazione in relazione ai frutteti, input utilizzati in termini di fertilizzanti, agrofarmaci, acqua ed apporti energetici, e output, in termini di rese e di packaging.

TABELLA 1- CARATTERISTICHE PRINCIPALI DEGLI IMPIANTI

Frutteto	Estensione (ha)	Sesto d'impianto (m)	Tipo di impianto	Anno di impianto
Albicocche	0.35	4.0 x 1.5		2009
Nettarine	1.20	3.5 x 0.6		2012
Susine	7.70	4.2 x 1.5, 4.8 x 2.0, 4.5 x 2.0	Fusetto, Vaso	2013
Pere	1.16	4.5 x 2.0		
Mele	1.04	3.5 x 2.0		
Kiwi	22.95	5.0 x 2.0		

Nel 2018 la resa delle albicocche è stata pari a 71.9 q (206 q ha⁻¹), mentre nel 2019 è stata pari a 78.9 q (226 q ha⁻¹). Per quanto riguarda le nettarine la resa nel 2018 è stata pari a 421.6 q (351 q ha⁻¹), mentre nel 2019 è stata pari a 330.1 q (275 q ha⁻¹); il calo di produzione delle nettarine è perlopiù imputabile alle ingenti precipitazioni occorse durante la fase di raccolta. Per le susine la resa si è attestata pari a 1716.5 q (223 q ha⁻¹) nel 2018 e di 4610.8 q (599 q ha⁻¹) nel 2019. Per le pere le rese sono risultate pari a 604 q (520 q ha⁻¹) nel 2018 e 266.1 q (229 q ha⁻¹) nel 2019. Le rese di mele e kiwi nel 2018 sono state rispettivamente pari a 564.3 q (543 q ha⁻¹) e 617.9 q (26.9 q ha⁻¹). Per queste due specie si è resa necessaria la stima delle rese per la campagna del 2019 in quanto al momento della fase di inventario (novembre 2019) la raccolta risultava ancora in atto e, secondo i dati comunicati dai tecnici aziendali, è stata completata al 50% (362.3 q, ossia 349 q ha⁻¹) per le mele e all'80% (3721 q, cioè 162 q ha⁻¹) per i kiwi. Partendo da tali indicazioni si è stimato l'ammontare della restante produzione ancora da raccogliere; il valore di riferimento per le mele è pari a 724.5 q (698 q ha⁻¹) mentre per i kiwi è pari a 4651.2 q (202.6 q ha⁻¹). Per tutte le produzioni le attività agronomiche hanno avuto luogo nel periodo della campagna 2018/2019, attraverso lavorazioni meccaniche, trattamenti fitosanitari e fertilizzazioni. Il periodo di inizio raccolta è stato: luglio 2019 per albicocche e nettarine, settembre 2019 per le susine, inizi di agosto 2019 per le pere e ottobre 2019 per mele e kiwi. Il compost applicato è considerato prodotto da materie prime costituite da rifiuti organici provenienti principalmente da raccolta differenziata. Figurano negli output della produzione, oltre alle rese di frutta, anche il packaging del prodotto finale. I rifiuti da biomassa risultanti dalle attività di potatura non rientrano negli output: tali attività

sono state condotte a ciclo chiuso, e per tale biomassa si è ipotizzato un bilancio carbonico in equilibrio. La Tabella 2 riporta le quantità degli input e degli output agronomici raccolti sul campo dai tecnici aziendali.

TABELLA 2 - PRINCIPALI INPUT E OUTPUT RELATIVI ALLA PRODUZIONE DI FRUTTA

Input	Albicocche	Nettarine	Prugne	Pere	Mele
Fertilizzanti (kg ha⁻¹)					
Vegetativi	7.01	3.65	11.35	28.80	2.2
a base N	331.19	-	137.40	-	148.9
a base N, P, K	534.49	0.55	119.48	-	
a base N, K	14.83	-	-	17.10	
a base Fe	0.57	-	107.53	-	
a base Mg, N	19.65	-	28.97	46.96	8.8
Compost	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00	20000.00
Fitofarmaci (kg ha⁻¹)					
Insetticidi	19.35	14.54	65.6	60.44	13.2
Fungicidi	16.01	23.12	59.6	57.87	23.2
Erbicidi	5.03	2.47	2.17	11.8	4.4
Pesticidi	-	29.87	-	-	14.0
Apporti idrici (HI ha⁻¹)					
Irrigazione	16333.33	26666.67	32666.66	32666.66	3984.0
Trattamenti	91.73	185.42	636.00	783.86	1681.6
Contenitori di raccolta (ha⁻¹)					
Cassette	1413	-	3744	15	
Bin	-	120	-	99	30
Output					
Resa (kg ha ⁻¹)	22607	27485	59900	22900	6980
Packaging (kg ha ⁻¹)	316.5	384.8	838.6	3206.0	977

Per tutti frutteti considerati la modalità d'irrigazione è a goccia, con un gocciolatore ogni sesto d'impianto; i consumi complessivi di acqua per gocciolatore sono stati stimati pari a 98 HI per le albicocche, 86 HI per le nettarine, 229 HI per le susine, 294 HI per le pere, 269 HI per le mele, 417 HI per i kiwi.

I box di raccolta variano a seconda del tipo di frutta: per le albicocche, susine e per una parte esigua della produzione di pere (pari all'1% della resa) si sono utilizzate cassette dal peso netto di 2 kg con una capacità di 16 kg di prodotto. Per nettarine, mele, kiwi e la restante parte della produzione di pere (99% della resa) sono stati impiegati bin dal peso netto di 33 kg, contenenti circa 230 kg di prodotto. Entrambi i contenitori sono fabbricati in PE ad alta densità, con una vita utile di 15 anni. Il loro impatto è stato pesato su un solo anno di produzione in linea con il periodo di riferimento assunto per il calcolo dell'impronta carbonica. La

frutta, dopo la raccolta e lo stoccaggio viene confezionata all'interno di cestini in PET della capacità di 1 kg, dal peso netto di 14 g.

I consumi energetici per le attività su campo consistono principalmente nell'impiego di combustibile per le macchine agricole. Essi sono stati stimati sulla base delle informazioni raccolte in azienda. Per le finalità di calcolo si è considerato che le attività agricole venissero svolte attraverso l'impiego di una trattrice Fiat da frutteto con una potenza nominale di 100 cv, caratterizzata da un consumo standard di gasolio a 2500 giri min⁻¹ con consumo di combustibile pari a 5 l ha⁻¹, eventualmente accoppiata con un carro raccolta e un carro porta-bin, ciascuno dei quali determina un consumo di combustibile aggiuntivo stimabile in 2.5 l ha⁻¹. La Tabella 3 riporta i consumi medi di combustibile per tipo di attività agronomica.

TABELLA 3 - CONSUMO DI COMBUSTIBILE PER LE ATTIVITÀ AGRICOLE

	Trinciatura	Diserbo, Concimazione	Diradamento, Potatura	Raccolta
Trattrice (l ha ⁻¹)	6.0	3.0	3.0	5.0
+ carro raccolta	-	-	2.5	2.5
+ carro porta- bin	-	-	-	2.5

Per albicocche si sono eseguite 12 trinciature mentre le potature hanno riguardato un solo intervento invernale. Anche per le nettarine si sono registrati 12 interventi di trinciatura mentre le potature eseguite sono state 3 (una invernale e due estive). Per le susine si sono registrati un intervento di potatura invernale, un intervento estivo e un diradamento. Le trinciature complessivamente eseguite sono state 7. Per le pere si è registrato un solo intervento di potatura nella stagione invernale mentre il numero di trinciature eseguite è stato pari a 7. Le operazioni eseguite sul meleto hanno riguardato una potatura invernale, una estiva e un passaggio di defogliazione preraccolta; il numero di trinciature effettuate è stato pari a 10. Per il frutteto di kiwi, gli interventi complessivamente eseguiti hanno riguardato una potatura estiva, una potatura invernale, un diradamento, una defogliazione preraccolta e 10 passaggi di trinciatura. Tutti gli interventi di potatura sono stati eseguiti a ciclo chiuso, con reintegrazione della biomassa prodotta.

3.5.1.5 Analisi inventariale – dati secondari

I dati secondari descrivono il consumo energetico e l'impatto degli input per unità di massa secondo specifici fattori di conversione. In questo studio si è fatto riferimento all'energia grigia, ossia alla quantità di energia necessaria per la produzione, il trasporto, e lo smaltimento dei materiali. L'energia grigia per unità di massa associabile a fertilizzanti e agrofarmaci è stata presa da (Villalobos & Fereres, 2016), (Ardente, et al., 2016) e (West & Marland, 2002). I fattori di emissione carbonica sono stati presi da (VegaAlga, 2017), (Kool, et al., 2012), (Fertilizers Europe, 2011), (Ardente, et al., 2016), (Brentrup, et al., 2000) e (West & Marland, 2002). La Tabella 4 riporta i valori utilizzati in riferimento all'energia grigia e ai fattori di conversione. Per quanto riguarda il compost, in termini di bilancio di carbonio, si precisa che spesso l'uso

finale di questo materiale può essere contabilizzato addirittura a credito, grazie all'evitato conferimento dei rifiuti a monte in discarica e alla capacità di sequestro del carbonio nel corso del ciclo di vita da parte della frazione di biomassa (Brown, et al., 2008). In ogni caso, i contributi di rilascio o di cattura del carbonio sono altamente specifici e variano da progetto a progetto. In questo lavoro, in assenza di una base dati solida e di sistemi di allocazione precisi, si è fatto riferimento ad un bilancio carbonico in equilibrio. Il contributo dei fungicidi in termini di rilascio di gas serra nel periodo successivo alla loro applicazione si può considerare trascurabile (West & Marland, 2002), e pertanto è stato stimato solo l'impatto relativo alla loro produzione. Per la stima dell'impronta carbonica delle plastiche PE e PET si è fatto riferimento ai valori proposti da (Albrecht, et al., s.d.) e (Inakollu, et al., 2017). In questa fase sono stati altresì stimati i consumi elettrici dovuti all'uso irriguo e alla refrigerazione. La Tabella 4 riporta i consumi energetici di tali processi, consumi quelli stimati per i trattamenti grazie ai dati riportati in Tabella 3. L'energia elettrica per l'irrigazione è stata calcolata moltiplicando il volume di acqua totale, ricavabile dal prodotto del consumo registrato dai gocciolatori per il numero totale di gocciolatori, per la potenza della pompa (10.5 kW) e la portata media (640 l m⁻¹). Per la refrigerazione, in assenza di dati aziendali, è stato stimato un impiego di energia elettrica annuale pari a 0.1 kWh a settimana per kg di prodotto stoccato in un contesto simile (Balduzzo, 2014). La frutta staziona all'interno dei locali refrigerati per un tempo variabile. Sulla base delle indicazioni aziendali, in questo lavoro si fa riferimento ad una durata media di 12.5 giorni per le albicocche, 4 giorni per le nettarine, 35 giorni per le susine, 90 giorni per le pere, 65 giorni per le mele e 90 giorni per i kiwi.

TABELLA 4 - CONSUMO DI ENERGIA TOTALE DELLE ATTIVITÀ AGRICOLE (kWh)

	Trattamenti	Irrigazione	Refrigerazione
Albicocche	610	156	1409
Nettarine	2337	176	1886
Prugne	1051	89	29950
Pere	1276	89	29443
Mele	1791	105	67281
Kiwi	1308	114	26056

3.5.1.6 Risultati

In questa fase vengono riportati i risultati relativi all'impatto ambientale della frutta coltivata con metodi innovativi misurata attraverso l'LCA (Analisi di impatto). Viene altresì riportata una stima della CF riferita alla frutta convenzionale, sulla base delle indicazioni fornite dai tecnici aziendali.

3.5.1.7 Analisi di impatto

In questa fase gli impatti energetici degli input, degli output e dei vari processi sono stati ricondotti alle unità funzionali (1 kg di frutta) sulla base delle rese del 2019. La Tabella 5 riporta la CF riferita alla

produzione della frutta suddivisa per input ed attività. Tutti gli impieghi energetici sono stati pesati per il fattore di emissione pari a 406.309 gCO₂ kWh⁻¹ proposto dall'Agenzia internazionale dell'energia.

TABELLA 5– CF DELLA FRUTTA A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE (G CO₂), FU = 1 KG DI FRUTTA

	Albicocche	Nettarine	Susine	Pere	Mele	Kiwi
Fertilizzanti						
Uso	9.46	0.01	13.18	3.03	7.97	18.67
Energia grigia	20.19	2.17	23.68	9.08	17.80	82.67
Agrofarmaci						
Uso	0.08	0.14	1.27	3.50	0.46	1.34
Energia grigia	6.36	9.40	76.83	201.46	28.20	55.63
Energia						
Macchine agricole	3.14	2.88	7.13	19.48	10.42	26.23
Irrigazione	0.80	1.10	6.06	15.85	6.11	22.84
Refrigerazione	7.26	2.32	203.15	522.40	377.30	522.40
Packaging						
Box di raccolta	20.00	22.96	20.00	22.93	20.00	22.96
Packaging	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Totale	67.31	41.00	353.10	799.96	471.78	752.75

Il grafico mostrato in Figura 1 mostra il contributo relativo degli input e degli output considerati. L'incidenza del fattore "frigoconservazione" sull'ammontare della CF in specie come albicocco e nettarino è risultata in media pari all'8.2%, a fronte di un valore medio del 68.2% osservato nelle altre specie. Ciò è dovuto all'elevata permanenza media stimata in cella frigorifera che caratterizza la frutta autunnale ed invernale.

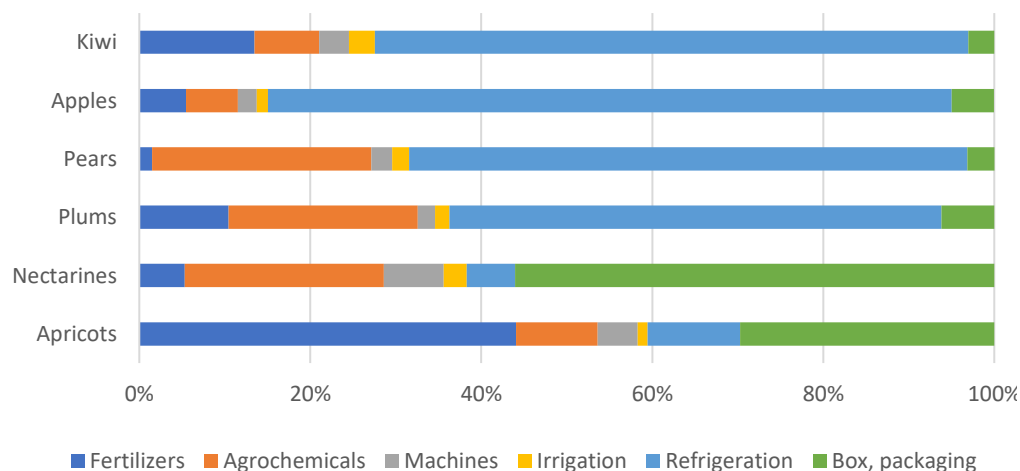


FIGURA 1 – CF RELATIVA AL CONTRIBUTO DEGLI INPUT/OUTPUT CONSIDERATI

3.5.1.8 Stima della CF in riferimento al sistema di coltivazione convenzionale

Per quanto riguarda la stima della CF della frutta convenzionale si è assunto che le lavorazioni meccaniche, gli interventi fitosanitari e le attività di irrigazione e fertilizzazione fossero condotti secondo gli standard aziendali, ossia senza l'ausilio delle tecnologie di precisione. I dati raccolti si riferiscono agli apporti maggiorativi in riferimento nell'annata 2018/2019 e riguardano i seguenti fattori: utilizzo dell'acqua per irrigazione con un incremento pari al 25% rispetto al sistema di precisione, causato dall'assenza di sensoristica negli impianti di micro irrigazione; maggior impiego nelle dosi di fertilizzanti (azotati) ed agrofarmaci pari al 33% rispetto allo scenario di agricoltura di precisione; maggior consumo di carburante determinato dal numero maggiore di interventi meccanici stimati (+20%). Tali stime sono state fornite dai tecnici aziendali. La Tabella 6 riportata, per ogni specie frutticola, i valori degli apporti differenziali calcolati in base a tali stime. A causa del maggiore impiego di input, la conduzione dei frutteti con sistemi convenzionali ha evidenziato un impatto ambientale più elevato. La Tabella 7 riporta i valori differenziali e totali di CF stimati.

In termini relativi, l'impiego dei sensori ha messo in luce un ridotto impatto ambientale in termini di impronta carbonica rispetto al sistema di conduzione convenzionale. In particolare, per le albicocche la riduzione è stata pari al 15.4%, 9.9% per le nettarine, 10.8% per le susine, 9.9% per le pere, 3.9% per le mele e 6.9% per i kiwi. Il grafico mostrato in Figura 2 mostra un confronto della CF tra la frutta a ridotto impatto ambientale e la frutta coltivata con metodi convenzionali.

TABELLA 6 - INPUT AGGIUNTIVI STIMATI PER LA PRODUZIONE DI FRUTTA CONVENZIONALE

	Albicocche	Nettarine	Susine	Pere	Mele	Kiwi
Apporti idrici (Hl ha⁻¹)						
Irrigazione	5389.99	8800.00	10780.00	10780.00	13147.20	13740.00
Trattamenti	30.27	52.67	209.88	258,67	554.73	32.01
Energia						
Consumo di carburante (l ha ⁻¹)	20.40	18.00	19.20	63.47	33.00	24.00
Fertilizzanti (kg ha⁻¹)						
a base N	299.55	1.38	133.56	30.64	52.80	90.20
Agrofarmaci (kg ha⁻¹)						
Fungicidi	5.28	7,62	19.66	19.09	7.66	1.98
Pesticidi	6.38	4.80	21.64	19.94	4.38	7.10
Erbicidi	1.65	0.81	0.71	3.90	1.45	0.87

TABELLA 7 - CF DELLA FRUTTA CONVENZIONALE (G CO₂), FU = 1 KG DI FRUTTA (STIMA)

	Albicocche	Nettarine	Susine	Pere	Mele	Kiwi
Fertilizzanti						
Uso	3.15	0.00	4.39	1.01	2.66	6.22
Energia grigia	6.73	0.72	7.90	3.62	3.13	17.49
Agrofarmaci						
Uso	0.02	0.05	0.42	1.17	0.61	0.45
Energia grigia	1.79	3.13	25.61	67.15	6.76	18.54

Energia						
Macchine agricole	0.35	0.32	2.23	9.81	4.21	5.27
Irrigazione	0.20	0.30	2.02	5.30	2.04	7.61
Somma apporti	12.25	4.50	42.57	88.05	18.94	55.60
Totale	79.56	45.51	395.67	888.02	490.73	808.33

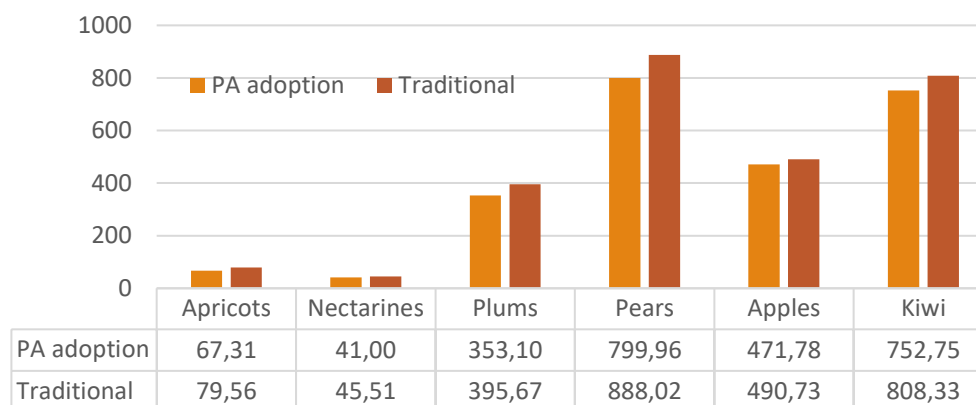


FIGURA 2 – CONFRONTO TRA LA CF DELLA FRUTTA A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE E CONVENZIONALE (G CO₂), 1 KG FRUTTO

3.5.2. Valutazione della percezione del valore dei prodotti da parte del consumatore sulla base della riduzione del parametro “Carbon Footprint”

In questa fase del lavoro è stato condotto un esperimento economico su un campione di 182 consumatori, interpellati al fine di misurare il valore da essi attribuito alla frutta a ridotto impatto ambientale (ridotta CF) rispetto a un prodotto equivalente convenzionale caratterizzato da una maggiore CF. Obiettivo del lavoro è la valutazione della percezione del valore di prodotti maggiormente sostenibili e della potenziale maggior richiesta di mercato ad essa associata.

3.5.2.1 Metodi

In questa parte sono descritte le metodologie di svolgimento degli esperimenti economici basati sulle aste sperimentali per la misurazione della WTA.

3.5.2.2 Aste sperimentali e WTA

Per stimolare le valutazioni dei consumatori relative a nuovi prodotti e servizi, la metodologia più utilizzata è quella delle aste sperimentali, soprattutto per quanto riguarda nuovi prodotti alimentari e nuovi metodi di tecnologia agricola (vedi ad esempio De Groote et al. 2011; Birol et al., 2015; Henna et al., 2019).

Questo metodo si avvicina particolarmente alle condizioni di mercato reali dal momento che prevede l'impiego di prodotti e scambi monetari reali suscitando, di conseguenza, valori espressi più veritieri da parte dei partecipanti all'asta (Brugarolas et al., 2009). I consumatori si trovano così in un ambiente di mercato attivo e non ipotetico, in cui si manifestano reali conseguenze economiche nel dichiarare preferenze che eventualmente differiscono da quelle che realmente desiderano.

(Lusk et al., 2007). Il meccanismo utilizzato, detto “compatibile con gli incentivi” (Lusk et al., 2007), aiuta a indurre ciascun offerente a presentare un’offerta sincera, che si avvicini più possibile al proprio valore di riserva (ossia il prezzo che il consumatore è disposto a pagare per l’acquisto di una unità di bene), prendendo più seriamente in considerazione la decisione in fase d’asta.

In questo contesto, il meccanismo d’asta più famoso è l’asta di secondo prezzo. Generalmente, in un’asta di secondo prezzo, gli offerenti che partecipano alla sessione d’asta, presentano contemporaneamente le loro offerte in forma anonima; l’offerente che ha presentato l’offerta più alta vince e si aggiudica il bene oggetto d’asta, e pagherà un ammontare pari alla seconda offerta più alta, evidentemente inferiore alla prima.

Questa metodologia presenta anche alcuni svantaggi quali costi, limitazioni geografiche sui campioni e, di conseguenza, non rappresentanza del campione. È possibile altresì che vi siano discrepanze tra i comportamenti osservati in fase di esperimento e le pratiche reali adottate dai soggetti. Possibili distorsioni sono infine legate al gioco competitivo nel tentativo di vincere l’asta (Lee & Hatcher, 2001; Voelckner, 2006). Tuttavia, per quanto tali limitazioni possano influire negativamente sui risultati dell’esperimento, l’asta sperimentale resta comunque una metodologia da preferirsi ad altre, come il metodo CV e l’analisi congiunta.

La disponibilità a pagare (dall’inglese Willingness To Pay, WTP) è una misura del valore che i consumatori attribuiscono a un bene o servizio (Martínez-Carrasco et al., 2015). Nello specifico, essa indica la quantità massima di denaro che i consumatori pagherebbero per una determinata quantità del prodotto (Kalish & Nelson, 1991). Il valore soggettivo di un bene può essere visto anche sotto un’altra prospettiva, ovvero quella della disponibilità ad accettare (dall’inglese Willingness To Accept, WTA); la WTA è, a differenza della WTP, l’ammontare minimo, in termini monetari, che una persona è disposta ad accettare per la vendita o lo scambio di un bene.

3.5.2.3 Reclutamento

Per svolgere l’esperimento si è deciso di reclutare un certo numero di partecipanti. I reclutamenti, svolti a ridosso delle aste in supermercati poco distanti dalla sede degli esperimenti, hanno avuto luogo nelle province di Ravenna e Bologna, tra Luglio 2019 a Novembre 2019. Sono stati fissati i seguenti requisiti per la partecipazione agli esperimenti:

- Maggiore età
- Responsabilità almeno parziale degli acquisti del proprio nucleo familiare
- Consumo di frutta

3.5.2.4 Sessioni d’asta

Ad ogni partecipante è stato chiesto quanto fosse disponibile ad accettare (WTA), in termini monetari, per poter scambiare il bene in

proprio possesso, consegnatogli in omaggio all'inizio dell'esperimento, con il bene oggetto d'asta; i due beni, simili tra loro, differiscono per un aspetto di qualità sintetizzato dalla CF, che ogni partecipante è indotto a valutare soggettivamente in termini monetari. Poiché si è voluto misurare la WTA, il meccanismo di vincita si è basato necessariamente sulla richiesta più bassa. L'asta viene quindi aggiudicata dal soggetto che richiede la somma minore; quest'ultimo si aggiudica lo scambio del suo bene in possesso con il bene oggetto d'asta ricevendo in aggiunta la seconda richiesta più bassa, effettuata da un altro partecipante. Ogni partecipante, quindi, valuta inizialmente la differenza di valore, che egli percepisce, tra i due beni e poi, a questa differenza gli attribuisce un valore monetario; se esso attribuisce un valore maggiore al bene in suo possesso allora dovrà effettuare la sua richiesta minima che gli permetterà compensare la perdita subita dallo scambio tra i due beni. Le aste hanno avuto luogo negli uffici di Grafrutta Zani, a Bagnacavallo (RA) il 31/07/2019 e presso un ufficio preso in affitto nel centro di Bologna, a pochi metri dal luogo del reclutamento, ben collegato dai mezzi pubblici, in una zona accessibile a tutti, per tutte le date successive. Sulla base della stagionalità della frutta sono state effettuate tre giornate d'asta, di cui una in estate e due in autunno, nelle quali sono state effettuate un numero totale di 28 aste suddivise come segue:

- n. 9 aste nei giorni 30/07/2019 e 02/08/2019, per albicocche e nettarine;
- n. 10 aste nei giorni 06-07/11/2019, per susine e pere;
- n. 9 aste nei giorni 19-20/11/2019, per mele e kiwi.

Nel corso di ciascuna sessione, della durata indicativa di 20-30 minuti, i partecipanti sono stati fatti accomodare a un tavolo, a una distanza tale che ogni offerente potesse formulare la propria richiesta in maniera riservata, e sono stati forniti di tablet (o computer portatile), attraverso cui è stato possibile seguire la spiegazione del moderatore, rispondere ai quesiti e formulare le richieste d'asta. Per facilitare la partecipazione attiva da parte dei soggetti e per raccogliere automaticamente le risposte è stato utilizzato il programma Qualtrics, ampiamente impiegato per sondaggi, questionari e protocolli d'asta simili a quello adottato in questo lavoro. Prima di iniziare gli esperimenti, è stato chiarito a tutti i partecipanti cosa fossero le aste e come funzionasse l'asta di secondo prezzo. Non essendo, quest'ultima, familiare a molti, oltre alla spiegazione teorica, nel questionario presente sui tablet e computer, sono state inserite delle domande a risposta multipla e alcuni esempi, così da rendere la spiegazione più chiara. In particolare, quello che si è voluto far comprendere al meglio ai partecipanti attraverso spiegazioni ed esempi, è stato l'obiettivo principale dell'asta, ovvero quello di sollecitare il valore di riserva di ognuno, e la strategia migliore da utilizzare durante l'asta, vale a dire quella di richiedere il valore minimo che si è disposti ad accettare per effettuare lo scambio tra il bene in possesso e quello oggetto d'asta.

I partecipanti sono stati informati anche riguardo i principi dell'Agricoltura di Precisione, ai quali la coltivazione della frutta

successivamente loro assegnata è stata ispirata. Questo è stato fondamentale per far comprendere quale fosse la caratteristica su cui basare il proprio valore di riserva in fase d'asta.

3.5.2.4 Procedura

Per ogni gruppo di partecipanti sono state effettuate due aste successive, con due tipi di frutta diversi. All'inizio di ogni asta è stato assegnato, gratuitamente, a ogni partecipante un chilo di frutta a ridotto CF. Successivamente è stato posizionato al centro del tavolo il bene oggetto d'asta: un chilo di frutta della stessa varietà di quella assegnata ai partecipanti, prodotta però con metodi convenzionali, caratterizzata da maggiore CF. La tabella 9 riporta i valori della CF della frutta oggetto d'asta.

TABELLA 9– CF DELLA FRUTTA OGGETTO DEGLI ESPERIMENTI ECONOMICI (G CO₂), 1 KG DI FRUTTA

Tipo di frutta	Albicocche	Nettarine	Susine	Pere	Mele	Kiwi
A ridotto impatto	66.59	40.01	345.87	783.49	462.70	732.20
Convenzionale	78.66	44.27	388.40	869.00	486.43	780.92

Oltre all'informazione riguardante la CF, ai partecipanti è stato reso noto il prezzo medio rilevato sul mercato per la frutta convenzionale. I prezzi al chilo comunicati sono stati: € 4.40 per le albicocche, € 1.80 per le nettarine, €4.00 per le susine, €3.20 per le pere, €1.50 per le mele e €4.00 per i kiwi.

I partecipanti, dopo essere stati informati sulle varie caratteristiche della frutta in loro possesso e su quelle della frutta convenzionale, sono stati invitati ad effettuare la loro richiesta, ossia a ragionare sul loro valore di riserva, privatamente. Al termine, il partecipante che ha effettuato la richiesta più bassa, è stato nominato vincitore dell'asta aggiudicandosi, oltre al chilo di frutta convenzionale, anche un premio monetario pari alla seconda richiesta più bassa formulata durante la sessione d'asta.

3.5.2.5 Risultati

I dati relativi alle misure della WTA da parte dei partecipanti agli esperimenti sono stati elaborati secondo metodi di analisi statistica monovariata, al fine di osservare la percezione del valore di prodotti maggiormente sostenibili da parte del consumatore e, conseguentemente, della potenziale maggior richiesta di mercato di questi prodotti. La Figura 3 mostra le richieste aggregate formulate dai partecipanti nella forma di curve di offerta.

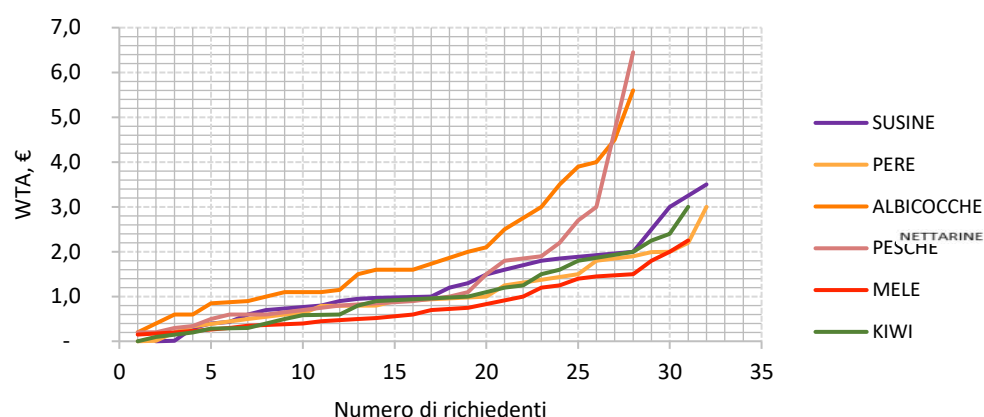


FIGURA 3– WTA SECONDO CURVE DI OFFERTA

Quasi la totalità dei richiedenti ha attribuito un valore positivo alla riduzione della CF.

Per le albicocche e le nettarine sono state raccolte un numero totale di 28 osservazioni. Tutti i richiedenti hanno attribuito un valore maggiore al prodotto sostenibile.

Per le susine e le pere sono state raccolte un numero totale di 32 osservazioni. In questo caso il 6.25% dei partecipanti, ha effettuato una richiesta nulla o prossima allo zero (€ 0.01); ciò indica che essi alcuni non attribuiscono al prodotto sostenibile un valore maggiore rispetto al prodotto convenzionale.

Per le mele e i kiwi sono state raccolte un numero totale di 31 osservazioni. Tutti i richiedenti hanno attribuito un valore maggiore al prodotto caratterizzato da una CF inferiore, ad eccezione per una sola osservazione nulla (3.1% del campione) in riferimento ai kiwi. La tabella 10 riporta i valori mediani della disponibilità ad accettare per la frutta oggetto di studio.

TABELLA 10 - WTA PER L'ATTRIBUTO "RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE" (€ KG⁻¹)

	Albicocche	Nettarine	Susine	Pere	Mele	Kiwi
WTA (mediana)	1.60	0.88	1.00	1.00	0.60	1.00
Prezzo frutta convenzionale	4.40	1.80	4.00	3.20	1.50	4.00
Valore medio potenziale della frutta a ridotto impatto	6.00	2.66	5.00	4.20	2.10	5.00

3.5.3. Valutazione dei costi-benefici dell'azione di innovazione rivolta all'agricoltura di precisione

Obiettivo di questa fase è stimare l'effetto economico in termini monetari derivante dall'adozione delle tecnologie previste dal piano di progetto. Oltre ad un risparmio inteso in termini ambientali, attraverso una riduzione degli input e quindi dei livelli di CO₂, come riportato nella Fase 1, ci si attende anche un apprezzabile risparmio economico, conseguenza diretta dei minori costi di produzione necessari per la gestione dei frutteti. Infatti, investendo in sensoristica e in sistemi di controllo delle colture, l'azienda necessiterebbe di un minor quantitativo di input per produrre lo stesso quantitativo di frutta che precedentemente produceva con sistemi convenzionali. La stima di tali effetti è stata effettuata attraverso la valutazione di tutti i flussi finanziari attesi attualizzati.

3.5.3.1 Metodi

La valutazione economico-finanziaria del progetto prevede l'adozione di un metodo di calcolo basato sull'analisi costi-benefici. Tale procedura consente di verificare la fattibilità economica del progetto. La base metodologica su cui si sviluppa il processo di stima realizzato in questo lavoro è costituita dalla disciplina dell'analisi economico - finanziaria proposta da Gallerani et al., (2004) all'interno della sezione dedicata alla valutazione privata degli investimenti. Nel contesto del case study oggetto di questo studio si fa riferimento alla valutazione privata dell'investimento, con un'attenzione quindi rivolta maggiormente alla rilevazione ex-ante dei flussi di cassa (cash flows) generati internamente all'azienda. A fronte delle informazioni note e riportate nelle fasi precedenti, l'analisi dell'investimento in sensoristica prevede le seguenti fasi:

- Fissazione dell'orizzonte temporale
- Determinazione dei flussi di cassa
- Scelta del saggio di sconto
- Calcolo dei parametri di valutazione
- Analisi di sensitività

La fissazione dell'orizzonte temporale rappresenta la fase in cui viene identificato il periodo durante il quale si manifesteranno gli effetti dell'investimento. La determinazione della durata tecnico economica dell'orizzonte temporale deve tenere conto, oltre che della longevità fisica, anche degli aspetti legati all'obsolescenza tecnica e commerciale delle risorse investite nel progetto. La determinazione dei flussi di cassa, eseguita a valori monetari costanti, segue due principi: principio di cassa, secondo cui le entrate e le uscite da considerare nel computo debbano essere solamente quelle espresse in termini monetari e non figurativi, e principio dell'analisi differenziale, in base al quale nell'analisi vanno considerati i flussi legati esclusivamente all'investimento in questione evitando di computare costi e ricavi che si sarebbero generati anche in assenza dell'investimento.

Per la scelta del saggio di sconto prevede che la scelta sia operata secondo uno dei due seguenti criteri: il costo opportunità del capitale, secondo il quale il saggio impiegato nell'analisi debba essere

commisurato al rendimento che il capitale potrebbe ottenere se impiegato in investimenti alternativi; il rendimento atteso, un criterio di natura più “soggettiva” in quanto prevede che l'imprenditore assegni un saggio di interesse pari a quello che ragionevolmente reputerebbe di ottenere attraverso il progetto di investimento.

Il calcolo dei parametri di valutazione è la fase che prevede l'attualizzazione dei costi e dei benefici attesi al momento iniziale. Una volta ottenuti i valori di accumulazione iniziale di costi e benefici è possibile calcolare i seguenti indici di valutazione: valore attuale netto (VAN), rapporto benefici costi (RBC), saggio di rendimento interno (SRI) e tempo di ritorno del capitale (TRC).

In ultimo, l'analisi di sensitività è utile a limitare le incertezze nel processo di stima tenendo conto a priori del fattore rischio legato all'investimento. In questo lavoro si farà riferimento alla variazione del VAN in corrispondenza alla variazione dei costi operativi.

Per la valutazione della convenienza all'investimento si è fatto riferimento al confronto tra una situazione di status quo e una situazione alternativa riguardante la scelta di investire in tecnologie di precisione. Tale confronto è avvenuto ipotizzando due scenari alternativi indipendenti: il primo scenario si riferisce alla coltivazione basata su metodi convenzionali e non prevede investimenti; il secondo scenario prevede l'investimento, implicando un esborso in termini monetari per l'acquisto delle tecnologie previste. Di conseguenza, gli indici finanziari sono stati calcolati su base differenziale, ossia stimando la differenza di costi e ricavi rispetto allo scenario base.

Per la stima della struttura di ricavi e costi nello scenario che prevede l'investimento, i maggiori costi derivano dall'acquisto e dall'utilizzo delle strumentazioni di Smart farming mentre gli eventuali maggiori ricavi (nella forma di risparmio di costi operativi) sono desumibili dalla differenza tra costi colturali sostenuti nello scenario base e costi colturali ricalcolati a seguito del cambio di scenario, a parità di resa agricola. I minori quantitativi di input derivano dalle stime fornite dai tecnici aziendali riportati in Fase 1.

3.5.3.2 Risultati

In questa sezione vengono presentati i risultati emersi dalla valutazione della convenienza per i soci della cooperativa ad effettuare l'investimento in tecnologie di Smart farming da inserire all'interno del sistema di coltivazione dell'albicocco, del pesco, del susino, del pero, del melo e del kiwi. Considerata la pluralità e le caratteristiche delle aziende che costituiscono la base produttiva dei soci aderenti alla cooperativa, ognuna suddivisa in più appezzamenti e caratterizzata dalla coltivazione di più specie frutticole, si è giudicato opportuno fare riferimento due aziende “tipo” il più possibile rappresentative della realtà agronomica della cooperativa. Le due aziende, ciascuna delle quali caratterizzata da una superficie di 9 ha (pari alla SAU media della cooperativa), sono composte come indicato in Tabella 10.

TABELLA 4 - AZIENDE TIPO PER LA VALUTAZIONE DELL'INVESTIMENTO

	Azienda A			Azienda B		
	Albicocche	Kiwi	Susine	Pere	Nettarine	Mele
Superficie (ha)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Densità (piante ha ⁻¹)	500	1000	1666	2600	1666	1905
Tipo di allevamento	vaso	pergoletta	fusetto	fusetto	fusetto	solaxe
Resa (t ha ⁻¹)	25	27	50	28	50	30

Per quanto riguarda le rese si è preso a riferimento la resa media reale per ettaro. Si è ipotizzato inoltre che tutti i frutteti fossero coetanei e, al momento della stima, si trovassero tutti tra il quinto e il quattordicesimo anno d'età.

3.5.3.3 Determinazione di costi e ricavi

Secondo quanto riportato dai tecnici, per il monitoraggio di ogni azienda con una superficie di 5 ha, i costi legati al progetto d'investimento consistono in:

- € 720.00 per l'acquisto di un Nodo meteo;
- € 800.00, costo di un Nodo terreno costituito dalla NPE station, la quale comprende a sua volta due sonde per il potenziale idrico, un gocciolatore e una sonda volumetrica;
- € 140.00, costo del canone annuale per l'utilizzo di ogni nodo;
- € 100.00 all'anno, come stima di costo complessivo per interventi manutentivi;
- € 100.00 per la consulenza agronomica, secondo quanto stabilito dal tariffario per le prestazioni dei dottori agronomi e forestali (Ministero Di Grazia E Giustizia, 1997);
- € 1000.00 per la formazione dei tecnici della cooperativa riguardo l'utilizzo delle nuove tecnologie.

Si precisa che il termine "nodo" si riferisce a quei dispositivi autonomi che sono in grado di rilevare e trasmettere informazioni, attraverso uno o più sensori collegati, alla piattaforma centrale di elaborazione dei dati. Per la stima dei costi di produzione, per ogni singola specie frutticola sono stati considerati i costi espliciti e il costo opportunità dei fattori apportati dall'imprenditore. I costi espliciti presi come riferimento in quest'analisi riguardano sia quelli effettivamente rilevati, sia quelli determinati attraverso delle procedure di stima; i primi sono direttamente connessi al processo produttivo e normalmente implicano un esborso il cui importo può essere rilevato direttamente in azienda; i costi espliciti stimati comprendono invece quegli esborsi che corrispondono a costi fissi il cui importo non si riferisce direttamente al

singolo processo produttivo ma necessita di essere allocato pro quota e mediante stima ai vari processi produttivi. L'ultima categoria di costi considerati fa riferimento alla remunerazione figurativa dei fattori apportati direttamente dall'imprenditore, considerando per essi un prezzo d'uso pari al prezzo di mercato. Nelle tabelle seguenti 11 e 12 sono riportati nel dettaglio i costi di produzione per ogni ettaro di coltura sostenuti dall'imprenditore agricolo ipotizzando una gestione tradizionale dei frutteti.

TABELLA 11 - COSTI CULTURALI AZIENDA A - SISTEMA DI CONDUZIONE CONVENZIONALE

AZIENDA A			
Voci di costo	Albicocco (€/ha)	Kiwi (€/ha)	Susino (€/ha)
A. Costi espliciti rilevati	10 850.70	11 926.84	11 624.06
Mezzi tecnici della coltura	718.00	1540.86	2052.91
– Fertilizzanti	258.60	1111.88	654.50
– Fitosanitari	459.40	428.98	1398.41
Irrigazione	261.30	666.70	522.70
Assicurazione antigrandine	690.00	550.00	865.00
Costi diretti delle macchine	2647.37	3177.72	1744.99
Noleggi	-	-	-
Manodopera salariata	6534.00	5991.60	6438.50
B. Costi espliciti stimati	1374.00	1254.00	1323.00
Imposte, tasse e contributi consorziali	400.00	400.00	400.00
Assicurazioni	50.00	50.00	50.00
Manutenzione capitale fondiario	150.00	150.00	150.00
Spese generali	120.00	120.00	120.00
Contributi previdenziali	654.00	534.00	603.00
C. Ammortamenti	3136.38	5292.47	2902.54
Quote ammortamento impianti e strutture	1850.00	2500.00	1980.00
Quote ammortamento imp. Antigrandine	-	-	-
Quote ammortamento macchine	1286.38	2792.47	922.54
D. Interessi	789.15	1325.53	718.19
Interessi sulle strutture ed impianti	400.00	750.00	380.00
Interessi sui macchinari	205.78	387.81	143.99
Interessi sul capitale circolante	183.37	187.71	194.21
COSTO TOTALE	16 150.23	19 798.83	16 567.80

TABELLA 12 - COSTI CULTURALI AZIENDA B - SISTEMA DI CONDUZIONE CONVENZIONALE

AZIENDA B			
Voci di costo	Pero (€/ha)	Melo (€/ha)	Pesco (€/ha)
A. Costi espliciti rilevati	10 802.78	14 838.94	10 075.63
Mezzi tecnici della coltura	3404.28	3448.81	1170.89
– Fertilizzanti	794.70	321.73	265.80
– Fitosanitari	2609.58	3127.08	905.09
Irrigazione	522.70	637.40	426.70
Assicurazione antigrandine	-	-	680.00
Costi diretti delle macchine	2128.99	4293.05	1783.07

Noleggi	-	-	180.00
Manodopera salariata	4746.85	6459.65	5835.00
B. Costi espliciti stimati	1074.00	1111.50	1272.00
Imposte, tasse e contributi consortili	400.00	400.00	400.00
Assicurazioni	50.00	50.00	50.00
Manutenzione capitale fondiario	150.00	150.00	150.00
Spese generali	120.00	120.00	120.00
Contributi previdenziali	354.00	391.50	552.00
C. Ammortamenti	4822.91	6801.27	2728.37
Quote ammortamento impianti e strutture	2500.00	2500.00	1900.00
Quote ammortamento imp. Antigrandine	955.00	955.00	-
Quote ammortamento macchine	1367.91	3346.27	828.37
D. Interessi	1316.32	1211.63	733.49
Interessi sulle strutture ed impianti	940.00	500.00	420.00
Interessi sui macchinari	198.17	472.38	143.27
Interessi sul capitale circolante	178.15	239.26	170.21
COSTO TOTALE	18 016.01	23 963.34	14 809.48

Per ogni specie, partendo dai dati riportati all'interno dei quaderni di campagna riguardanti i quantitativi di input relativi a mezzi tecnici, al consumo idrico, alla manodopera e alle ore di lavoro necessarie per ogni intervento meccanico o manuale, si è potuto risalire ai costi colturali per unità di superficie tenendo in considerazione anche il costo diretto delle macchine, delle lavorazioni e del conseguente consumo di carburante derivante dall'esecuzione di ognuna delle menzionate operazioni. Per la stima delle altre voci di costo non tracciate dall'azienda, si è fatto riferimento ai costi rilevati dal CRPV (Centro Ricerche Produzioni Vegetali) di Cesena (FC), (CRPV, 2019). Questa società si occupa, tra le varie attività, anche del monitoraggio dei costi di produzione attraverso un servizio annuale di calcolo e diffusione di costi di produzione delle principali specie vegetali prodotte in Emilia-Romagna secondo le tecniche agricole standard.

Secondo quanto emerso dal monitoraggio effettuato dai tecnici della cooperativa su campi sperimentali a partire dall'inverno del 2018, l'adozione delle tecnologie di precisione previste dal presente progetto comporta, a parità di resa, una riduzione di input corrispondente a circa il 25% dei quantitativi di fertilizzante, 25% dei quantitativi di agrofarmaci (fungicidi, diserbanti e pesticidi), 20% del numero di interventi meccanici e 25% del consumo idrico. Nelle tabelle 13 e 14 sono riportati, per ogni azienda, i costi colturali ricalcolati considerando l'ipotesi di introduzione delle tecnologie previste dal progetto. In corsivo sono evidenziate le voci di costo che hanno subito modificazioni a seguito della riduzione dei quantitativi di input sopracitati.

TABELLA 5 - COSTI COLTURALI AZIENDA A - SISTEMA DI CONDUZIONE CON METODI INNOVATIVI

AZIENDA A			
Voci di costo	Albicocco (€/ha)	Kiwi (€/ha)	Susino (€/ha)
A. Costi espliciti rilevati	10 316.34	10 858.21	10 694.49
Mezzi tecnici della coltura	<i>538.50</i>	<i>1155.64</i>	<i>1539.69</i>

– Fertilizzanti	193.95	833.91	490.88
– Fitosanitari	344.55	321.73	1048.81
Irrigazione	196.00	500.00	392.00
Assicurazione antigrandine	690.00	550.00	865.00
Costi diretti delle macchine	2492.84	2859.69	1609.16
Noleggi	-	-	-
Manodopera salariata	6399.00	5792.88	6288.65
B. Costi espliciti stimati	1374.00	1254.00	1323.00
Imposte, tasse e contributi consortili	400.00	400.00	400.00
Assicurazioni	50.00	50.00	50.00
Manutenzione capitale fondiario	150.00	150.00	150.00
Spese generali	120.00	120.00	120.00
Contributi previdenziali	654.00	534.00	603.00
C. Ammortamenti	3136.38	5292.47	2902.54
Quote ammortamento impianti e strutture	1850.00	2500.00	1980.00
Quote ammortamento imp. Antigrandine	-	-	-
Quote ammortamento macchine	1286.38	2792.47	922.54
C. Interessi	781.14	1293.86	690.95
Interessi sulle strutture ed impianti	400.00	750.00	380.00
Interessi sui macchinari	205.78	362.17	130.68
Interessi sul capitale circolante	175.36	181.68	180.26
COSTO TOTALE	15 607.86	18 698.54	15 610.98

TABELLA 14 - COSTI CULTURALI AZIENDA B - SISTEMA DI CONDUZIONE CON METODI INNOVATIVI

AZIENDA B			
Voci di costo	Pero (€/ha)	Melo (€/ha)	Pesco (€/ha)
A. Costi espliciti rilevati	9367.25	13 231.61	9313.83
Mezzi tecnici della coltura	2 553.22	2586.61	878.17
– Fertilizzanti	596.03	241.30	199.35
– Fitosanitari	1 957.19	2345.31	678.82
Irrigazione	392.00	478.08	320.00
Assicurazione antigrandine	-	-	680.00
Costi diretti delle macchine	1894.16	3972.95	1660.66
Noleggi	-	-	180.00
Manodopera salariata	4527.88	6193.97	5595.00
B. Costi espliciti stimati	1074.00	1111.50	1272.00
Imposte, tasse e contributi consortili	400.00	400.00	400.00
Assicurazioni	50.00	50.00	50.00
Manutenzione capitale fondiario	150.00	150.00	150.00
Spese generali	120.00	120.00	120.00
Contributi previdenziali	354.00	391.50	552.00
C. Ammortamenti	4822.91	6801.27	2728.37
Quote ammortamento impianti e strutture	2500.00	2500.00	1900.00
Quote ammortamento imp. Antigrandine	955.00	955.00	-
Quote ammortamento macchine	1367.91	3346.27	828.37
D. Interessi	1272.24	1158.00	709.01
Interessi sulle strutture ed impianti	940.00	500.00	420.00
Interessi sui macchinari	175.62	442.85	130.22

Interessi sul capitale circolante	156.62	215.15	158.79
COSTO TOTALE	16 536.41	22 302.38	14 023.21

In generale, per l'azienda A, l'introduzione delle tecnologie di precisione determinerebbe una riduzione dei costi colturali pari a 543.00 €/ha (-3.36%) per il frutteto di albicocco, 1100.30 €/ha (-5.56%) per il frutteto di kiwi e 956.81 €/ha (-5.77%) per il frutteto di susino. Per l'azienda B si registrerebbe una riduzione dei costi pari a 1479.61 €/ha (-8.21%) per il frutteto coltivato a pere, 1660.97 €/ha (-6.9%) per il frutteto di mele e 786.28 €/ha (-5.3%) per il frutteto coltivato a nettarine.

La differenza tra costi colturali sostenuti nello scenario convenzionale e costi colturali sostenuti nello scenario di investimento rappresentare la quota di ricavi che il progetto consente di ottenere, mentre i costi sostenuti sono quelli derivanti esclusivamente dall'acquisto e dalla fruizione delle strumentazioni previste dall'investimento. Sottraendo ai ricavi addizionali i costi incrementali è possibile calcolare il flusso netto. Il saggio di sconto ipotizzato per la valutazione finanziaria del progetto è stato fissato al 3%, circa pari al tasso risk free di rendimento decennale dei BTP. La durata dell'investimento è stata ipotizzata pari a 6 anni. Le Tabelle 15 e 16 mostrano i flussi di cassa associati all'investimento per entrambe le aziende tipo.

TABELLA 15 - ATTUALIZZAZIONE DEI FLUSSI NETTI (€) - AZIENDA A

Anno	Fattore di sconto	Costi	Ricavi	Flusso netto	Costi attualizzati	Ricavi attualizzati	Flusso netto attualizzato
0	1.0000	4340.00	-	- 4340.00	4340.00	-	-4340.00
1	0.9709	497.00	7798.46	7301.46	482.52	7571.32	7088.80
2	0.9426	565.10	7798.46	7233.36	532.66	7350.80	6818.13
3	0.9151	531.60	7798.46	7266.86	486.49	7136.69	6650.21
4	0.8885	496.43	7798.46	7302.03	441.07	6928.83	6487.76
5	0.8626	459.49	7798.46	7338.97	396.36	6727.02	6330.66
6	0.8375	420.72	7798.46	7377.74	352.35	6531.09	6178.74
Totale		7310.34	46790.75	39480.41	7031.45	42245.75	35214.3

TABELLA 16 - ATTUALIZZAZIONE DEI FLUSSI NETTI (€) - AZIENDA B

Anno	Fattore di sconto	Costi	Ricavi	Flusso netto	Costi attualizzati	Ricavi attualizzati	Flusso netto attualizzato
0	1.0000	4340.00	-	- 4340.00	4340.00	-	-4340.00
1	0.9709	497.00	11780.56	11283.56	482.52	11437.44	10954.92
2	0.9426	565.10	11780.56	11215.46	532.66	11104.31	10571.65
3	0.9151	531.60	11780.56	11248.96	486.49	10780.88	10294.40
4	0.8885	496.43	11780.56	11284.13	441.07	10466.88	10025.81
5	0.8626	459.49	11780.56	11321.07	396.36	10162.02	9765.66

6	0.8375	420.72	11780.56	11359.84	352.35	9866.04	9513.69
			70	63			
Totale		7310.34	683.38	373.04	7031.45	63 817.57	56 786.11

È facile evincere come l'investimento sia fruttuoso per entrambe le aziende. In particolare, l'azienda A realizza un VAN pari a € 35'214, con un SRI pari al 159.6% e un RBC pari a 6.00. L'azienda B manifesta un VAN pari a € 58'786, con un SRI pari a 249% e un RBC pari a 9.07.

3.5.3.4 Analisi di sensitività

Il dato che viene ritenuto più incerto tra quelli assunti nella valutazione dell'investimento riguarda le percentuali stimate di riduzione dei quantitativi di input. L'analisi di sensitività viene perciò riferita in questo contesto al dato di diminuzione percentuale dei costi derivante dall'effettuazione dell'investimento. La redditività del progetto si dimostra significativamente sensibile alla riduzione dei costi colturali. I grafici sottostanti (Figure 5 e 6) evidenziano il valore assunto dal VAN nell'ipotesi di investimento. Questa situazione è correlata alla riduzione dei costi colturali rispetto lo scenario base per un ammontare (all'anno 0) pari al - 6.3 % per l'azienda A e al - 9.25% per l'azienda B. Nelle stesse figure viene rappresentata la soglia minima di riduzione dei costi colturali conseguibile attraverso l'utilizzo delle strumentazioni di precisione al di sopra della quale l'investimento riuscirebbe ancora a generare un flusso netto positivo. Nel caso dell'azienda A, la soglia assume un valore pari a -1.05%, mentre per l'azienda B corrisponde al -1.02%. Tali circostanze determinerebbero l'annullamento del VAN.

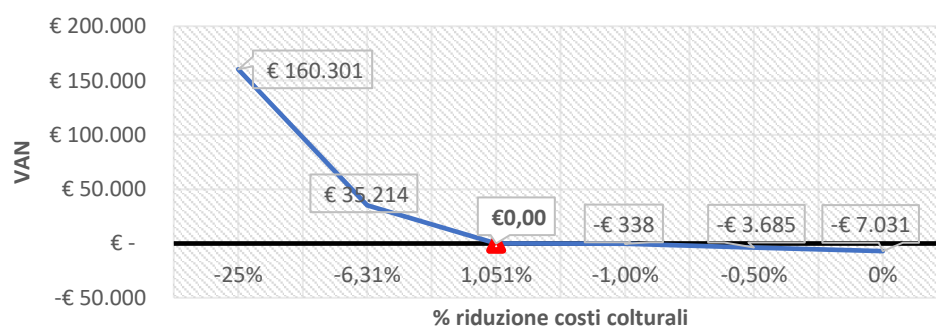
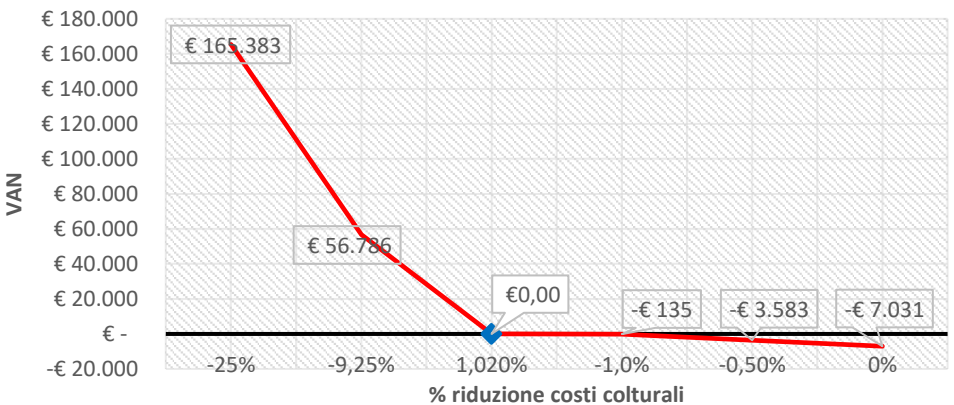


FIGURA 19 - ANALISI DI SENSITIVITÀ - AZIENDA A

	 <p>FIGURA 20 - ANALISI DI SENSITIVITÀ - AZIENDA B</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità</p>	<p>Obiettivi raggiunti Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
<p>Attività ancora da realizzare</p>	<p>Nessuna</p>

2.3.5.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIBO		€ 75000	Valutazione del Carbon foot print, Aste sperimentali, Analisi costi benefici	€ 22500
Totale:				€ 22500

2.4 Attività e risultati Azione 4

Azione 4	Divulgazione
----------	---------------------

Unità aziendale responsabile	FAMOSA - UNIBO																								
Descrizione delle attività	<p>IL progetto realizzato ha risposto agli obiettivi del presente Piano di Innovazione della filiera ortofrutticola:</p> <ul style="list-style-type: none"> • INNOVAZIONE. La realizzazione di una rete IOT destinata alla cooperativa Granfrutta Zani, pone le basi per un'agricoltura moderna, in grado di utilizzare il dato per guidare la gestione agronomica.. • AMBIENTE. L'uso di nuove tecnologie per la gestione agronomica, permette ai tecnici di concimare ed irrigare nel momento in cui la pianta ne sente il bisogno.. <p>Gli attori del progetto DIGIFRUIT hanno divulgato i risultati in diversi contesti, con seminari, pubblicazioni e comunicazioni sul sito web della cooperativa.</p> <table border="1" data-bbox="496 741 1412 1518"> <thead> <tr> <th data-bbox="496 741 740 853">Strumento divulgativo</th> <th data-bbox="740 741 900 853">N° di eventi realizzati</th> <th data-bbox="900 741 1206 853">Descrizione</th> <th data-bbox="1206 741 1412 853">Data incontri</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="496 853 740 927">Convegno introduttivo</td> <td data-bbox="740 853 900 927">1</td> <td data-bbox="900 853 1206 927">Presentazione del progetto</td> <td data-bbox="1206 853 1412 927">6_11_2018</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 927 740 1001">Convegno conclusivo</td> <td data-bbox="740 927 900 1001">1</td> <td data-bbox="900 927 1206 1001">Presentazione dei risultati</td> <td data-bbox="1206 927 1412 1001">20_02_2020</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1001 740 1263">Incontri Tecnici</td> <td data-bbox="740 1001 900 1263">2</td> <td data-bbox="900 1001 1206 1263">Nei due convegni organizzati sono stati invitati anche tutti i tecnici delle cooperative, agronomi ed agrotecnici</td> <td data-bbox="1206 1001 1412 1263">6/11/2018 20/02/2020</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1263 740 1413">Pubblicazioni</td> <td data-bbox="740 1263 900 1413">3</td> <td data-bbox="900 1263 1206 1413">Sono state realizzate 3 tesi di laurea nell'ambito del progetto</td> <td data-bbox="1206 1263 1412 1413"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1413 740 1518">Sito Web</td> <td data-bbox="740 1413 900 1518">1</td> <td data-bbox="900 1413 1206 1518">Estensione del sito web di Granfrutta zani</td> <td data-bbox="1206 1413 1412 1518"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Tutto il materiale viene allegato al documento</p> <p>Convegno del 6_11_2018 Titolo Presentazione Monitoraggio Integrato di Filiera: Granfrutta Zani</p> <p>Convegno del 20_02_2020 Titolo presentazione Verso la digitalizzazione del processo di produzione della frutta Psr Granfrutta Zani DigiFruit.</p> <p>Tesi di Laurea 1) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari Titolo della Tesi</p>	Strumento divulgativo	N° di eventi realizzati	Descrizione	Data incontri	Convegno introduttivo	1	Presentazione del progetto	6_11_2018	Convegno conclusivo	1	Presentazione dei risultati	20_02_2020	Incontri Tecnici	2	Nei due convegni organizzati sono stati invitati anche tutti i tecnici delle cooperative, agronomi ed agrotecnici	6/11/2018 20/02/2020	Pubblicazioni	3	Sono state realizzate 3 tesi di laurea nell'ambito del progetto		Sito Web	1	Estensione del sito web di Granfrutta zani	
Strumento divulgativo	N° di eventi realizzati	Descrizione	Data incontri																						
Convegno introduttivo	1	Presentazione del progetto	6_11_2018																						
Convegno conclusivo	1	Presentazione dei risultati	20_02_2020																						
Incontri Tecnici	2	Nei due convegni organizzati sono stati invitati anche tutti i tecnici delle cooperative, agronomi ed agrotecnici	6/11/2018 20/02/2020																						
Pubblicazioni	3	Sono state realizzate 3 tesi di laurea nell'ambito del progetto																							
Sito Web	1	Estensione del sito web di Granfrutta zani																							

	<p>Monitoraggio dello stato nutrizionale dei suoli nelle principali colture frutticole in Romagna e utilizzo dell'agricoltura di precisione per migliorare la gestione delle concimazioni azotate</p> <p>2) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari Titolo della Tesi Aste sperimentali per la stima del valore percepito di frutta a ridotta impronta carbonica</p> <p>3) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari Titolo della Tesi Analisi dell'investimento in sistemi di coltivazione a ridotto impatto ambientale</p> <p>Tutte le pubblicazioni dei risultati sono state in accordo con le regole di Granfrutta Zani sulla diffusione dei dati produttivi, ed in particolare quelli riguardanti le nuove varietà.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità	<p>Obiettivi raggiunti</p> <p>Nessuno scostamento rispetto al piano di lavoro</p> <p>Nessuna criticità è stata evidenziata durante l'attività svolta.</p>
Attività ancora da realizzare	Nessuna

2.4.1 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
	€ 75000	Coordinamento azione di divulgazione UNIBO	€ 8336
	€ 168800	Coordinamento azione di divulgazione FAMOSA	€ 2000
		Totale:	€ 10336

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Criticità tecnoscientifiche	Nessuna
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Nessuna
Criticità finanziarie	Nessuna

4 - Altre informazioni

Nelle schede descritte precedentemente sono riportate tutte le informazioni tecniche uscite dal progetto.

5 - Considerazioni finali

Purtroppo il progetto ha avuto durata solo di 18 mesi, o meglio, una sola stagione frutticola, quindi, anche se pur un breve periodo, questo non ci ha limitato nel raggiungere risultati che pongono le basi ad una diversa agricoltura. Una considerazione che scaturisce dal progetto, è la voglia da parte di molti operatori della filiera agricola di una agricoltura sostenibile, ma per poterla perseguire si deve investire non solo in progetti di ricerca, PSR ecc., ma soprattutto in formazione, a partire dalle scuole superiori, passare dalle università fino ad arrivare ai diversi enti di formazione, solo così si arriverà ad una agricoltura al passo con i tempi.

6. RELAZIONE TECNICA

PRODOTTI

Il progetto nel suo insieme ha coinvolto una decina di aziende agricole, enti di ricerca ed start up innovative in agricoltura, tutti con un obiettivo comune di migliorare, attraverso le nuove tecnologie, gli strumenti a disposizione del mondo agricolo per il suo sviluppo.

Il progetto Digifruit nel suo complesso, può rappresentare un modello di intervento che si è inteso inizialmente sperimentare su piccola scala per garantire un adeguato supporto alle aziende agricole socie della cooperativa GF Zani, ma potrà essere estesa a tutti i soci della cooperativa stessa.

In complesso il risultato finale rappresenta un insieme coordinato di interventi, dalle immagini satellitari, alle analisi del terreno, finalizzati a garantire un collegamento strutturato tra sperimentazione, assistenza tecnica e aziende agricole, attraverso la realizzazione di una rete IOT e di una piattaforma atta a raccogliere tutte le informazioni provenienti dalle diverse sorgenti, per la gestione del prodotto dal campo fino al consumatore finale.

I prodotti scaturiti dal progetto:

- Piattaforma specifica per la cooperativa Granfrutta Zani, ovvero un applicativo utile a tecnici ed agricoltori nel monitoraggio dei loro impianti dalle condizioni idriche e nutrizionali, allo stato di accrescimento, arrivando fino alla conservazione.
- All'interno della piattaforma sono stati realizzati alcuni modelli per la gestione dell'irrigazione e della nutrizione. Il miglioramento delle performance produttive di un frutteto riducendo gli input nutritivi porta benefici sia in termini economici che ambientali, motivo per cui negli ultimi anni sta assumendo sempre maggiore importanza l'utilizzo di strumenti per l'agricoltura di precisione, i quali permettono di intervenire in maniera mirata.
- Altro prodotto che risponde agli obiettivi è la realizzazione di un APP collegata alla piattaforma, per l'agricoltore dove possa consultare i dati di irrigazione e di ricevere informazioni sull'applicazione
- Database per l'acquisizione delle immagini da satellite, con integrazione nel documentale della piattaforma, per una consultazione rapida.
- Messa a punto di un metodo per il calcolo del CFP (Carbon foot print) per aggiungere valore ai prodotti.
- Altro prodotto derivato dal progetto è la dimostrazione che i consumatori sono sempre più sensibili alla difesa dell'ambiente e le aste sperimentali hanno dimostrato che il consumatore è disposto a pagare di più il prodotto se proviene da produzione sostenibile.
- Infine, ma non ultimo, l'effetto economico in termini monetari derivante dall'adozione delle tecnologie previste in agricoltura di precisione, oltre ad un risparmio inteso in termini ambientali, attraverso una riduzione degli input e quindi dei livelli di CO₂, ci si attende anche un apprezzabile risparmio economico, conseguenza diretta dei minori costi di produzione necessari per la gestione dei frutteti. Infatti, investendo in sensoristica e in sistemi di controllo delle colture,

l'azienda necessiterebbe di un minor quantitativo di input per produrre lo stesso quantitativo di frutta che precedentemente produceva con sistemi convenzionali. Il progetto ha avuto un arco di tempo limitato per raggiungere la piena maturità dei risultati, tuttavia il progetto ha posto le basi per un'agricoltura al passo coi tempi iniziando ad utilizzare il dato acquisito come elemento necessario a prendere decisioni in merito all'azione da intraprendere.

Si ritiene che il Progetto abbia risposto adeguatamente ai citati principi, per cui pur considerando che alcuni risultati non rappresentino delle novità, la loro efficace applicazione in un sistema coordinato in grado di valorizzare il contenuto innovativo, può rappresentare un avanzamento tecnologico importante, soprattutto se inserita in un contesto in grado di valorizzarne le potenzialità e fortemente orientato al mercato.

RICADUTE SUI PARTECIPANTI ALL'ACCORDO

Sulla scala sociale le principali ricadute delle tecnologie introdotte sono individuate in termini di:

Prodotti	Ricadute
Realizzazione APP Piattaforma IOT	<ul style="list-style-type: none"> - riduzione degli scarti - miglioramento del controllo sul processo produttivo, logistica e gestione di magazzino - aumento del controllo sull'impianto - aumento della superficie monitorata - riduzione dei tempi di intervento - tempi di consegna
Modelli nutrizione e irrigazione	<ul style="list-style-type: none"> - riduzioni di energia consumata - riduzione delle concimazioni - riduzione del consumo idrico - maggior margine di conservabilità - affidabilità di avvisi ed allerte (irrigue, nutrizionali) - disponibilità di strumenti di verifica real-time della gestione agronomica
calcolo del CPF	<ul style="list-style-type: none"> - maggior richiesta di mercato grazie alle buone pratiche agricole in particolare riduzione del CPF - maggior disponibilità alle richieste del mercato
Adozione delle tecnologie previste in agricoltura di precisione	-risparmio nella gestione agronomica nei 6 anni successivi all'investimento

INDICATORI DI RISULTATO:

Tipologia di ricaduta	Indicatore	Ricaduta
Difesa del reddito	Valore delle produzioni commercializzabili. Diminuzione delle quantità non commercializzabili.	+10% del valore rispetto a produzioni analoghe
Salvaguardia dell'ambiente	Quantità di acqua e fertilizzanti impiegate.	-20% delle quantità di acqua impiegata -20% Riduzione delle quantità di concimi impiegati
Riduzione dei costi dell'attività di monitoraggio	Riduzione del numero di accessi fisici dei tecnici	-10% dei costi che si dovrebbero sostenere per ottenere le medesime informazioni eseguendo il monitoraggio, la registrazione e l'elaborazione dei dati in modo manuale.
Riduzione della variabilità del grado di maturazione	Deviazione standard dei valori di maturazione rilevati	Deviazione standard < a 1

Data 27/03/2020