



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

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

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

RELAZIONE TECNICA INTERMEDIA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO n. 5050488

DOMANDA DI PAGAMENTO n. 5175361

FOCUS AREA: 3A

Titolo Piano	Produzione agricola sostenibile del grano duro attraverso l'uso del sistema di supporto alle decisioni granoduro.net®
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	CONSORZIO AGRARIO TERREPADANE Srl

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	18
Data inizio attività	03/09/2018
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	28/02/2020

Relazione relativa al periodo di attività dal	03/09/2018	al 28/02/2020
Data rilascio relazione	28/04/2020	

Autore della relazione	ROSSI VITTORIO		
telefono		email	

Sommario

1 -	DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
	1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO	
2 -	DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	4
	2.1 ATTIVITÀ E RISULTATI	
	2.2 PERSONALE	
	2.3 TRASFERTE	
	2.4 MATERIALE CONSUMABILE	
	2.5 SPESE PER MATERIALE DUREVOLE E ATTREZZATURE	
	2.6 MATERIALI E LAVORAZIONI DIRETTAMENTE IMPUTABILI ALLA REALIZZAZIONE DEI PROTOTIPI	
	2.7 ATTIVITÀ DI FORMAZIONE	
	2.8 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI	
3 -	CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	22
4 -	ALTRE INFORMAZIONI	22
5 -	CONSIDERAZIONI FINALI	22
6 -	RELAZIONE TECNICA	23

1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

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

Il Piano si è sviluppato e concluso nel pieno rispetto delle attività e degli obiettivi indicati nella Domanda iniziale e nella successiva comunicazione di “modifica non sostanziale” al Piano inviata in data 28 settembre 2018 a codesta Regione.

1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
1. Cooperazione	Direzione TERREPADANE	Cooperazione tra i partecipanti al Piano	1	1	18	18
2. Studi	UCSC DIPROVES	Studi preliminari	2	2	6	6
3.1 Innovazione varietale	HORTA	Prove in campo, raccolta ed elaborazione dati	3	3	9	9
3.2 Calibrazione del DSS granoduro.net®	HORTA	Prove in campo, raccolta ed elaborazione dati	3	3	15	15
3.3 Confronto tra tecnica tradizionale e tecnica innovativa	UCSC DIPROVES	Prove in campo, raccolta ed elaborazione dati	3	3	15	15
3.4 Ottimizzazione analisi sul DON alla consegna dei lotti di granella presso il centro di stoccaggio	HORTA	Analisi ed elaborazione dati, sviluppo modelli	3	3	12	12
4. Divulgazione	UCSC DIPROVES	Incontri, visite guidate alle prove in campo	4	4	15	15

2 - Descrizione per singola azione

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Attività e risultati

Azione	1. ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE
Unità aziendale responsabile	DIREZIONE TERREPADANE
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Le attività svolte di cooperazione tra soggetti della filiera coinvolta, sotto la guida del capofila TERREPADANE, hanno riguardato in particolare il coordinamento dei soggetti coinvolti per il monitoraggio del corretto andamento dell'iniziativa, sia nelle singole fasi sia nel suo complesso. Il monitoraggio sullo stato di avanzamento e finanziario del progetto è stato effettuato attraverso l'attività di un Comitato Tecnico, del quale hanno fatto parte il responsabile di progetto ed un tecnico di TERREPADANE e i responsabili tecnico-scientifici degli Enti di Ricerca coinvolti (Dipartimento DIPROVES Università Cattolica e HORTA), con compiti di coordinamento, controllo qualità, gestione delle prove e della divulgazione.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>L'attività ha consentito il pieno raggiungimento degli obiettivi delle attività di cooperazione, quali in particolare:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ il controllo sullo stato di avanzamento delle singole attività ➤ il coordinamento di diverse attività e la realizzazione di meccanismi di controllo della qualità per assicurare livelli qualitativi adeguati ➤ la corretta gestione degli aspetti finanziari, amministrativi, scientifico/tecnologici e relativi alla conoscenza e all'innovazione.
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>Attività conclusa</p>

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	64	3.523,28
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	84	3.274,20
			Totale:	6.797,48

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: coordinamento con Capofila	581,41
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: coordinamento con Capofila	699,60
Totale:				1.281,01

Totale AZIONE 1:

8.078,49

Azione	2. STUDI
Unità aziendale responsabile	DIPARTIMENTO DIPROVES - UNIVERSITA' CATTOLICA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'attività ha riguardato uno studio preliminare con la finalità di individuare le novità più recentemente prodotte dalla ricerca scientifica nel settore oggetto di studio, al momento dell'avvio del Piano.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi dell'Azione sono stati pienamente raggiunti, in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - le informazioni ottenute sono risultate funzionali a una verifica della loro applicabilità al contesto territoriale di riferimento del progetto. - sono stati individuati e valutati metodi e classificazioni standard comunemente utilizzate nell'effettuazione dei rilievi in campo per le malattie d'interesse - l'utilizzo di metodologie standardizzate per effettuare i rilievi in campo ha consentito poi nelle fasi successive una raccolta di dati facilmente confrontabili con altri lavori sperimentali presenti in letteratura.
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>Attività conclusa</p>

2.2 Personale

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Non previsto

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: Studi preliminari alla realizzazione delle attività	1.162,80
Totale:				1.162,80

Totale AZIONE 2: 1.162,80

2.1 Attività e risultati

Azione	3.1 INNOVAZIONE VARIETALE
Unità aziendale responsabile	HORTA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nel progetto sono stati realizzati 4 campi prova situati in provincia di Piacenza, presso aziende agricole conferenti a Terrepadane.</p> <p>In ogni campo prova sono state considerate 4 repliche per ogni varietà, secondo un disegno strip-plot con parcelle di grandi dimensioni (minimo 300 mq). La prova è stata realizzata per l'annata agraria 2019. Sono stati raccolti dati relativi a: vigore e copertura del suolo all'uscita dell'inverno, accestimento, fenologia, resistenza alle malattie, investimento (densità delle spighe), taglia delle piante, resa (peso granella al 14% di umidità, peso dei 1000 semi, Harvest Index), contenuto in proteine, micotossine (DON). Sei rilievi per fenologia e resistenza alle malattie sono stati eseguiti con cadenza quindicinale; l'ultimo rilievo è stato eseguito in prossimità della trebbiatura. Il numero di culmi è stato rilevato al quarto rilievo selezionando un campione random di 50 individui per ogni varietà in ognuno dei campi prova; nello stesso momento, la taglia delle piante è stata misurata su un individuo rappresentativo di ogni varietà in ogni campo. Pochi giorni prima della trebbiatura eseguita dai conduttori delle aziende, campioni di 100 piante per ogni varietà di ogni campo prova sono stati raccolti e trebbiati. Resa, contenuto in proteine e micotossine (DON) sono stati determinati tramite opportune misurazioni e calcoli. I dati ottenuti sono stati analizzati statisticamente.</p> <p>Sono stati anche raccolti i dati colturali per il calcolo dei 20 indicatori di yousustain.net®.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti per la caratterizzazione completa delle nuove varietà sono stati in gran parte raggiunti, in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ i dati di monitoraggi e campionamenti sono stati raccolti, valutati ed analizzati statisticamente permettendo il confronto tra le varietà in prova nei 4 campi; ➤ dei 20 indicatori di sostenibilità della coltivazione di cui era previsto il calcolo attraverso yousustain.net®, 3 indicatori (biodiversità, water supply, WUTE) non sono stati calcolati perché le prove non erano irrigate e non sono stati raccolti dati aziendali relativi alla biodiversità. Gli altri 17 indicatori yousustain.net® sono stati calcolati per i quattro campi varietali. L'Azienda Agricola amministrante due dei quattro campi varietali ha eseguito le stesse operazioni colturali in entrambi gli appezzamenti in

	gestione; pertanto per questi due campi i risultati ottenuti per i gli indicatori <i>yousustain.net</i> ® coincidevano. Per ogni azienda, successivamente, è stato effettuato il calcolo degli score dei sei comparti (salute, aria, suolo, biodiversità, energia e acqua) a cui i diversi indicatori afferiscono.
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i> Attività conclusa

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	81	4.140,83
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	34	1.319,20
			Totale:	5.460,03

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: rilievi presso aziende pilota, analisi dati, calibrazione modelli	6.434,77
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: prove in campo, analisi campioni	23.656,80
Totale:				30.091,57

Totale AZIONE 3.1:	35.551,60
---------------------------	------------------

2.1 Attività e risultati

Azione	3.2 CALIBRAZIONE DI GRANODURO.NET®
Unità aziendale responsabile	HORTA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nell'annata colturale 2018-2019 dieci aziende agricole pilota hanno consultato grano.net® per valutarne i consigli di gestione colturale. In ogni azienda pilota sono stati individuati 2 appezzamenti rappresentativi, su cui sono stati effettuati i rilievi e le analisi necessari alla verifica e, se del caso, alla calibrazione dei modelli. All'inizio del progetto sono state create, su granoduro.net®, le unità produttive per la calibrazione del DSS e per l'impostazione dei confronti di gestione colturale. Durante la stagione colturale la piattaforma è rimasta costantemente attiva (24 ore su 24, 7 giorni su 7) e i modelli previsionali venivano aggiornati al giorno di consultazione con una previsione dell'andamento per i 7 giorni successivi alla consultazione. Per un corretto funzionamento dei modelli previsionali, nelle aziende pilota è stata posizionata una stazione meteorologica composta da pluviometro, sensore di bagnatura fogliare, temperatura e umidità relativa dell'aria. Le stazioni meteo sono state collegate a grano.net® e alle relative unità produttive. A fine stagione i dati dei rilievi e delle analisi effettuate sono stati confrontati con gli output dei modelli previsionali.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>li obiettivi previsti sono stati discretamente raggiunti in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ i dati relativi a fenologia, previsione delle malattie (ruggini, oidio, septoriosi e fusariosi della spiga), delle micotossine nella granella (DON), e dei dati di produzione sono stati raccolti attraverso un totale di 5 rilievi; ➤ il progetto prevedeva la calibrazione dei modelli del DSS grano.net® per 12 aziende pilota rappresentative del territorio della provincia di Piacenza; tuttavia, delle 12, solo 10 aziende hanno consultato grano.net® per decisione del conduttore aziendale durante la stagione colturale; ➤ il progetto prevedeva l'individuazione di 3 appezzamenti rappresentativi per ogni azienda pilota ma è stato possibile individuare solo 2 appezzamenti per ogni azienda pilota; ➤ i diversi output dei modelli previsionali relativi alle malattie fungine, il rischio DON, la nutrizione azotata e la stima della crescita del grano (fenologia) sono stati confrontati con i risultati di campo ottenuti dai rilievi dell'UCSC e le performance produttive e qualitative dell'agricoltore. Le prove condotte nei comuni di Alseno, Castelvetro, Muccinasso, San Giorgio/Podenzano, Calendasco, Gragnano/Borgonovo hanno dimostrato come i modelli previsionali attualmente presenti in grano.net® e i layout di presentazione dei risultati siano altamente performanti e intuitivi durante la consultazione.

	L'esperienza decennale del DSS e i pareri degli utilizzatori hanno dimostrato come non fossero necessarie importanti calibrazioni. L'unica modifica effettuata consiste nell'aggiornamento di alcune informazioni riguardanti la varietà Athoris. Per questa varietà maggiormente utilizzata (coltivata in 4 confronti su 10) sono stati raccolti molti dati di campo, grazie ai quali si è potuto giudicare meglio la sua sensibilità alle malattie fungine e il rischio di allettamento, nonché migliorare il consiglio di densità di semina.
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i> Attività conclusa

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	104	5.856,24
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	44	1.717,34
			Totale:	7.573,58

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: rilievi presso aziende pilota, analisi dati	15.383,73
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: gestione stazioni agrometeo, implementazione modelli calibrati	25.958,40
Totale:				41.342,13

Totale AZIONE 3.2: 48.915,71

2.1 Attività e risultati

Azione	3.3 CONFRONTO TRADIZIONALE VS INNOVATIVO
Unità aziendale responsabile	DIPARTIMENTO DIPROVES - UNIVERSITA' CATTOLICA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Sono state selezionate 12 aziende pilota in diverse aree della provincia di Piacenza e i contatti di tali aziende sono stati forniti all'UCSC. I proprietari delle aziende sono stati contattati per constatare l'avvenuta semina del frumento, l'adozione del DSS granoduro.net® e per concordare un primo appuntamento per un sopralluogo nei campi. Ad ogni azienda è stato richiesto di selezionare un appezzamento a gestione DSS granoduro.net® e un appezzamento condotto con tecnica aziendale. Cinque rilievi per fenologia e monitoraggio delle malattie sono stati eseguiti con cadenza quindicinale. Ad ogni rilievo la presenza delle malerbe veniva valutata. Il contenuto in micotossine (DON) è stato misurato in concomitanza alla trebbiatura prelevando un campione random in ogni campo. A fine stagione è stata eseguita l'elaborazione statistica dei dati raccolti allo scopo di evidenziare le differenze significative fra la gestione con DSS granoduro.net® e la gestione con tecnica aziendale. Sono stati calcolati gli indicatori yousustain.net® che ricadono in 6 compartimenti: salute, suolo, acqua, energia, biodiversità e aria.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti sono stati in gran parte raggiunti in quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ i monitoraggi (fenologia, rilievi floristici – malerbe, previsione delle malattie – ruggini, oidio, septoriosi e fusariosi della spiga) e le analisi (micotossine nella granella – DON) necessarie per il confronto tradizionale vs. innovativo sono stati eseguiti come previsto dal progetto in 12 aziende per un totale di 5 rilievi; ➤ successivamente le opportune analisi statistiche utili al confronto tradizionale vs. innovativo sono state eseguite; ➤ gli indicatori di sostenibilità della coltivazione previsti in yousustain.net® sono stati calcolati per le aziende coinvolte nel progetto; tuttavia le informazioni date dalle aziende o la gestione colturale applicata non ha permesso il calcolo di tutti e 20 gli indicatori (es. le aziende non hanno eseguito irrigazione, i dati non erano quindi applicabili al calcolo di water supply e WUTE) ➤ delle 12 aziende coinvolte, due aziende hanno reso disponibili solo campi coltivati a frumento tenero (varietà Giorgione) che, comunque, sono stati considerati nell'indagine al fine di esplorare anche questa tipologia di grano largamente coltivata nell'areale.
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>Attività conclusa</p>

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	82	4.643,26
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	32	1.248,14
			Totale:	5.891,40

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
---	-----------	-------------------	--	-------

UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: raccolta dati ed elaborazione statistica	13.605,95
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: prove in campo, inserimento dati nel DSS, calcolo indicatori	10.540,80
Totale:				24.146,75

Totale AZIONE 3.3:				30.038,15
---------------------------	--	--	--	------------------

2.1 Attività e risultati

Azione	3.4 OTTIMIZZAZIONE ANALISI SUL DON ALLA CONSEGNA DEI LOTTI DI GRANELLA PRESSO IL CENTRO DI STOCCAGGIO
Unità aziendale responsabile	HORTA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>L'Azione 3.4 prevedeva lo sviluppo di un nuovo servizio informatico per l'ottimizzazione delle analisi DON al momento della consegna presso il centro di stoccaggio. Il raggiungimento dell'obiettivo ha previsto lo sviluppo di un algoritmo inserito in granoduro.net®. Le previsioni DON fornite da granoduro.net® nelle colture gestite nell'ambito della filiera definiscono, per ogni stagione colturale e prima della trebbiatura, 3 livelli di rischio per la contaminazione da DON e attribuire i singoli lotti a uno di questi livelli:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alto, per i quali deve essere previsto un piano di campionamento più intensivo; - Medio; - Basso, per i quali può essere previsto un piano di campionamento meno intensivo.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti dall'azione sono stati raggiunti in quanto l'algoritmo che permette di assegnare a ogni livello di rischio un piano di campionamento è stato sviluppato come previsto dal progetto. Inoltre, il servizio permette di inserire i dati analitici del DeOssiNivalenolo (DON) dei singoli lotti analizzati e di ricalibrare il piano di campionamento in modo dinamico. Ovviamente, le aziende coinvolte nel progetto rappresentano solo una piccola parte dei conferenti di Terrepadane e l'ottimizzazione delle analisi del DON al momento della consegna, grazie ad un servizio informatico in grado di definire la quantità campioni da eseguire, richiede molte consegne e conferenti per essere validato su larga scala. Sarà pertanto necessario procedere all'estensione applicativa di questo servizio con i dovuti passaggi e le cautele necessarie a questo tipo di attività (che ha una ricaduta diretta sulla <i>food safety</i> del prodotto stoccato).</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>Attività conclusa</p>

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	72	3.966,16
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	22	857,14
			Totale:	4.823,30

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE - SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
---	-----------	-------------------	--	-------

UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: Sviluppo algoritmi	10.899,57
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: Sviluppo programma per analisi DON	16.979,20
Totale:				27.878,77

Totale AZIONE 3.4:				32.702,07
---------------------------	--	--	--	------------------

2.1 Attività e risultati

Azione	4. DIVULGAZIONE
Unità aziendale responsabile	DIPARTIMENTO DIPROVES - UNIVERSITA' CATTOLICA
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nell'ambito del progetto sono stati realizzati da HORTA, con l'ausilio dell'UCSC, n. 12 incontri con gli agricoltori che producono e conferiscono frumento duro per divulgare la tecnica innovativa basata sull'impiego del DSS (granoduro.net®).</p> <p>A conclusione del progetto si è svolto un incontro presso la sede centrale di Terrepadane a Piacenza, con l'obiettivo di evidenziare i risultati ottenuti e illustrare i più interessanti output del DSS riguardanti i cruscotti delle malattie fungine e dei piani di concimazione.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Gli obiettivi previsti dall'azione divulgazione sono stati ragguardevolmente raggiunti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ gli incontri si sono svolti presso le aziende agricole coinvolte nel progetto e non presso le strutture di Terrepadane nei poli di Fiorenzuola, San Giorgio e Rottofreno (come in un primo momento era stato previsto). Solo in un caso, l'incontro con un produttore si è svolto presso gli uffici di HORTA di Piacenza; ➤ il 12 febbraio 2020 il convegno GranoDuroSMART ha avuto luogo presso la sede centrale di Terrepadane a Piacenza per la divulgazione dei risultati.
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>Attività conclusa</p>

2.2 Personale

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

PERSONALE DIPENDENTE TERREPADANE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	Quadro	Coordinatore tecnico	84	4.423,00
	Impiegato	Coordinatore organizzativo	103	4.004,35
			Totale:	8.427,35

2.3 Trasferte

Non previste

2.4 Materiale consumabile

Non previsto

2.5 Spese per materiale durevole e attrezzature

Non previste

2.6 Materiali e lavorazioni direttamente imputabili alla realizzazione dei prototipi

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

Non previsti

2.7 Attività di formazione

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

Non previste

2.8 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Non previste

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE		62.473,91 + Iva	Consulenza Tecnico-Scientifica e Responsabilità Scientifica del progetto: preparazione e realizzazione incontri e visite in campo per divulgazione	14.405,70
HORTA SRL		102.684,40 + Iva	Consulenza Tecnico-Specialistica: preparazione e realizzazione incontri e visite in campo per divulgazione	24.849,60
Totale:				39.255,30

Totale AZIONE 4 47.682,65

3 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

Criticità tecnico-scientifiche	<p>Le criticità evidenziate durante l'attuazione del progetto sono attribuibili principalmente a:</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Andamento meteo avverso. Anomalie termiche positive sono risultate distribuite durante tutto il decorso stagionale: in autunno, in particolare nei mesi di ottobre e novembre, nei mesi centrali dell'inverno, in particolare da metà febbraio a fine marzo, e infine nell'ultima fase di maturazione. Un periodo di anomalia termica negativa è stato registrato durante il mese di maggio coincidente con una fase di precipitazioni particolarmente intensa, che ha purtroppo coinvolto il periodo molto delicato della fioritura.➤ Poca differenziazione tra le diverse gestioni colturali. Questo aspetto è, ovviamente, la conseguenza diretta del punto precedente e ha influenzato la caratterizzazione delle diverse varietà e il confronto tra tradizionale vs. innovativo.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	<p>Il Piano si è sviluppato e concluso nel pieno rispetto delle attività e degli obiettivi indicati nella Domanda iniziale e nella successiva comunicazione di "modifica non sostanziale" al Piano inviata in data 28 settembre 2018 a codesta Regione.</p>
Criticità finanziarie	<p>Nessuna particolare criticità finanziaria.</p> <p>I costi effettivamente sostenuti sono risultati in linea con le previsioni:</p> <ul style="list-style-type: none">- per quanto riguarda i costi esterni di realizzazione, le consulenze di Università Cattolica e HORTA hanno rispecchiato i preventivi presentati in sede di domanda;- per quanto riguarda i costi di personale interno Terrepadane, l'incremento che si è registrato rispetto alle previsioni iniziali è da ascrivere sostanzialmente all'incremento del costo orario (intervenuto in corso di progetto) di uno dei due dipendenti coinvolti: in ogni caso, tale incremento è da considerarsi a carico del beneficiario.

4 - Altre informazioni

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

N.A.

5 - Considerazioni finali

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

Il Piano di Innovazione Op.16.2.01 è stato sicuramente uno strumento importante di cooperazione tra mondo agricolo e mondo tecnico-scientifico nel comparto del grano duro, per valorizzare anche in termini di conoscenze l'intera filiera di riferimento nel cui contesto si è inserita la presente iniziativa.

6 - Relazione tecnica

DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE

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

1. INTRODUZIONE

1.1. SINTESI DEL PROGETTO DI FILIERA

Il Consorzio Agrario Terrepadane ha promosso, in qualità di capofila, un progetto di filiera afferente al settore cerealicolo dedicata al grano duro avente titolo “SVILUPPO DELLA FILIERA TERREPANE DEDICATA AL GRANO DURO ALTA QUALITA’ NELL’OTTICA DELLA SICUREZZA ALIMENTARE E DELLA SOSTENIBILITA’ AMBIENTALE ED ECONOMICA”.

L’obiettivo finale del progetto era la conciliazione di tecniche agronomiche ed agroindustriali sostenibili a basso impatto ambientale con un innalzamento della qualità della materia prima e dei prodotti finiti nell’ottica dell’eccellenza produttiva e della sicurezza alimentare.

La filiera Terrepadane dedicata al Grano Duro alta qualità coinvolge, oltre al Consorzio Agrario Terrepadane Scrl, in qualità di impresa di trasformazione/commercializzazione che svolge attività di stoccaggio e vendita del grano duro, un numero rilevante di aziende agricole ubicate prevalentemente nel territorio della provincia di Piacenza, nonché altre imprese di trasformazione e/o commercializzazione.

In questo contesto, il progetto prevedeva la realizzazione coordinata dei seguenti interventi:

- progetto per l’ampliamento e l’innovazione dell’impianto di stoccaggio del grano duro di alta qualità (ai sensi dell’Operazione 4.2.01 PSR), finalizzato al miglioramento della salubrità e qualità del prodotto, nell’ottica della sicurezza alimentare, ed alla riduzione dell’impatto ambientale nel Polo produttivo/logistico in Comune di Rottofreno (PC) di proprietà del Consorzio Agrario Terrepadane;
- progetti di investimento nelle aziende agricole fornitrici della materia prima grano duro (ai sensi dell’Operazione 4.1.01 PSR), riguardanti l’acquisto di macchinari dedicati alla produzione di tale coltura, quali in particolare attrezzature per l’agricoltura “Blu” e per l’agricoltura di precisione, eventualmente abbinate a trattrici di adeguata potenza e con caratteristiche di innovazione tecnologica.
- progetto pilota di sviluppo sperimentale (ai sensi della presente Operazione 16.2.01 PSR) attuato dal Consorzio Agrario Terrepadane in collaborazione con Horta srl ed Università Cattolica di Piacenza (Dipartimento Scienze Produzioni Vegetali Sostenibili, DI.PRO.VE.S.) dedicato alla sperimentazione e diffusione di supporti decisionali (granoduro.net®) per la coltivazione di grano duro di qualità

Nello specifico, la valorizzazione della filiera Grano Duro alta qualità prevista dal progetto si proponeva il perseguimento dei seguenti obiettivi:

- lo sviluppo di sinergie nella programmazione e qualificazione della produzione per soddisfare il mercato;

- il ricorso a tecniche eco-friendly e l'integrazione tra Agricoltura, Ricerca, Industria ed Istituzioni al fine di mantenere in Emilia-Romagna un polo di eccellenza nella produzione del grano duro alta qualità;
- offrire all'industria pastaria regionale grano duro di alta qualità come valida alternativa ai grani di importazioni;
- offrire agli imprenditori agricoli aderenti soluzioni produttive sostenibili dal punto di vista ambientali ed economico;
- ottimizzare le varie fasi di passaggio del prodotto all'interno della filiera, fino all'industria di trasformazione, mediante una strategia logistica condivisa dai vari attori che ne fanno parte.

1.2. PIANO DI INNOVAZIONE

In termini produttivi, il grano duro è il più importante cereale coltivato in Italia e destinato all'alimentazione umana. L'offerta nazionale copre circa il 70% del fabbisogno interno, pertanto l'importazione continua ad essere indispensabile.

Nel 2016, grazie alla firma del Contratto di filiera triennale, nella regione Emilia-Romagna si è registrata un'importante ripresa delle superfici investite accompagnata da un miglioramento dell'agrotecnica e della gestione e stoccaggio del prodotto.

Il Piano di innovazione dal titolo "PRODUZIONE AGRICOLA SOSTENIBILE DEL GRANO DURO ATTRAVERSO L'USO DEL SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI granoduro.net®" si è posto l'obiettivo di validare e diffondere processi produttivi agricoli più efficienti e sostenibili (sostenibilità economica, ambientale e sociale), basati sull'uso del Sistema di Supporto alle Decisioni (DSS) granoduro.net®.

I DSS rappresentano uno strumento di assistenza per le aziende agricole, ed integrano e completano gli strumenti di supporto alla Produzione Integrata già presenti sul territorio. L'utilizzo dei DSS comporta una serie di vantaggi per l'agricoltore, tra cui:

- supporto alla gestione delle colture sulla base di conoscenze scientifiche;
- razionalizzazione nell'impiego dei mezzi tecnici, che si traduce in una maggiore efficienza dell'intero processo di produzione agricola;
- migliori performances quali-quantitative della produzione;
- mitigazione degli effetti del cambiamento climatico;
- più alto valore aggiunto della materia prima;

Il DSS granoduro.net® fornisce indicazioni relative alla densità di semina, alla fenologia della coltura, alla fertilizzazione, al bilancio idrico, al diserbo, alle avversità fungine e al rischio di contaminazione da micotossine. Inoltre, è in grado di calcolare diversi indici di sostenibilità, a partire dai dati relativi alle operazioni colturali registrati dall'utente.

Gli **obiettivi** del Piano di Innovazione erano:

- 1) Valutare le varietà più promettenti presenti sul mercato per la loro adattabilità al contesto territoriale e per le loro caratteristiche di produzione e qualità, come pure per le performance ambientali (es, Nitrogen Use Efficiency);

- 2) Calibrare il DSS granoduro.net® nella provincia di Piacenza;
- 3) Confrontare la tecnica colturale adottata dall'azienda e quella innovativa basata sull'uso di granoduro.net®, in termini di efficienza della coltivazione nell'uso dei mezzi tecnici e di sostenibilità ambientale;
- 4) Ottimizzare le analisi sul DON alla consegna dei lotti di granella presso il centro di stoccaggio, grazie a un programma informatico appositamente sviluppato;
- 5) Divulgare agli agricoltori un approccio innovativo per la coltivazione del grano duro, basato su risultati ottenuti dalla ricerca scientifica

I **risultati** attesi dal Piano di Innovazione erano:

- 1) l'individuazione di nuove varietà di grano duro di alta qualità e fortemente performanti, adatte alla coltivazione nella zona di riferimento;
- 2) la calibrazione del DSS granoduro.net® nella provincia di Piacenza;
- 3) il confronto tra la tecnica colturale adottata dall'azienda e quella innovativa basata sull'uso di granoduro.net®, in termini di efficienza della coltivazione nell'uso dei mezzi tecnici e di sostenibilità ambientale;
- 4) un più efficace trasferimento delle conoscenze tecnico-scientifiche al mondo produttivo attraverso l'azione di divulgazione e la diffusione dell'uso del DSS granoduro.net®;
- 5) un migliore controllo del processo produttivo agricolo, grazie alla registrazione delle operazioni colturali nel DSS e alla modellistica in esso contenuta;
- 6) l'ottimizzazione dell'impiego dei mezzi tecnici, grazie al supporto alle decisioni fornito da granoduro.net®, con riferimento all'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari e dei fertilizzanti azotati;
- 7) la riduzione dell'impatto ambientale conseguente all'uso del DSS, in confronto con la tecnica aziendale, misurata tramite appositi indicatori;
- 8) un miglioramento della produzione dal punto di vista quali-quantitativo, rispondendo puntualmente alle esigenze della coltura tramite le indicazioni fornite da granoduro.net®.

I **responsabili** coinvolti nel Piano di Innovazione erano:

- 1) Responsabile del Piano di Innovazione:

Cognome	Scaglioni
Nome	Matteo

- 2) Responsabile scientifico:

Cognome	Rossi
Nome	Vittorio

Ente di appartenenza	Università Cattolica del Sacro Cuore Piacenza
----------------------	---

1.3. IL RUOLO DELL'UNIVERSITA' CATTOLICA DEL SACRO CUORE

L'attività di ricerca dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, in particolare del Dipartimento Scienze Produzioni Vegetali Sostenibili (DI.PRO.VE.S.), si focalizza su studi sulle caratteristiche biologiche, ecologiche ed epidemiologiche di patogeni fungini chiave di colture erbacee ed arboree. Altra attività fondamentale, collegata alla prima, è lo sviluppo e validazione di modelli matematici per la previsione della comparsa e dello sviluppo di malattie fungine, e il loro inserimento in Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS) per la protezione delle colture in sistemi di produzione integrata.

L'UCSC ha partecipato alle seguenti azioni specifiche legate alla realizzazione del Piano di Innovazione:

- Azione 1 esercizio della cooperazione
- Azione 2 studi necessari alla realizzazione del piano
- Azione 3.1 innovazione varietale
- Azione 3.2 calibrazione del DSS granoduro.net®
- Azione 3.3 confronto tradizionale vs. innovativo
- Azione 3.4 ottimizzazione analisi sul DON alla consegna dei lotti di granella presso il centro di stoccaggio, in quanto frutto della collaborazione con HORTA
- Azione 4 azione divulgazione, in quanto frutto della collaborazione con HORTA

La descrizione dettagliata delle seguenti azioni è riportata nel paragrafo "2. Contenuto del lavoro".

2. CONTENUTO DEL LAVORO

2.1. AZIONE 1 ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

L'esercizio della cooperazione si è svolta sotto la responsabilità del soggetto capofila, Terrepadane, con ruolo di:

- referente nei confronti dell'Ente Pubblico (Regione), in particolare per il monitoraggio delle attività e le eventuali modifiche progettuali;
- coordinatore tra le aziende partecipanti e i responsabili tecnico-scientifici del progetto espressione del mondo della ricerca e della formazione.

Il monitoraggio sullo stato di avanzamento e finanziario del progetto è stato effettuato, in cooperazione, attraverso l'attività di un Comitato Tecnico, del quale hanno fatto parte il responsabile di progetto ed un tecnico di Terrepadane, nonché i responsabili tecnico-scientifici degli Enti di Ricerca coinvolti, con compiti di coordinamento, controllo qualità, gestione delle prove e della divulgazione.

Il comitato tecnico ha controllato lo sviluppo quantitativo e qualitativo del progetto e il raggiungimento degli obiettivi, con verifica degli stati di avanzamento e della loro coerenza rispetto al piano di lavoro previsto, oltre ad una costante supervisione delle diverse attività in cui si articolavano le varie fasi del progetto stesso.

Durante le riunioni trimestrali, effettuate nel periodo di durata del progetto, il comitato tecnico ha effettuato verifiche intermedie e il monitoraggio dello stato di avanzamento.

Il soggetto capofila si è fatto carico del coordinamento del progetto. La struttura manageriale comprendeva:

Questa struttura organizzativa è stata progettata in modo da:

1. rappresentare in modo adeguato i ruoli e gli interessi del capofila e dei partecipanti;
2. rispondere alle complessità del progetto e alla interazione fra le diverse azioni;
3. garantire l'attuazione pratica del progetto in accordo con quanto pianificato;
4. raggiungere gli obiettivi prefissati nei tempi previsti e con l'impegno economico preventivato;
5. assicurare un adeguato scambio di informazioni all'interno del progetto;
6. gestire i problemi di riservatezza e di proprietà intellettuale.

Tra i compiti assunti dal Comitato Direttivo vi erano:

1. la definizione delle procedure di controllo di qualità all'interno del progetto;
2. la verifica del regolare svolgimento delle attività e il raggiungimento dei risultati;
3. la valutazione di eventuali criticità e definizione di azioni correttive;
4. la gestione del progetto.

I membri del Comitato direttivo si sono riuniti (i) all'inizio del progetto per la programmazione ed il coordinamento delle attività; (ii) il 6 marzo e il 13 maggio 2019, per valutare i risultati raggiunti e programmare la restante parte delle attività, ed (iii) il 16 gennaio 2020, al termine del progetto, per valutare i risultati finali e organizzare il convegno finale del 12 febbraio 2020.

Le decisioni sono state comunemente concordate e comunicate al coordinatore.

2.2. AZIONE 2 STUDI NECESSARI ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

L'UCSC ha condotto uno studio preliminare in cui sono state individuate le novità recentemente prodotte dalla ricerca scientifica e tecnica nel campo della produzione di grano duro di alta qualità. Le informazioni raccolte sono state verificate per la loro applicabilità al contesto territoriale di riferimento del progetto, cioè la provincia di Piacenza.

Vari metodi e classificazioni standard comunemente utilizzate nell'effettuazione dei rilievi in campo per le malattie d'interesse sono stati ricercati e valutati per la loro applicazione nelle azioni proprie del Piano d'innovazione. Da questo studio preliminare, per la corretta assegnazione della fenologia delle piante di grano, è stata individuata la scala BBCH presente in letteratura. La scala BBCH è un sistema decimale ideato per codificare uniformemente stadi fenologici analoghi, sia per specie monocotiledoni che dicotiledoni, basata sulla scala Zadoks (Zadoks et al., 1974). La scala BBCH è divisa in 10 stadi di sviluppo primari e altrettanti secondari (Hess et al., 1997). Ogni stadio viene indicato tramite un codice composto da due cifre. Con l'ausilio della scala BBCH, è stato possibile monitorare l'evoluzione fenologica delle piante presenti in campo durante la stagione, e legare l'epidemiologia delle malattie allo sviluppo delle piante.

Frutto degli studi preliminari sono inoltre la scheda di monitoraggio utilizzata durante i rilievi in campo (Figura 1) e una scheda contenente le immagini delle principali avversità fungine del grano duro, utilizzata come riferimento per l'identificazione delle malattie comparse sulle piante nel corso della stagione colturale (Figura 2).

Nella prima parte della scheda venivano annotate tutte le informazioni relative all'appezzamento e all'azione di monitoraggio, nello specifico:

- nome dell'azienda
- comune e zona ove ricade l'appezzamento oggetto del monitoraggio
- estensione della superficie dell'appezzamento
- varietà di frumento coltivata
- tipologia di gestione dell'appezzamento (aziendale o DSS)
- data del rilievo
- nome del rilevatore

Eventuali informazioni aggiuntive riguardanti l'appezzamento e/o lo stato della coltura, venivano registrate nella sezione "Note e osservazioni".

Nella tabella sottostante "Fase fenologica prevalente", venivano registrati i dati fenologici, distinguendo tra i sette stadi di crescita principali secondo la scala BBCH:

- Accestimento (BBCH 21)

- Levata (BBCH 31)
- Foglia bandiera (BBCH 38)
- Botticella (BBCH 49)
- Spigatura (BBCH 55)
- Antesi (BBCH 65)
- Maturazione (BBCH 89)

Un'immagine rappresentativa della scala supportava la scelta del rilevatore nell'attribuire la corretta fase fenologica. Si assumeva che la coltura si trovasse in una determinata fase fenologica, quando il 50% più uno dei soggetti osservati rispettava le caratteristiche di tale fase.

Di seguito, lo stato sanitario della coltura veniva preso in considerazione. Le principali avversità monitorate erano:

- Septoriosi
- fusariosi spiga
- mal del piede
- mal bianco
- ruggine gialla
- ruggine bruna
- ruggine nera.

Il livello di diffusione dei sintomi di ciascuna malattia nell'appezzamento veniva attribuito tra 4 categorie possibili:

- **Assente:** il campo si presenta interamente sano
- **Sporadica:** poche piante isolate con sintomi di malattia
- **Diffusa:** diverse piante malate a macchia di leopardo o sparse nel campo
- **Estesa:** vaste aree del campo interessate dalla malattia

Il livello di distribuzione dei sintomi di ciascuna malattia sulla pianta veniva attribuito tra 4 categorie possibili:

- **Sintomi solo sul terzo basale della pianta;**
- **Sintomi lievi nella parte alta della pianta** (ultime tre foglie e spiga);
- **Sintomi gravi nella parte alta della pianta** (ultime tre foglie e spiga);
- **L'intera pianta appare compromessa.**

Altre eventuali patologie venivano annotate nella sezione "Note e osservazioni".

Figura 1 – Scheda di monitoraggio utilizzata durante i rilievi

PSR TERREPADANE 2019 – Schede di Monitoraggio

Azienda: _____

Data: _____

Comune: _____

Rilevatore: _____

Varietà: _____

Zona: _____

Superficie appezzamento (ha): _____

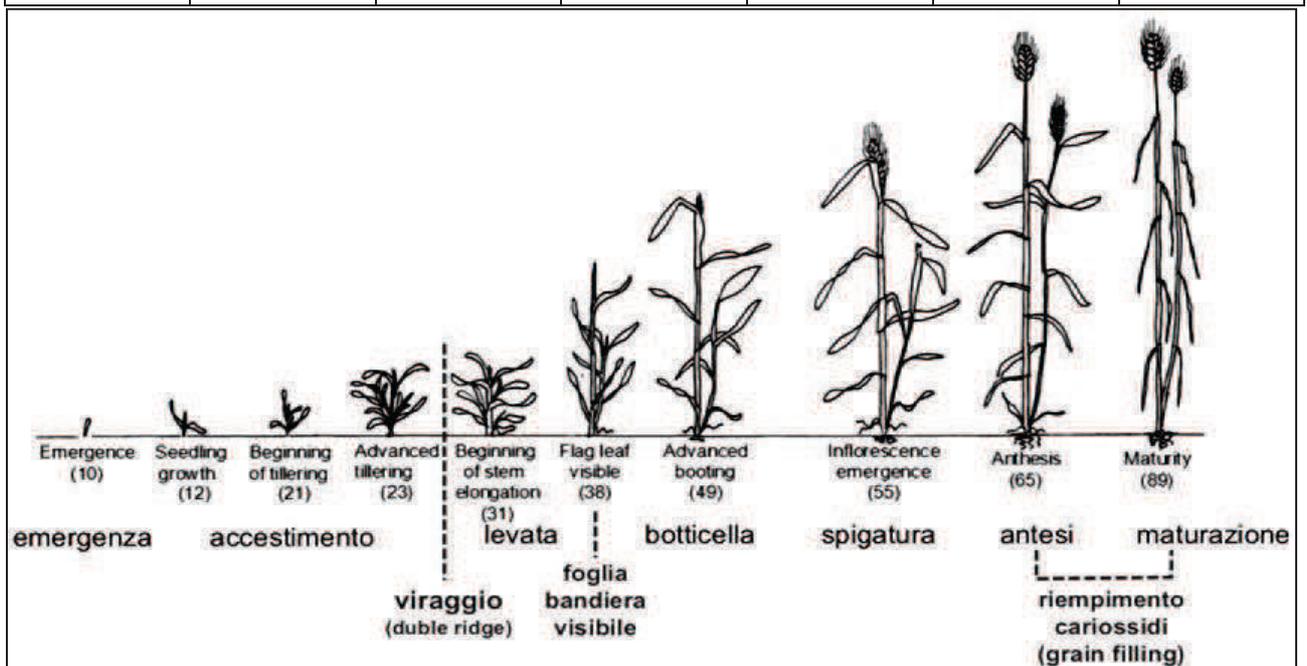
Aziendale

DSS

Note e osservazioni

Fase Fenologica prevalente (il 50% più uno dei soggetti osservati)

Accestimento (BBCH 21)	Levata (BBCH 31)	Fg. bandiera (BBCH 38)	Botticella (BBCH 49)	Spigatura (BBCH 55)	Antesi (BBCH 65)	Maturazione (BBCH 89)



Avversità	Diffusione dei sintomi nell'appezzamento			
	Assente <i>il campo si presenta interamente sano</i>	Sporadica <i>poche piante isolate con sintomi di malattia</i>	Diffusa <i>diverse piante malate a macchia di leopardo o sparse nel campo</i>	Estesa <i>vaste aree del campo interessate dalla malattia</i>
Ruggine gialla				
Ruggine bruna				
Ruggine nera				
Septoriosi				
Fusariosi spiga				
Mal del piede				
Mal bianco				

Avversità	Distribuzione dei sintomi di malattia sulla pianta			
	Sintomi solo sul terzo basale della pianta	Sintomi lievi nella parte alta della pianta (ultime 3 foglie e spiga)	Sintomi gravi nella parte alta della pianta (ultime 3 foglie e spiga)	L'intera pianta appare compromessa
Ruggine gialla				
Ruggine bruna				
Ruggine nera				
Septoriosi				
Fusariosi spiga				
Mal del piede				
Mal bianco				

Figura 2 – Scheda sintomatologica delle malattie fungine utilizzata durante i rilievi



Septoria blotch (*Septoria tritici* - *S. nodorum* - *S. avenae* f. sp. *tritico*)



Stripe (yellow) rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*)



Leaf (brown) rust (*Puccinia tritica*)



Take-all (*Gaeumannomyces graminis* sp. *tritici*)



Stem (black) rust (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*)



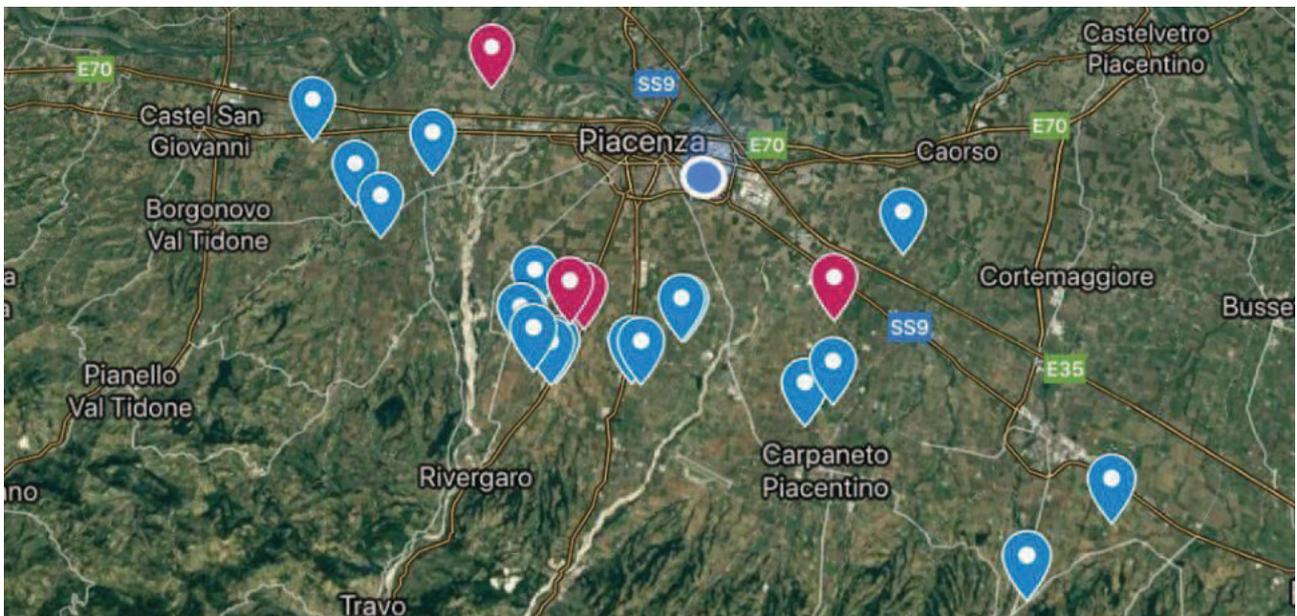
Fusarium foot rot (*Fusarium* spp.)

Allo studio preliminare, sotto la guida Terrepadane, è seguita la scelta delle aziende in cui sono stati predisposti i campi prova varietali e i campi gestiti con le due diverse tecniche in confronto nel progetto.

Prima dell'inizio della stagione agraria, i conduttori delle aziende sono stati contattati per avere indicazioni circa le coordinate geografiche dei campi, successivamente raccolte nella mappa mostrata in Figura 3.

Maggiori informazioni riguardanti le aziende sono trattati nei paragrafi successivi (v. paragrafi 2.3.1. e 2.3.3.).

Figura 3 – Mappa satellitare della porzione della provincia di Piacenza mostrante l'ubicazione dei campi implicati nel progetto: in blu i campi a gestione DSS o gestiti con tecnica aziendale forniti delle aziende pilota, in rosso i campi prova varietali. Il pallino blu indica la posizione dell'Università Cattolica del Sacro Cuore rispetto i campi.



BIBLIOGRAFIA

- Hess, M., Barralis, G., Bleiholder, H., Buhr, L., Eggers, T. H., Hack, H., & Stauss, R. (1997). Use of the extended BBCH scale—general for the descriptions of the growth stages of mono and dicotyledonous weed species. *Weed Research*, 37(6), 433-441.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 14(6), 415-421.

2.3. AZIONI 3 SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

2.3.1. AZIONE 3.1 INNOVAZIONE VARIETALE – valutazione delle varietà

Nell'ambito del progetto sono stati predisposti 4 campi prova in provincia di Piacenza con n. 7 nuove varietà di frumento duro a confronto con n. 3 varietà già affermate.

Le varietà testate erano:

- Athoris (affermata)
- Farah (affermata)
- Nazareno (affermata)
- Augusto (nuova)
- Idefix (nuova)
- Leondour (nuova)
- Monastir (nuova)
- Rangodour (nuova)
- San Carlo (nuova)
- Tito Flavio (nuova)

Le varietà affermate considerate erano Athoris, Nazareno e Farah, le cui principali caratteristiche (secondo l'editoriale Terremerse, "Speciale cereali autunno-vernini 2019/2020", p.52) sono di seguito riportate.

Athoris: taglia media e ciclo medio; colore delle ariste bianco; ottima resistenza al freddo e buona all'allettamento; scarsa suscettibilità a oidio e ruggine bruna, mediamente tollerante a septoria; elevato contenuto proteico, ottima qualità del glutine ed elevato indice di giallo.

Nazareno: taglia medio-alta e ciclo medio; colore delle ariste bruno; ottima tolleranza all'allettamento e alle patologie fungine; elevati valori di peso ettolitrico e contenuto proteico; indice di glutine medio.

Farah: taglia medio-alta e ciclo medio; colore delle ariste nero; ottima tolleranza all'allettamento e alle patologie fungine; ottimi valori di peso ettolitrico, contenuto proteico, indice di glutine e indice di giallo.

In ogni campo prova sono state considerate 4 repliche per ogni varietà, secondo un disegno strip-plot con parcelle di grandi dimensioni (minimo 300 mq). La prova è stata realizzata per l'annata agraria 2019.

La finalità della prova era individuare nuove varietà che meglio soddisfino i fabbisogni dell'area di coltivazione e della filiera, con particolare riferimento a: resistenza al virus del mosaico e altri virus soil-borne diffusi nell'areale, resistenza alla fusariosi della spiga e all'accumulo di micotossine nella granella, alto Nitrogen Use Efficiency (NUE), elevata resa e contenuto proteico.

Il consorzio Terrepadane ha individuato le aziende nelle quali effettuare le prove e ha coadiuvato le stesse nella realizzazione dei campi prova, come sopra descritti.

I dettagli dei campi prova sono riportati in Tabella 1. Le foto relative ai campi sono mostrate in Figura 5, dove è possibile apprezzare le “strisciate” (strips) delle diverse varietà, tipiche del disegno strip-plot. Sono riportate anche le mappe schematiche rappresentanti la distribuzione spaziale delle diverse varietà secondo il disegno strip-plot.

Figura 4 – Mappa delle superfici coltivate a grano duro (media degli ultimi 3 anni) dei conferitori di Terrepadane. I diversi colori rappresentano il valore complessivo di ciascun comune. I simboli bianchi indicano le località dove sono stati allestiti i campi dimostrativi e di confronto del PSR GranoSmart.

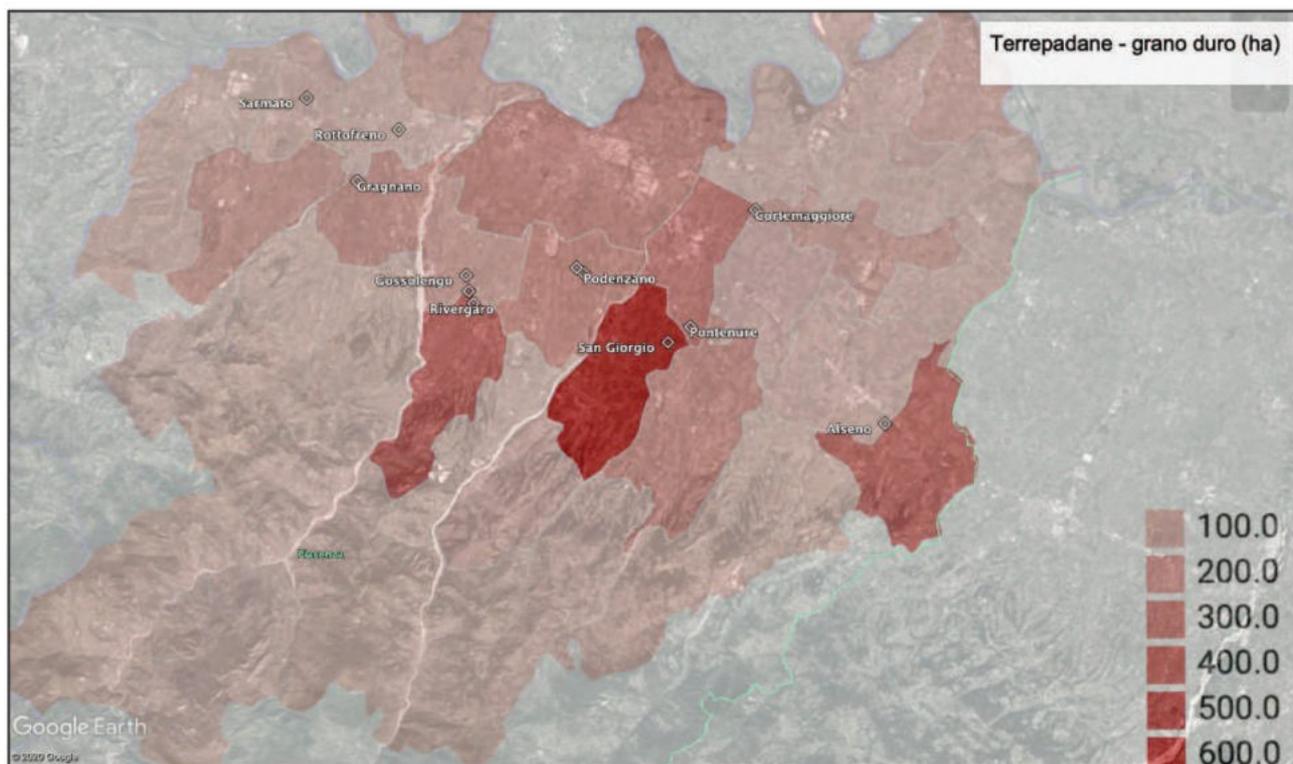
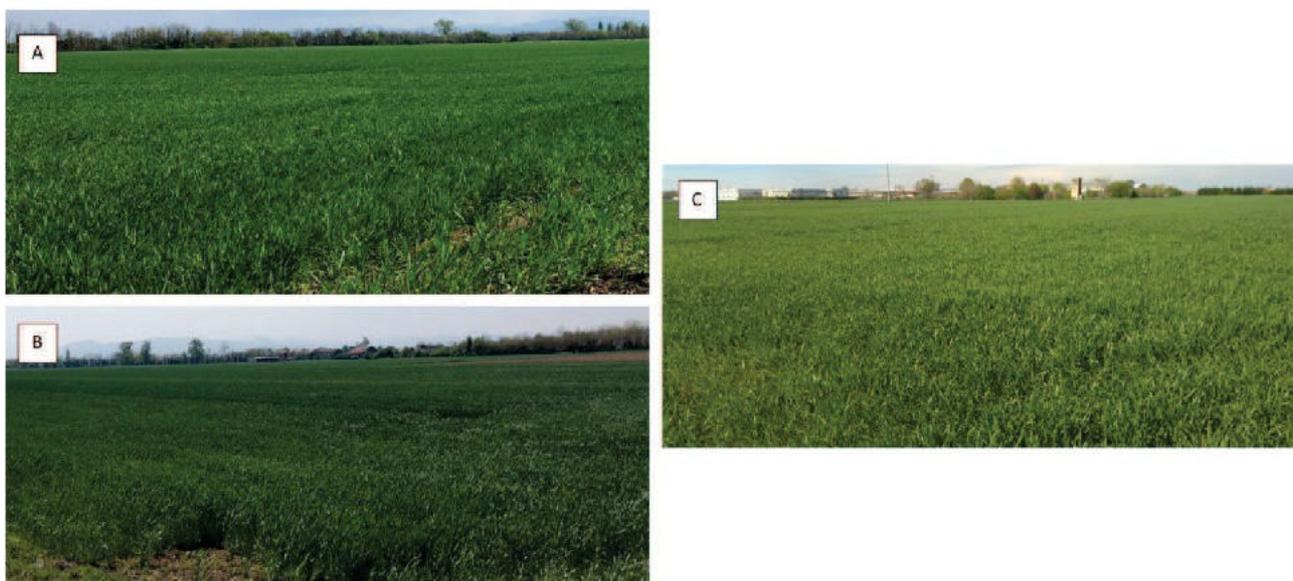


Figura 5 – Foto dei campi prova varietali e relative mappe schematiche. (A) campo Stalla di Azienda Agricola (B) campo Rifiuto di Azienda Agricola (C) campo di Azienda Agricola.



L'UCSC si è occupata di contattare direttamente le aziende, secondo i contatti forniti da Terrepadane, per constatare l'avvenuta semina del frumento e concordare un primo appuntamento per un sopralluogo nei campi varietali. Successivamente, UCSC si è occupata della raccolta dei dati relativi a:

- vigore e copertura del suolo all'uscita dell'inverno
- accestimento
- fenologia
- resistenza alle malattie
- investimento (densità delle spighe)
- taglia delle piante
- resa (peso granella al 14% di umidità, peso dei 1000 semi, Harvest Index)
- contenuto in proteine
- micotossine (DON).

Sei rilievi per fenologia e resistenza alle malattie sono stati eseguiti con cadenza quindicinale; l'ultimo rilievo è stato eseguito in prossimità della trebbiatura. Il numero di culmi è stato rilevato al quarto rilievo selezionando un campione random di 50 individui per ogni varietà in ognuno dei campi prova; nello stesso momento, la taglia delle piante è stata misurata su un individuo rappresentativo di ogni varietà in ogni campo. Pochi giorni prima della trebbiatura eseguita dai conduttori delle aziende, campioni di 100 piante per ogni varietà di ogni campo prova sono stati raccolti e trebbiati. Resa, contenuto in proteine e micotossine (DON) sono stati determinati tramite opportune misurazioni e calcoli.

L'UCSC ha eseguito l'elaborazione statistica dei dati raccolti allo scopo di evidenziare le differenze significative fra le varietà in prova. Specificatamente, i dati relativi a fenologia, resistenza alle malattie, accestimento, altezza piante, peso della granella, harvest index, contenuto proteico e contenuto in DON sono stati sottoposti ad analisi della varianza (ANOVA). Quando l'ANOVA risultava significativo, il test post-hoc LSD (Least Significant Difference) veniva eseguito per distinguere accuratamente le varietà differenti per un determinato carattere. Le analisi statistiche sono state effettuate tramite il software IBM SPSS Statistics 25.

RISULTATI

All'uscita dall'inverno le varietà dei campi prova presentavano tutte una buona copertura del suolo e un alto vigore, probabilmente dovuto all'andamento stagionale. Inoltre, anche un buon grado di accestimento è stato riscontrato. Non sono state riscontrate macroscopiche differenze tra le varietà.

I dati fenologici raccolti sono stati analizzati tramite analisi della varianza (ANOVA), per evidenziare differenze nella dinamica della progressione fenologica tra le varietà. Le varietà non risultano statisticamente diverse ($P > 0.05$) tra loro.

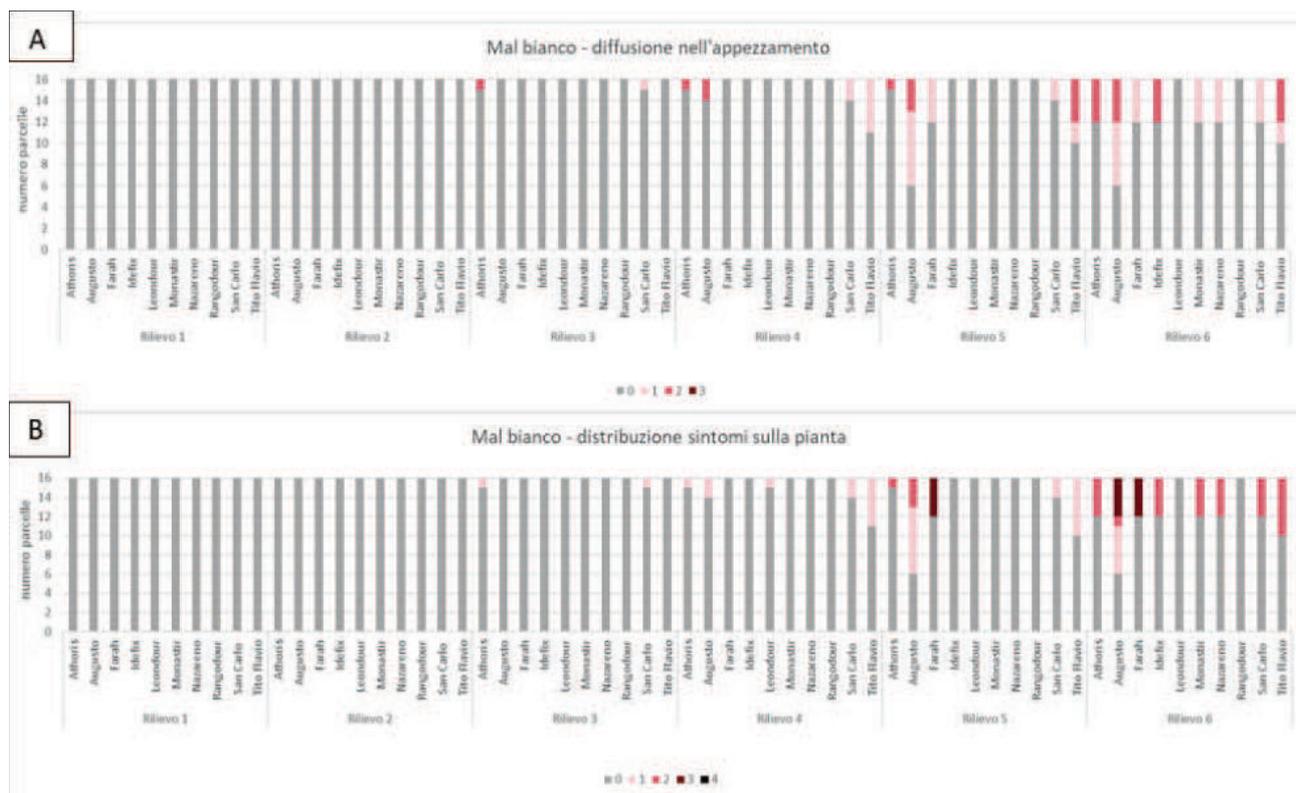
Nel periodo di monitoraggio su nessuna varietà, in nessun campo, sono stati rilevati sintomi attribuibili alle seguenti malattie: ruggine gialla, ruggine bruna, ruggine nera e mal del piede. Dal terzo rilievo invece, riferibile allo stadio BBCH 65 (antesi), in più di una varietà è stata registrata la

presenza sia di mal bianco che di septoriosi. La fusariosi della spiga è stata rilevata in corrispondenza dell'ultimo rilievo, BBCH 89 (maturazione).

In Figura 6, è mostrata la dinamica di sviluppo del mal bianco, intesa come diffusione in campo e distribuzione dei sintomi sulla pianta, per le diverse varietà nel corso dei rilievi. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di parcelle (n. 16 – 4 parcelle per ogni varietale), ripartite per ogni classe sia di diffusione (Figura 6-A) che di distribuzione (Figura 6-B). Sulle ascisse sono riportati varietà e numero dei rilievi a cui le frequenze corrispondono. Al momento dell'antesi (rilievo 3), l'unica varietà manifestante lievi sintomi della malattia è Athoris. Un graduale e progressivo avanzamento si osserva nei rilievi successivi con la comparsa del patogeno su altre varietà. Un drastico peggioramento sia in termini di diffusione nell'appezzamento che di distribuzione dei sintomi sulla pianta emerge dalla ripartizione nelle classi in corrispondenza dell'ultimo rilievo, dove le uniche due varietà sane sono Leondour e Rangodour. Particolarmente gravi sono le condizioni di Augusto e Farah che presentano numerose colonie oidiche anche sulla spiga.

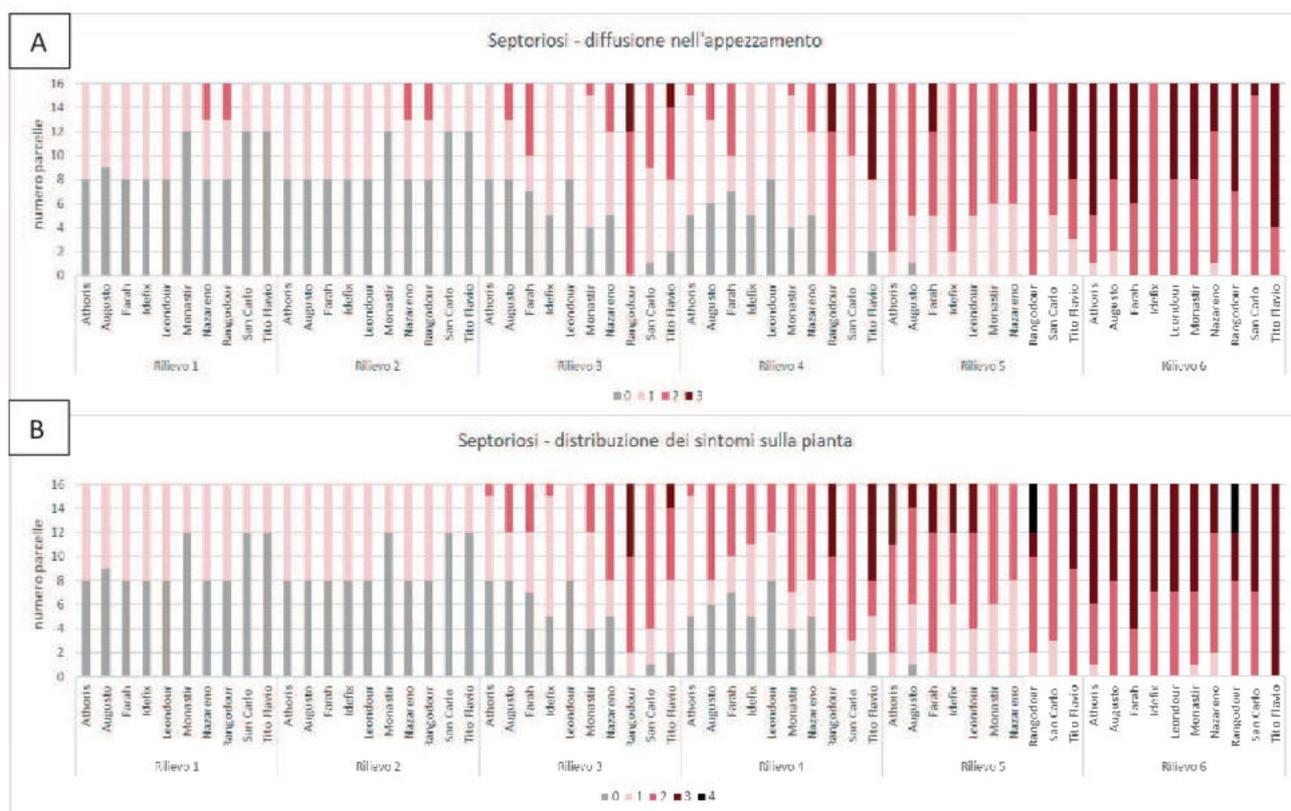
Dall'analisi della varianza (ANOVA) si è evinta una differenza statisticamente significativa ($P < 0.01$) tra le varietà per quanto riguarda la resistenza al mal bianco. Dal successivo test LSD si sono distinte per una maggiore diffusione della malattia in campo e gravità dei sintomi Augusto e Tito Flavio. Sebbene poco diffusa, la malattia ha prosperato sulla cultivar Farah la cui gravità è statisticamente comparabile a quella delle varietà appena citate. Invece, il test LSD ha confermato la massima resistenza alla malattia per Leondour e Rangodour che si distinguevano in campo per l'assenza di sintomi. Athoris, Idefix, Monastir, Nazareno e San Carlo mostrano una discreta tolleranza al mal bianco, statisticamente non diversa tra loro.

Figura 6 – Dinamica di sviluppo del mal bianco nel corso de sei rilievi per le diverse varietà: (A) diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di parcelle (tot. 16). Sulle ascisse sono riportati i nomi delle varietà e il numero dei rilievi. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3= sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).



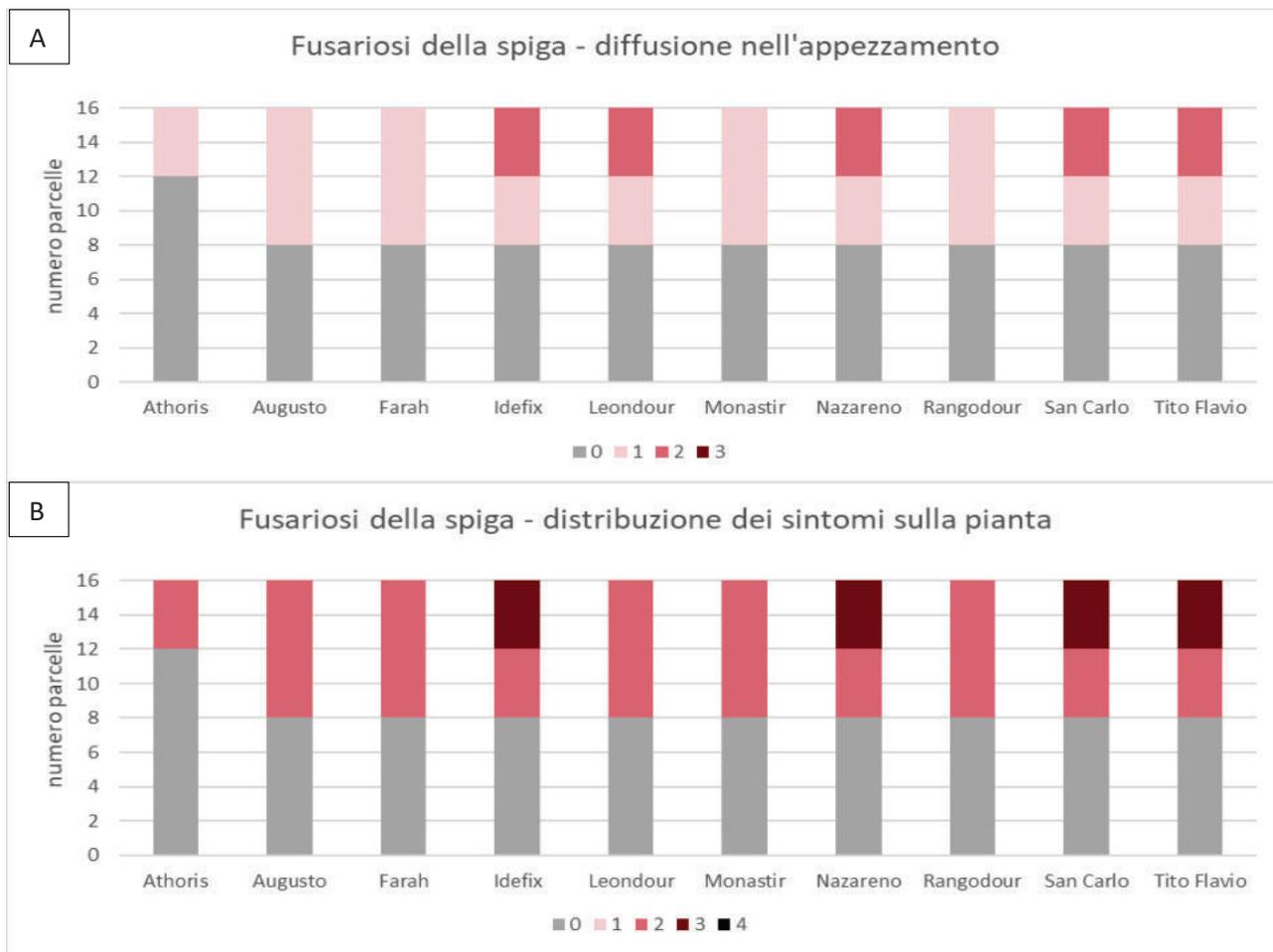
La Figura 7 riporta l'evoluzione in campo della septoriosi nel corso dei rilievi. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di parcelle (n. 16 – 4 parcelle per ogni varietà), ripartite per ogni classe sia di diffusione (Figura 7-A) che di distribuzione (Figura 7-B). Sulle ascisse sono riportati varietà e numero dei rilievi a cui le frequenze corrispondono. La malattia ha caratterizzato tutta la stagione diffondendosi progressivamente e causando lesioni sempre più estese su tutte le varietà. Fin dal primo rilievo, la malattia è presente, almeno sporadicamente, in tutte le varietà in prova. A fine stagione nessuna parcella era esente dalla septoriosi seppur le varietà manifestassero diversi gradi di resistenza alla malattia. La diversità tra varietà è stata confermata dall'ANOVA con una significatività $P < 0.01$. Successivamente, il test LSD ha evidenziato Tito Flavio e Rangodour come le varietà più affette dalla malattia in termini di diffusione e distribuzione dei sintomi e pertanto diverse da tutte le altre varietà. Specificatamente, sebbene queste due varietà siano statisticamente diverse tra loro per quanto riguarda la diffusione dei sintomi in campo, la distribuzione dei sintomi della malattia sulla pianta risulta uguale. Athoris, Augusto, Farah, Idefix, Leondour, Monasti, Nazareno e San Carlo non sono statisticamente diversi tra loro.

Figura 7 – Dinamica di sviluppo della septoriosi nel corso de sei rilievi per le diverse varietà: (A) diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di parcelle (tot. 16). Sulle ascisse sono riportati i nomi delle varietà e il numero dei rilievi. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3= sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).



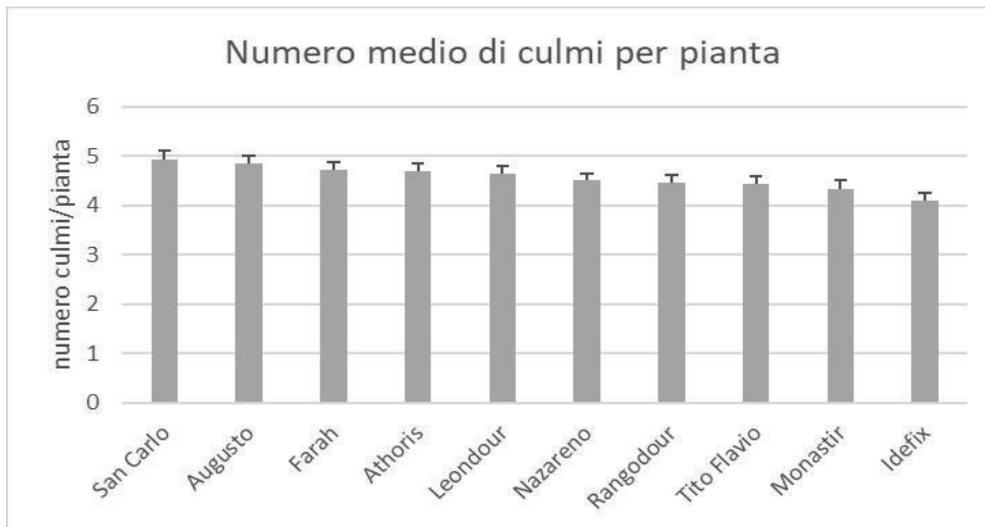
In Figura 8 è mostrata la situazione riguardante la fusariosi della spiga in corrispondenza dell'ultimo rilievo. Come precedentemente introdotto, questa malattia è risultata visibile solo in corrispondenza del sesto rilievo, momento più prossimo alla trebbiatura. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di parcelle (n. 16 – 4 parcelle per ogni varietà), ripartite per ogni classe sia di diffusione (Figura 8-A) che di distribuzione (Figura 8-B). Sulle ascisse sono riportati i nomi delle diverse varietà a cui le frequenze corrispondono. Si evince che tutte le varietà sono state colpite dalla fusariosi della spiga, con diffusione in campo e distribuzione dei sintomi sulla pianta comparabili. La similarità tra le varietà è stata confermata dall'ANOVA che non ha rilevato diversità statisticamente significative ($P > 0.05$). Invece diffusione e distribuzione della fusariosi della spiga risultano significativamente diverse in base al conduttore dell'azienda, infatti nelle parcelle dell'Azienda Agricola non si è registrata la malattia in nessuna parcella di nessuna varietà.

Figura 8 – Fusariosi della spiga al sesto (ultimo) rilievo: (A) diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di parcelle (tot. 16). Sulle ascisse sono riportati i nomi delle varietà. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3=sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).



In Figura 9 è mostrato il numero medio di culmi per pianta per ogni varietà. È possibile notare che tutte le varietà presentano mediamente 4 o 5 culmi per pianta. Dall'ANOVA condotta, è emersa una differenza statisticamente significativa ($P < 0.01$) sia tra le varietà sia in base al conduttore. Quest'ultima differenza è probabilmente giustificabile da una diversa dose di semina (kg di seme/ha) e nutrizione azotata applicate nelle diverse aziende. La diversità varietale, invece, è correlata al pool genetico delle piante. Dal test LSD si sono identificati tre gruppi principali diversi tra loro per il numero di culmi per pianta: il gruppo con il valore più alto è rappresentato da San Carlo, Augusto, Farah, Athoris e Leondour; seguono Nazareno e Rangodour; il gruppo con il più basso numero di culmi per pianta è costituito da Tito Flavio, Monastir e Idefix.

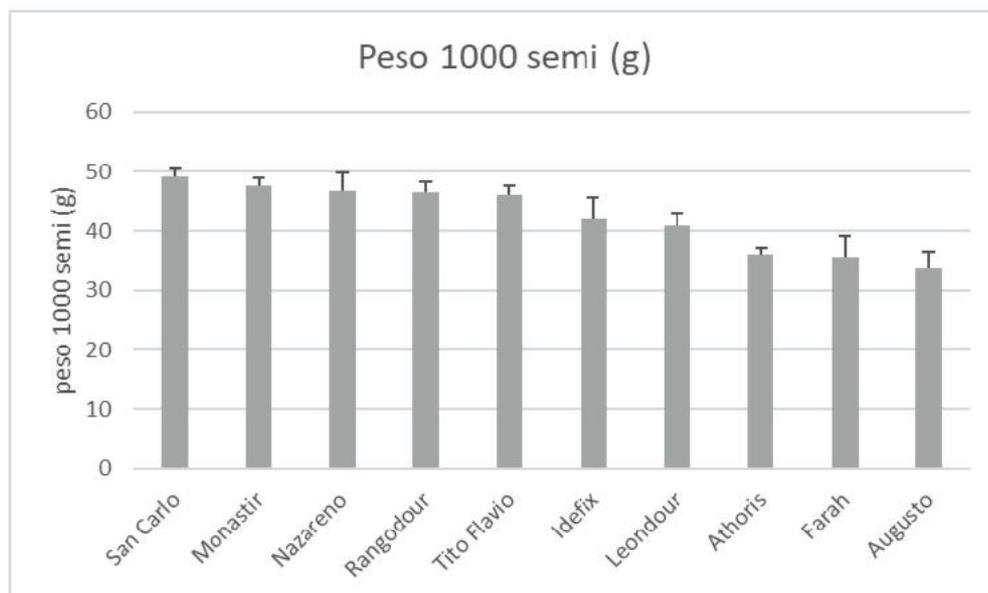
Figura 9 – Numero medio di culmi per pianta di ogni varietà. Ogni barra corrisponde ad una varietà; i baffi superiori rappresentano l'errore standard.



Nei diversi campi varietali la taglia delle piante risultava visivamente diversa in base alla varietà, soprattutto all'inizio della stagione. Idefix e Rangodour apparivano di taglia contenuta rispetto le altre. Tuttavia, l'ANOVA eseguita sulle rilevazioni al quarto rilievo non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le varietà. Ha invece indicato una differenza nelle altezze in base al campo prova probabilmente dovuto a una diversa gestione e diverse caratteristiche pedologiche.

La resa delle diverse varietà è stata valutata considerando i seguenti aspetti: peso granella al 14% di umidità, peso dei 1000 semi e Harvest Index. Dal test ANOVA non sono emerse differenze varietali statisticamente significative per quanto riguarda il peso della granella al 14% di umidità e l'Harvest Index; l'analisi della varianza indica però una certa differenza ($P < 0.01$) tra le aziende per i pesi delle granelle e l'Harvest Index calcolati, giustificabili da diverse nutrizioni azotate applicate e diverse condizioni fitosanitarie nei campi prova. Completamente opposti sono i risultati riguardanti il peso 1000 semi (Figura 10), che dal test ANOVA, si profilano statisticamente diversi ($P < 0.01$) in base alla varietà ma non al campo prova ($P = 0.05$). Dal successivo test post-hoc LSD si possono individuare due principali gruppi i cui componenti non risultano statisticamente diversi tra loro: con un maggior peso per 1000 semi (45-50 g) troviamo San Carlo, Monastir, Nazareno, Rangodour e Tito Flavio; mentre un peso 1000 semi minore (33-42 g) è stato riscontrato per Idefix, Leondour, Athoris, Farah e Augusto.

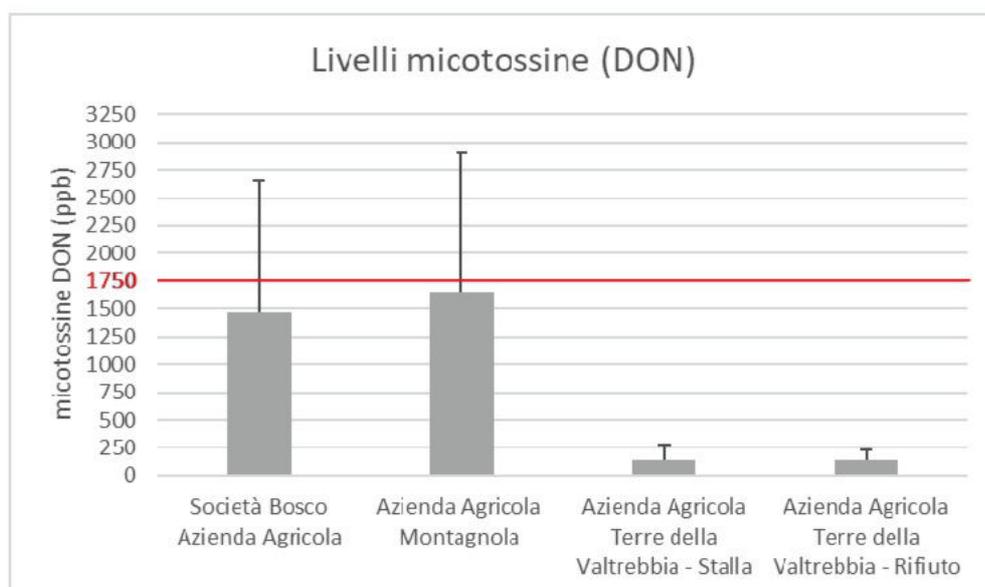
Figura 10 – Peso 1000 semi espresso in grammi. Ogni barra corrisponde ad una varietà; i baffi superiori rappresentano l'errore standard.



Il contenuto in proteine (%) è stato misurato per ogni varietà e analizzato attraverso analisi della varianza. Dall'ANOVA non sono emerse differenze varietali statisticamente significative. Come per peso granella e Harvest Index, differenze sono state riscontrate per le diverse aziende. Anche in questo, l'applicazione di diverse concimazioni azotate in relazione a condizioni pedologiche e stati fitosanitari differenti possono giustificare la variabilità aziendale.

Tramite test ELISA le concentrazioni di DON (ppb) sono state misurate utilizzando un campione rappresentativo di grano macinato per le diverse varietà e aziende. Il test ANOVA non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra le varietà ($P > 0.05$), invece sono emerse differenze tra i conduttori delle aziende. Questi risultati confermano quanto visto per la diffusione in campo e distribuzione dei sintomi per la fusariosi della spiga. Azienda Agricola che non presentava sintomi della malattia in nessuna delle parcelle monitorate si classifica nella rilevazione dei DON con concentrazioni bassissime in entrambi i campi prova (campo Stalla e campo Rifiuto), come è evidente in Figura 11. La concentrazione media di DON per Azienda Agricola è circa 136 ppb (media delle varietà nei due campi), nettamente inferiore sia alla Azienda Agricola con circa 1659 ppb (media delle varietà) sia all'Azienda Agricola con circa 1472 ppb (media delle varietà). Gli elevatissimi valori medi di DON per queste ultime due aziende sono frutto di concentrazioni molto alte detectate con il test ELISA, infatti molti campioni presentavano livelli di DON superiori al limite di legge (1750 ppb). Le varietà con maggior numero di campioni presentanti concentrazioni di DON eccedenti il limite legale sono stati Augusto, Idefix e Leondour.

Figura 11 – Livelli di micotossine (DON) espressi in ppb. Ogni barra corrisponde ad un campo varietale; i baffi superiori rappresentano l'errore standard. La linea rossa demarca il limite di legge (1750 ppb).



2.3.2. AZIONE 3.1 INNOVAZIONE VARIETALE – valutazione degli indicatori ambientali

Nel progetto sono stati realizzati diversi campi prova, situati in provincia di Piacenza, per confrontare varietà recentemente messe in commercio con altre già affermate e coltivate negli ultimi anni nell'areale. Questi campi varietali sono stati realizzati presso aziende agricole conferenti a Terrepadane nei comuni di Pontenure (1 campo), Gossolengo (2 campi) e Calendasco (1 campo):

- Sr Azienda Agricola
- Azienda Agricola T (2 campi)
- Azienda Agricola M

Relativamente alle prove di confronto varietale sono stati raccolti i dati colturali e quindi calcolati i 20 indicatori di *yousustain.net*[®]: i risultati sono descritti nelle tabelle 2, 3, e 4. Poiché le prove non erano irrigate e non sono stati raccolti dati aziendali relativi alla biodiversità, alcuni indicatori non sono stati calcolati (dati non applicabili).

*Tabella 2 – Indicatori *yousustain.net*[®]. Score dei sei comparti (salute, aria, suolo, biodiversità, energia e acqua) e degli indicatori che li compongono, espressi con un valore tra 0 (sostenibile) e 5 (non sostenibile). Dati medi per gli ettari dedicati ai campi varietali.*

Indicatore	Campo varietale 2019 Lavezzi	Campo varietale 2019 Repetti D.	Campo varietale 2019 Repetti S.
Comparto salute (punti)	3,7	3,7	3,7
Human Tox Score (punti)	5	5	5
Dose Area Index (punti)	0	0	0
Treatment Frequency Index (punti)	4	4	4
Comparto aria (punti)	2,8	2,8	3
Carbon Footprint (punti)	3	3	3
Carbon sequestration (punti)	2	2	3
Comparto suolo (punti)	1,51	1,41	1,51

Ecological Footprint (punti)	3	2	3
Sostanza organica (punti)	4	4	4
Soil coverage (punti)	1	1	1
Erosion (punti)	0	0	0
Soil compaction (punti)	1,8	1,8	1,8
Comparto biodiversità (punti)	5	5	5
Biodiversità (punti)	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Eco Tox Score (punti)	5	5	5
Comparto energia (punti)	2,82	2,82	2,48
Consumo gasolio (punti)	3	3	2
Renewable fuel (punti)	4	4	4
Waste (punti)	2,5	2,5	2,5
Comparto acqua (punti)	0,8	0,4	0,8
Water Footprint (punti)	2	1	2
Water supply (punti)	non applicabile	non applicabile	non applicabile
WUTE (punti)	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Acidification (punti)	0	0	0
Eutrophication (punti)	0	0	0

Tabella 3 – Indicatori yousustain.net® con relativi dati medi per gli ettari dedicati ai tre campi varietali. Valori dei sei comparti (salute, aria, suolo, biodiversità, energia e acqua) e degli indicatori che li compongono espressi con le relative unità di misura. Alcuni indicatori sono adimensionali.

Indicatore	Campo varietale 2019 Lavezzi	Campo varietale 2019 Repetti D.	Campo varietale 2019 Repetti S.
Comparto salute (valori)			
Human Tox Score	61,4	61,1	61,4
Dose Area Index	4,1	4,1	4,1
Treatment Frequency Index	4	4	4
Comparto aria (valori)			
Carbon Footprint per tonnellata prodotta (CO ₂ eq. t/t al 13% di umidità)	0,37	0,34	0,37
Carbon sequestration (t C/ha)	7,03	7,23	6,63
Comparto suolo (valori)			
Ecological Footprint per tonnellata prodotta (Global ha/t al 13% di umidità)	0,401	0,39	0,422
Sostanza organica (%)	1,1	1,1	1,1
Soil coverage (giorni)	265	265	265
Erosion (t/ha)	3,6	5,5	3,6
Soil compaction	1,8	1,8	1,8
Comparto biodiversità (valori)			
Biodiversità	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Eco Tox Score	44,8	44,9	44,8
Comparto energia (valori)			
Consumo gasolio per tonnellata prodotta (l/t al 13% di umidità)	15	17	15
Renewable fuel	non applicabile	non applicabile	Non applicabile
Waste	non applicabile	non applicabile	Non applicabile
Comparto acqua (valori)			
Water Footprint per tonnellata prodotta (H ₂ O m ³ /t al 13% di umidità)	1209	1200	1222

Water supply	non applicabile	non applicabile	non applicabile
WUTE	non applicabile	non applicabile	non applicabile
Acidificazione per tonnellata prodotta (SO ₂ eq t/t al 13% di umidità)	0,008	0,007	0,008
Eutrofizzazione per tonnellata prodotta (PO ₄ eq t/t al 13% di umidità)	0,006	0,005	0,006

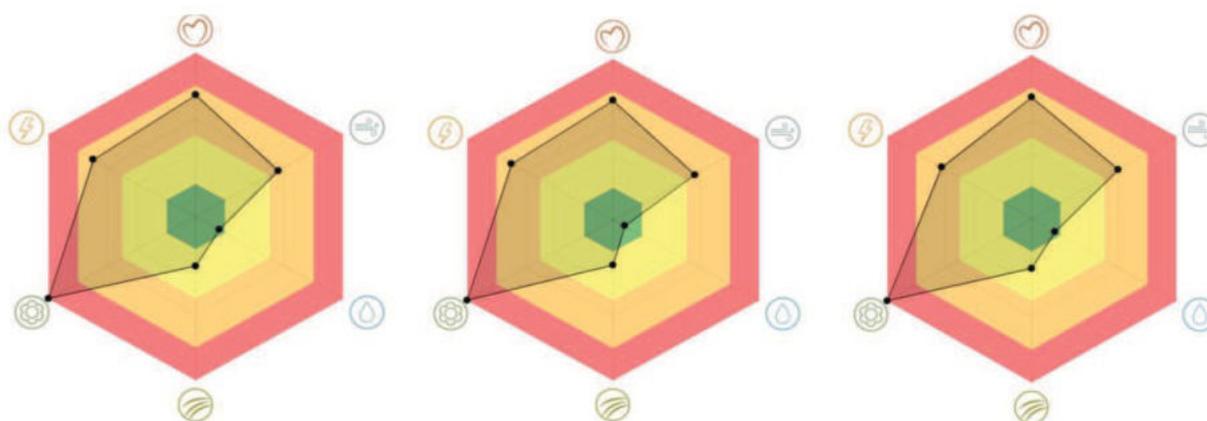
Tabella 4 – Resa e indicatori di performance per i tre campi varietali. Dati medi per gli ettari dedicati ai campi varietali.

Indicatore	Campo varietale 2019 Lavezzi	Campo varietale 2019 Repetti D.	Campo varietale 2019 Repetti S.
Resa (t/ha al 13% di umidità)	6,96	7,16	6,56
Agronomic NUE (kg prod./kg N distr.)	34	40,1	35,2
Punteggio finale yousustain.net® (0-5)	2,66	2,57	2,63
Carbon Footprint per ettaro (CO ₂ eq t/ha)	2,61	2,42	2,4
Water Footprint per ettaro (H ₂ O m ³ /ha)	8417	8588	8021
Ecological Footprint per ettaro (Global ha/ha)	2,79	2,79	2,77
Acidificazione per ettaro (SO ₂ eq t/ha)	0,056	0,053	0,052
Eutrofizzazione per ettaro (PO ₄ eq t/ha)	0,042	0,038	0,039
Consumo gasolio per ettaro (l/ha)	102	123	97
Azoto distribuito per ettaro (kg/ha)	206	179,6	187,6
Fosforo distribuito per ettaro (P ₂ O ₅ eq kg/ha)	0	0	0
Potassio distribuito per ettaro (K ₂ O eq kg/ha)	0	0	0
Prodotti fitosanitari per ettaro (kg/ha)	3,39	3,45	3,39
Semente per ettaro (kg/ha)	190	220	190

Graficamente i risultati dei sei comparti sono descritti nella figura 12.

Figura 12 - Grafici a radar di yousustain.net® per le tre aziende agricole

Dati medi per azienda. I vertici dell'esagono rappresentano i sei compartimenti: salute, aria, acqua, suolo, biodiversità ed energia.



2.3.3. AZIONE 3.2 CALIBRAZIONE DI GRANODURO.NET[®]

Il progetto prevedeva la calibrazione dei modelli del DSS grano.net[®] per 12 aziende pilota rappresentative del territorio della provincia di Piacenza. Nello specifico, era prevista la verifica, ed eventualmente la calibrazione, dei modelli previsionali attivi nel DSS riguardanti il rischio di insorgenza delle malattie fungine, il rischio DON, la fenologia e la nutrizione azotata delle colture.

Le aziende pilota sono state scelte da Terrepadane in diverse aree della provincia di Piacenza e i contatti di tali aziende sono stati forniti all'UCSC. I proprietari delle aziende sono stati contattati per constatare l'avvenuta semina del frumento, l'adozione del DSS grano.net[®] e per concordare un primo appuntamento per un sopralluogo nei campi.

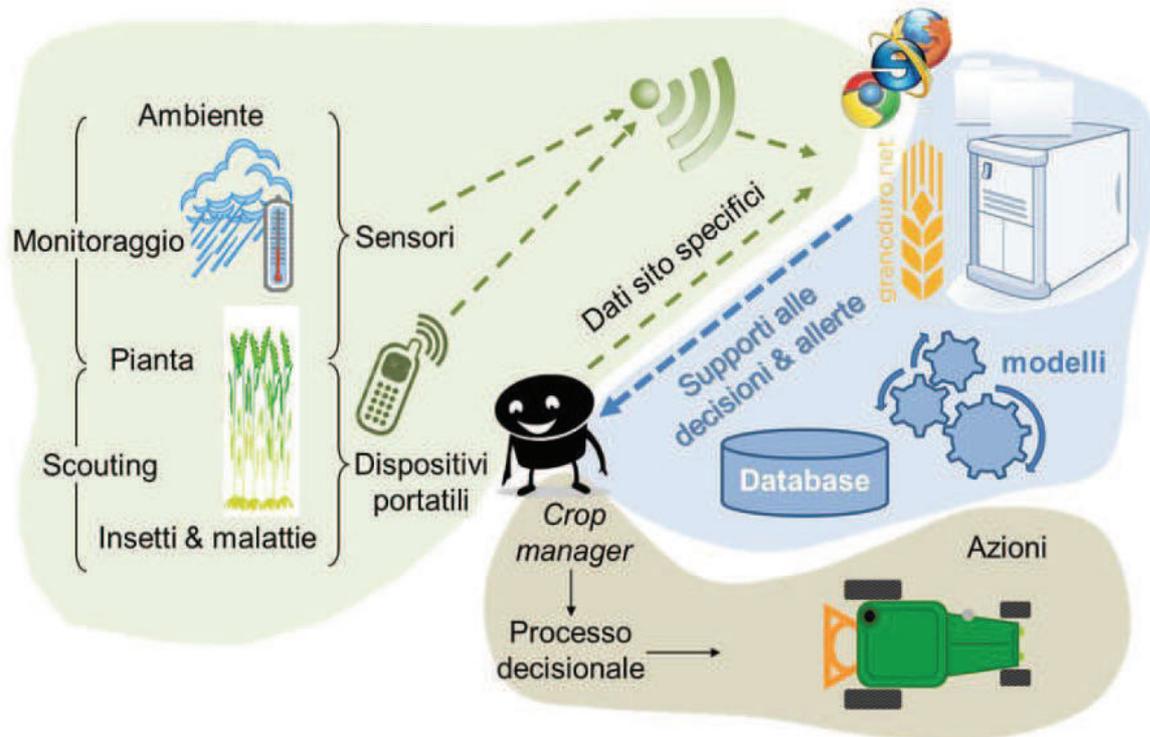
In ogni azienda pilota sono stati individuati 2 appezzamenti rappresentativi, su cui sono stati effettuati i rilievi e le analisi necessari alla verifica e, se del caso, alla calibrazione dei modelli.

UCSC si è occupata della raccolta dei dati relativi a: fenologia, previsione delle malattie (ruggini, oidio, septoriosi e fusariosi della spiga), delle micotossine nella granella (DON) e dei dati di produzione (resa, proteine, peso ettolitrico), per un totale di 5 rilievi a stagione in ogni azienda pilota. UCSC ha provveduto anche all'elaborazione statistica dei risultati ottenuti dal confronto fra i dati rilevati e dagli output dei modelli del DSS.

Con l'obiettivo di validare e diffondere i processi produttivi agricoli più sostenibili effettuati nell'annata colturale 2018-2019 dieci aziende agricole pilota hanno consultato grano.net[®] per valutarne i consigli di gestione colturale. Questa consultazione, oltre che a permettere i confronti descritti nell'Azione 3.3, ha permesso di valutarne l'attendibilità, nonché stabilire se fosse necessaria la calibrazione dei modelli del DSS per la provincia di Piacenza.

In figura 13 è descritto il diagramma concettuale relativo al funzionamento di grano.net[®]: si tratta di una piattaforma informatica che raccoglie, in tempo reale, dati colturali tramite sensori e strumenti di scouting, li organizza in sistemi cloud, li interpreta per mezzo di tecniche avanzate di modellistica e big data e li integra in modo automatico producendo informazioni, allarmi e supporti alle decisioni. Gli utenti usano queste informazioni per la gestione agronomica di precisione delle colture. Anche i dati relativi alle operazioni colturali entrano nei database, in modo da generare un flusso continuo d'informazioni sempre aggiornate fra la coltura, il DSS e l'utente.

Figura 13 - Diagramma logico di funzionamento di grano.net®.



Per lo studio sono stati utilizzati gli appezzamenti in cui erano in corso i confronti di gestione colturale. Diversi output dei modelli previsionali relativi alle malattie fungine, il rischio DON, la nutrizione azotata e la stima della crescita del grano (fenologia) sono stati confrontati con i risultati di campo ottenuti dai rilievi dell'UCSC e le performance produttive e qualitative dell'agricoltore. Le prove condotte nei comuni di Alseno, Castelvetro, Muccinasso, San Giorgio/Podenzano, Calendasco, Gragnano/Borgonovo hanno dimostrato come i modelli previsionali attualmente presenti in grano.net® e i layout di presentazione dei risultati siano altamente performanti e intuitivi durante la consultazione. L'esperienza decennale del DSS e i pareri degli utilizzatori hanno dimostrato come non fossero necessarie importanti calibrazioni.

L'unica modifica effettuata consiste nell'aggiornamento di alcune informazioni riguardanti la varietà Athoris. Per la varietà maggiormente utilizzata (coltivata in 4 confronti su 10) sono stati raccolti molti dati di campo, grazie ai quali si è potuto giudicare meglio la sua sensibilità alle malattie fungine e il rischio di allettamento, nonché migliorare il consiglio di densità di semina.

All'inizio del progetto sono state create, su grano.net®, le unità produttive per la calibrazione del DSS e per l'impostazione dei confronti di gestione colturale. In figura 14 un esempio.

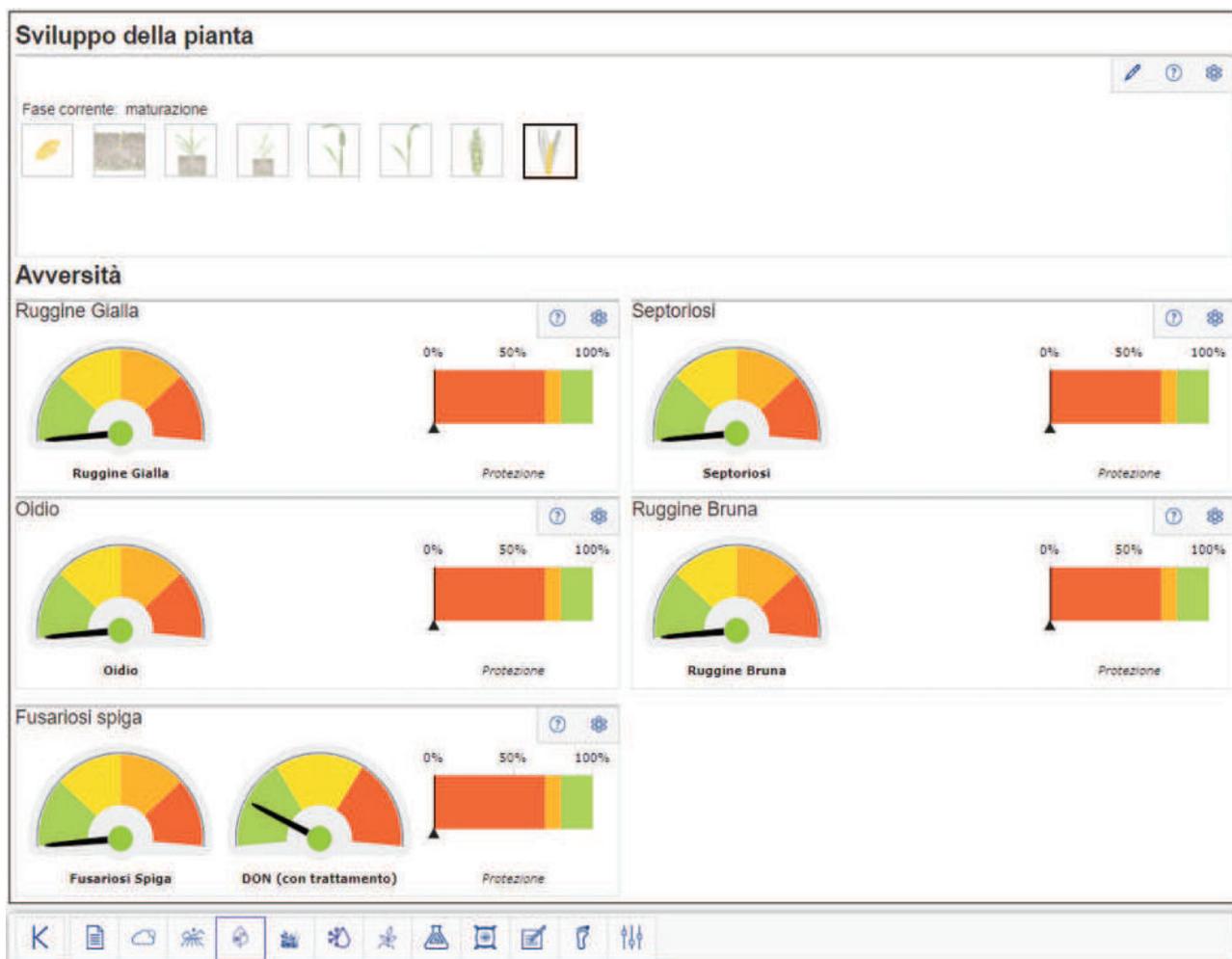
Figura 14 - Esempio di unità produttive create durante la stagione colturale 2018/2019.

ID	U.P.	Utente	Azienda	Descrizione	Regione	Località	Varietà	Superficie (ha)	Coltivazione	Anni Agraria
87481	Terнопdano - grano				Italia	Florenzuela D'Arda	Marco Aurelio	13	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
87482	Terнопdano - grano				Italia	Florenzuela (D'Arda)	Giorgione	7,5	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
87478	Terнопdano - grano				Italia	Florenzuela D'Arda	Giorgione	7,5	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
87474	Terнопdano - grano				Italia	Caena	Giorgione	3	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85815	Terнопdano - grano				Italia	Podenzano	Alberto	8,7	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85803	Terнопdano - grano				Italia	Rivegano	Milosea	10	Integrato (difesa integrata volontaria)	2018/2019
85601	Terнопdano - grano				Italia	Pontenore	Marco Aurelio	7	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85451	Terнопdano - grano				Italia	Colendasco	Alberto	17	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85361	Terнопdano - grano				Italia	Sarnato	Manastri	20	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85368	Terнопdano - grano				Italia	Sarnato	Milodori	20	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85334	Terнопdano - grano				Italia	Corteneggione	Giorgione	21,5	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019
85305	Terнопdano - grano				Italia	Aisano	Marco Aurelio	21,88	Convenzionale (difesa integrata obbligatoria)	2018/2019

Durante la stagione colturale la piattaforma è rimasta costantemente attiva (24 ore su 24, 7 giorni su 7) e i modelli previsionali venivano aggiornati al giorno di consultazione con una previsione dell'andamento per i 7 giorni successivi alla consultazione.

Relativamente alla consultazione, in figura 15 è presentato un esempio dei cruscotti relativi alla pressione infettiva delle principali malattie fungine del grano. Quando un cruscotto ha la lancetta sul verde significa che la pressione infettiva è scarsa o nulla, mentre quando la lancetta del cruscotto è sul rosso significa che è molto alta e nuove infezioni stanno progredendo, permettendo al fungo diffondersi nella pianta.

Figura 15 - Esempio di visualizzazione della pressione infettiva per le principali malattie fungine del frumento su grano.net®.



Per un corretto funzionamento dei modelli previsionali, nelle aziende pilota è stata posizionata una stazione metereologica composta da pluviometro, sensore di bagnatura fogliare, temperatura e umidità relativa dell'aria. Le stazioni meteo sono state collegate a grano.net® e alle relative unità produttive. In figura 16 è possibile individuare le località in cui sono state posizionate. Per l'attendibilità dei modelli previsionali era necessario che gli appezzamenti oggetto di studio non si trovassero oltre i 5 km dalla stazione meteo. La figura 17 dettaglia i sensori che sono stati installati e il loro posizionamento in campo.

Figura 16 – Le icone bianche e blu indicano stazioni meteo operative su grano.net®. Gli agricoltori hanno sfruttato la stazione meteo più vicina (ovvero quella posizionata in azienda).

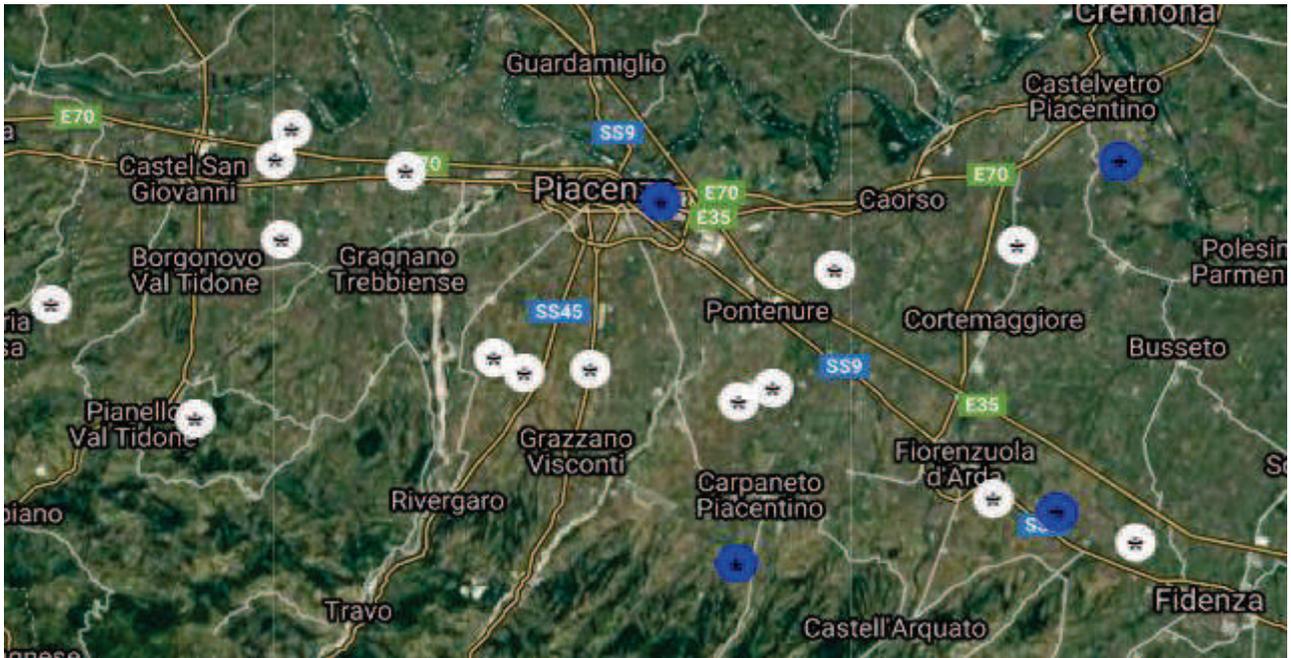


Figura 17 – Sensori di cui erano dotate le stazioni meteo (sinistra). Esempio di stazione meteo posizionata in campo a 1,8 m di altezza dal suolo (destra).



Terrepadane, UCSC e Horta hanno congiuntamente individuato le aziende e i relativi appezzamenti dove sono stati effettuati i dovuti rilievi e analisi necessari a conoscere lo stato sanitario e nutrizionale della coltura. A fine stagione questi dati sono stati confrontati con i grafici dei modelli previsionali.

Relativamente a tali grafici si sono ottenute diverse pressioni di malattia. Per esempio, il modello previsionale “Fusariosi della Spiga” descrive due casi radicalmente diversi nelle figure 8 e 9. Nella prima è rappresentato un grafico di pressione infettiva cumulata in cui il cruscotto è risultato arancione tra il 21 e il 27 maggio. Il 10 maggio, invece, in corrispondenza della X rossa, è stato applicato un fungicida che ha garantito una protezione superiore all’80% fino al 24 maggio. Questo trattamento è stato effettuato in spigatura e con un leggero anticipo rispetto all’epoca ottimale (fine fioritura/inizio maturazione acquosa), permettendo così di ostacolare la forte crescita della pressione infettiva che si sarebbe verificata dal 20 maggio in poi.

Il grafico in figura 18 e i successivi indicano l’andamento della pressione infettiva dell’intera stagione colturale. Tuttavia l’utente al giorno di consultazione poteva visualizzare soltanto i dati storici, quelli in tempo reale e la previsione del modello per i 7 giorni successivi. Molto probabilmente al giorno di applicazione del trattamento il modello segnalava già un rapido incremento della pressione infettiva nei giorni a seguire, inducendo così l’agricoltore ad effettuare il trattamento forse un po’ troppo preventivamente.

Figura 18 – Pressione infettiva cumulata per la Fusariosi della spiga. Esempio di un’azienda pilota in cui il trattamento fungicida è stato eseguito nel timing ottimale impedendo l’instaurarsi di nuove infezioni che si sarebbero verificate dal 20 maggio se la coltura non fosse stata trattata.

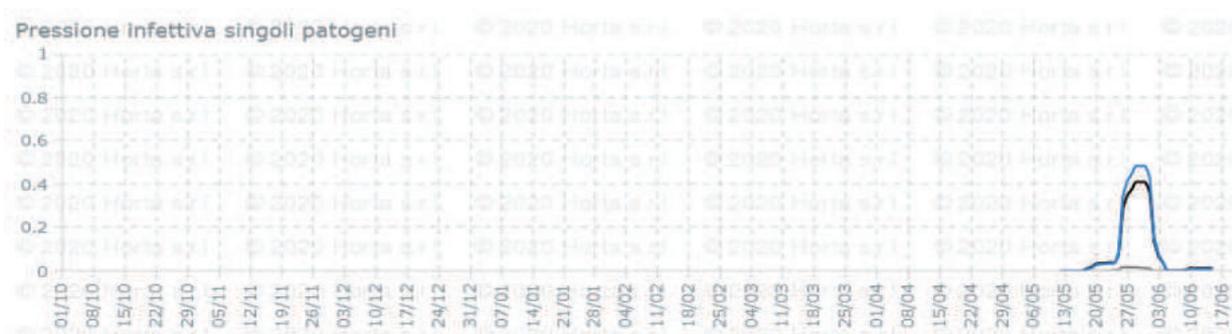


Figura 19 – Pressione infettiva cumulata per la Fusariosi della spiga. Esempio di un’azienda pilota in cui il trattamento fungicida non è stato eseguito per l’impraticabilità dei campi. Nulla ha impedito l’instaurarsi di nuove infezioni che si sono verificate in maniera preponderante dal 25 maggio (inizio maturazione acquosa) al 2 giugno (inizio maturazione latte).



Nella gran parte delle unità produttive si è riscontrato che l'andamento stagionale si è rivelato favorevole per due dei tre patogeni che concorrono alla patologia della Fusariosi della spiga. Nella figura 20 si descrive un esempio di pressione infettiva registrata in una delle aziende pilota del piacentino per i tre patogeni: *Microdochium nivale* (linea blu), *Fusarium graminearum* (linea nera) e *F. culmorum* (linea grigio scuro). Come si può notare solo i primi due hanno trovato un clima favorevole, primo tra tutti *M. nivale*, che ha causato i forti cali produttivi descritti poi nelle altre sezioni. Il grafico e gli accumuli di DON successivamente descritti testimoniano che il microclima ha favorito anche *F. graminearum*.

Figura 20 – Pressione infettiva dei singoli patogeni agenti della Fusariosi della spiga: *Microdochium nivale* (linea blu), *Fusarium graminearum* (linea nera) e *F. culmorum* (linea grigia). Esempio di un'azienda pilota.



Riguardo al modello previsionale del DON le figure 21 e 22 descrivono due differenti aziende pilota. Nel primo caso (figura 11) l'indice micotossine, su una scala tra 0 e 12, ha previsto un rischio di accumulo elevato di DON pari a 8,1. Di conseguenza il relativo cruscotto dal 14 maggio in poi si è posizionato sul rosso (rischio alto). La figura 12, invece, descrive un appezzamento in cui il rischio senza trattamento segnalava un valore di 6,8 (che corrisponde ad un cruscotto giallo). Tuttavia il trattamento effettuato l'8 maggio ha ridotto l'indice a 3 abbattendo il rischio di oltre il 50%: di conseguenza il cruscotto si è posizionato sul verde (rischio basso di riscontrare elevati accumuli di micotossina).

Figura 21 - Andamento indice micotossine nel tempo con condizioni favorevoli all'accumulo, per una coltivazione di frumento non sottoposto a trattamento fungicida.

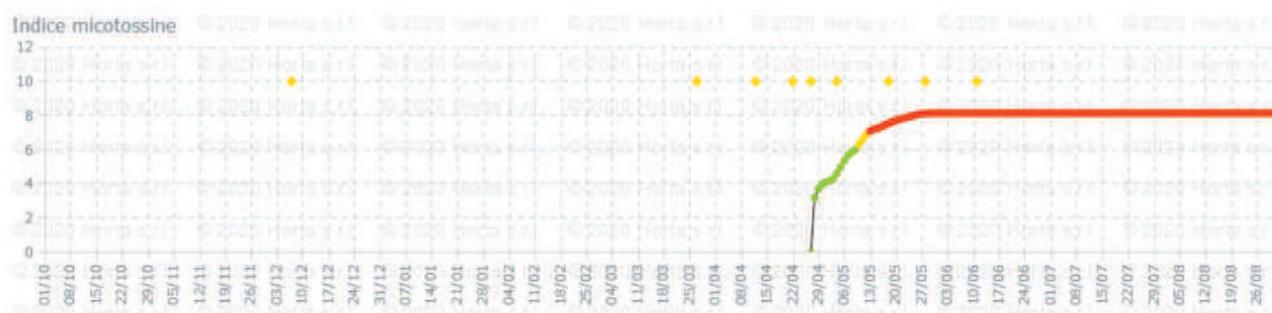
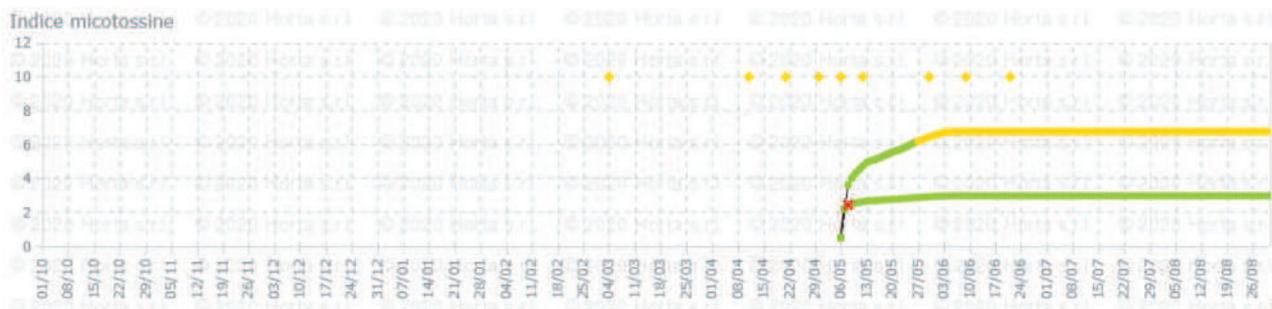


Figura 22 - Andamento indice micotossine nel tempo con condizioni moderatamente favorevoli all'accumulo, per per una coltivazione di frumento non sottoposto a trattamento fungicida. Il trattamento effettuato in corrispondenza della X rossa ha ridotto l'indice di oltre il 50%.



Per i trattamenti effettuati contro le malattie fungine fogliari, nelle figure 23 e 24 sono descritti due esempi relativi ai grafici di dettaglio della Septoriosi. Nella figura 23 il trattamento fungicida è stato effettuato in campo (e registrato nel ROC) il 27 marzo, fase in cui il rischio era molto basso e un trattamento fungino non era giustificato. Anche i rilievi di campo effettuati dall'UCSC hanno confermato come per tutto il mese di aprile i sintomi di septoria fossero molto bassi o assenti in gran parte delle aziende pilota. Il trattamento ha avuto una persistenza di circa 10 giorni e non ha coperto le infezioni avvenute verso la metà di aprile.

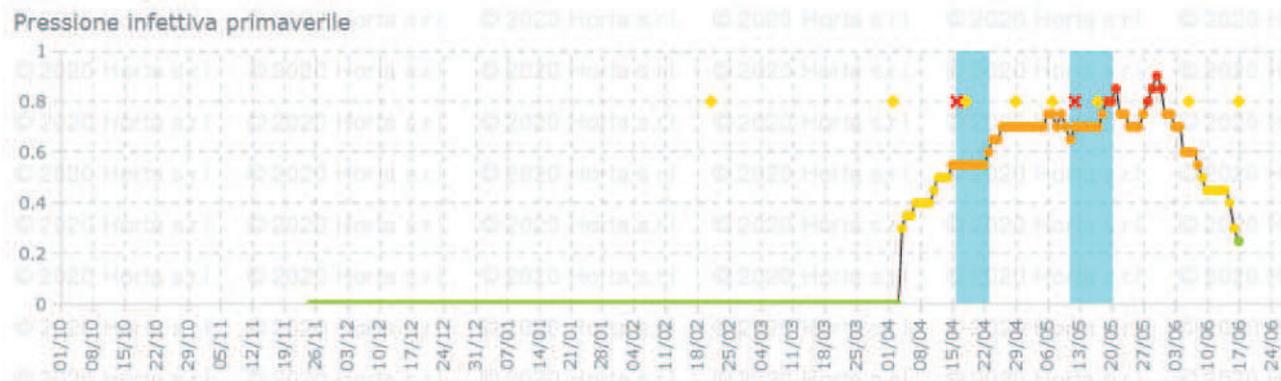
Figura 23 – Esempio di unità produttiva in cui il trattamento fungino è stato applicato troppo in anticipo rispetto all'andamento della pressione infettiva. La banda azzurra indica l'intervallo di tempo in cui la coltura è rimasta protetta dal fungicida con un'azione superiore all'80%.



La figura 24, invece, descrive un esempio di doppio trattamento fungicida (nelle date corrispondenti alle croci rosse). I trattamenti sono stati eseguiti con le corrette tempistiche sebbene abbiano avuto una persistenza nel tempo piuttosto scarsa a causa dei principi attivi poco efficaci e per l'andamento meteorologico particolarmente umido e piovoso che ha accorciato i tempi di persistenza.

Figura 24 – Esempio di unità produttiva in cui due trattamenti fungini sono stati effettuati nelle corrette tempistiche rispetto all'andamento della pressione infettiva. La banda azzurra indica l'intervallo di tempo in cui la coltura è protetta dal fungicida con un'azione superiore all'80%. A causa dei principi attivi poco efficaci e per l'andamento meteorologico particolarmente umido e

piovoso la persistenza dei prodotti impiegati è risultata piuttosto breve.



2.3.4. AZIONE 3.3 CONFRONTO TRADIZIONALE VS INNOVATIVO

L’Azione 3.3 del progetto prevedeva anche prove di confronto fra la tecnica aziendale e la tecnica innovativa basata sull’uso di granoduro.net®.

Terrepadane ha selezionato 12 aziende pilota (coinvolte anche in Azione 3.2) in diverse aree della provincia di Piacenza e i contatti di tali aziende sono stati forniti all’UCSC. I proprietari delle aziende sono stati contattati per constatare l’avvenuta semina del frumento, l’adozione del DSS granoduro.net® e per concordare un primo appuntamento per un sopralluogo nei campi. Ad ogni azienda è stato richiesto di selezionare un appezzamento a gestione DSS granoduro.net® e un appezzamento condotto con tecnica aziendale.

Le 12 aziende pilota hanno risposto positivamente al progetto rendendosi disponibili, sebbene con tempi diversi e con diverso impegno, ad indicare ai collaboratori dell’UCSC l’ubicazione dei campi e le informazioni pertinenti allo svolgimento della prova. In particolare, le varietà seminate sono state Athoris in cinque aziende, Marco Aurelio in tre, Minosse e San Carlo in una, rispettivamente. Inoltre, due aziende hanno reso disponibili solo campi coltivati a frumento tenero (varietà Giorgione) che, comunque, sono stati considerati nell’indagine al fine di esplorare anche questa tipologia di grano largamente coltivata nell’areale e realizzare un eventuale confronto con la produzione a grano duro. I dettagli delle aziende pilota sono riassunti in Tabella 5.

Tabella 5 – Dettaglio dei campi seminati nelle aziende pilota (Azione 3.3 confronto tradizionale vs. innovativo)

Conduttore	Gesione	Ha (circa)	Comune campi	Varietà
	DSS	12.3	San Giorgio Piacentino	Marco Aurelio
	Aziendale	12.3		
	DSS	21.0	Alseno	Marco Aurelio
	Aziendale	5.5		
	DSS	16.0	Gossolengo	Minosse
	Aziendale	5.0		
	DSS	16.0	Rivergaro	San Carlo
	Aziendale	6.5		
	DSS	7.0	Pontenure	Marco Aurelio
	Aziendale	7.0		
	DSS	4.0	Gagnano Trebbiese	Athoris
	Aziendale	3.0		
	DSS	5.6	Rottofreno	Athoris
	Aziendale	1.5		
	DSS	37.0	Podenzano	Athoris
	Aziendale	37.0		
	DSS	5.7	Podenzano	Athoris
	Aziendale	2.0		
	DSS	5	Rivergaro	Athoris
	Aziendale	5.7		
	DSS	5	Cortemaggiore	Giorgione
	Aziendale	22.0		

DSS	0.7	Sarmato	Giorgione
Aziendale	2.5		

UCSC si è occupata della raccolta dei dati relativi a:

- Fenologia
- rilievi floristici (malerbe)
- previsione delle malattie
- micotossine (DON)

Cinque rilievi per fenologia e monitoraggio delle malattie sono stati eseguiti con cadenza quindicinale. Ad ogni rilievo la presenza delle malerbe veniva valutata. Il contenuto in micotossine (DON) è stato misurato in concomitanza alla trebbiatura prelevando un campione random in ogni campo. L'UCSC ha eseguito l'elaborazione statistica dei dati raccolti allo scopo di evidenziare le differenze significative fra la gestione con DSS granoduro.net[®] e la gestione con tecnica aziendale. Le analisi statistiche sono state effettuate tramite il software IBM SPSS Statistics 25. L'analisi della varianza (ANOVA) veniva condotta in un primo momento per evidenziare differenze significative tra le variabili considerate, in caso positivo veniva successivamente applicato il test post-hoc LSD (Least Significant Difference) per esplorare meglio tali differenze.

RISULTATI

L'andamento della stagione di coltivazione del grano duro (da settembre 2018 a luglio 2019) è stato analizzato confrontando i dati delle stazioni agrometeorologiche installate nelle aziende pilota con una serie climatologica (1961-2011) registrata presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Le temperature medie giornaliere delle singole stazioni sono state confrontate con la serie climatologica in modo da definire e quantificare le cosiddette anomalie, ovvero i periodi con valori al di sotto (anomalia negativa) o al di sopra (positiva) della serie climatologica (Figura 25). La stessa analisi è stata condotta anche per la pioggia totale giornaliera. Complessivamente, la stagione di coltivazione del grano è risultata da un'anomalia positiva, ovvero la temperatura media stagionale è risultata superiore a quella climatologica: di 0,4°C nella fascia pede-collinare e orientale della provincia, ma fino a 1°C nella parte bassa della valle del fiume Trebbia.

In figura 26 è rappresentato un caso rappresentativo che evidenzia come le anomalie termiche positive siano risultate distribuite durante tutto il decorso stagionale: in autunno, in particolare nei mesi di ottobre e novembre, nei mesi centrali dell'inverno, in particolare da metà febbraio a fine marzo, e infine nell'ultima fase di maturazione. Il periodo di anomalia termica negativa registrato durante il mese di maggio ha coinciso con una fase di precipitazioni particolarmente intensa, che ha purtroppo coinvolto il periodo molto delicato della fioritura (Figura 26).

Figura 25 – Esempio di calcolo delle anomalie termiche in nove stazioni installate nelle aziende pilota: il valore indicato dal grafico rappresenta la differenza della temperatura media giornaliera rispetto alla media climatologica (1961-2011) per il periodo 1 settembre 2018 – 30 luglio 2019.

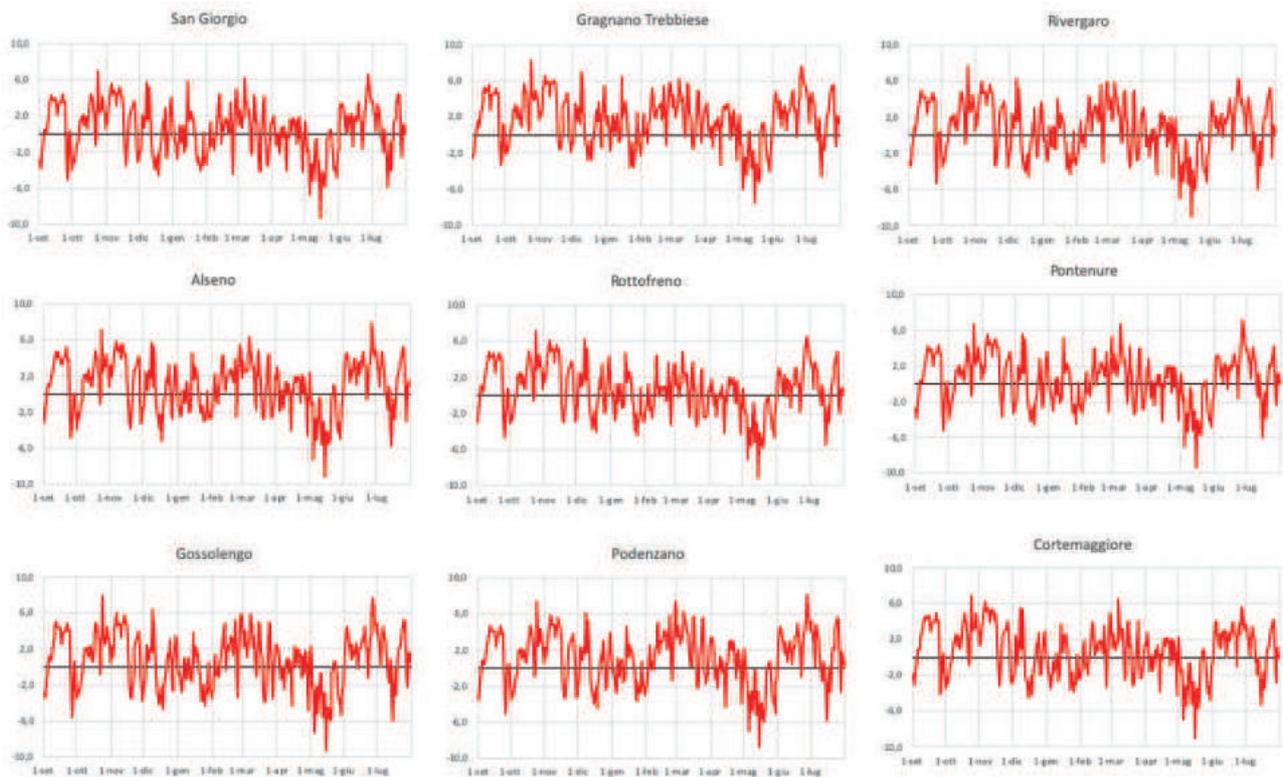
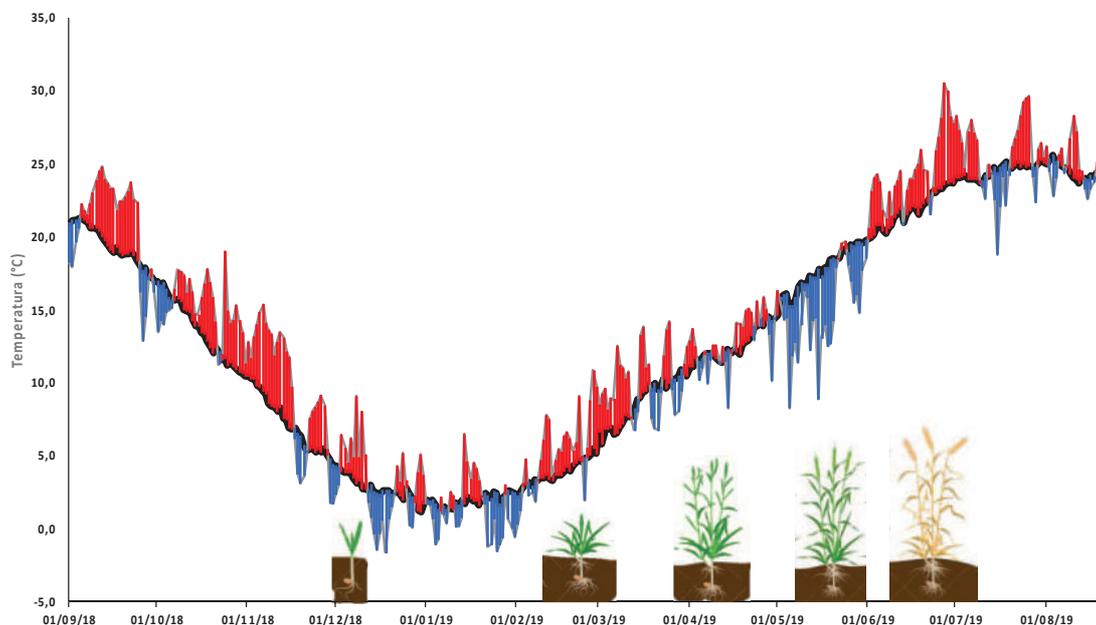


Figura 26 – Andamento delle anomalie termiche positive (in rosso) e negative (in blu) rispetto alla media climatologica di Piacenza (1961-2011) durante il periodo di coltivazione del grano duro da settembre 2018 a luglio 2019. Sul grafico sono indicate anche le principali fasi fenologiche del grano durante la stagione.



I dati fenologici raccolti sono stati analizzati tramite analisi della varianza (ANOVA), per evidenziare differenze nella dinamica della progressione fenologica tra le piante nei campi a gestione DSS e quelle nei campi gestiti con tecnica aziendale. La progressione della fenologia non risulta statisticamente diversa ($P > 0.05$) tra le due gestioni.

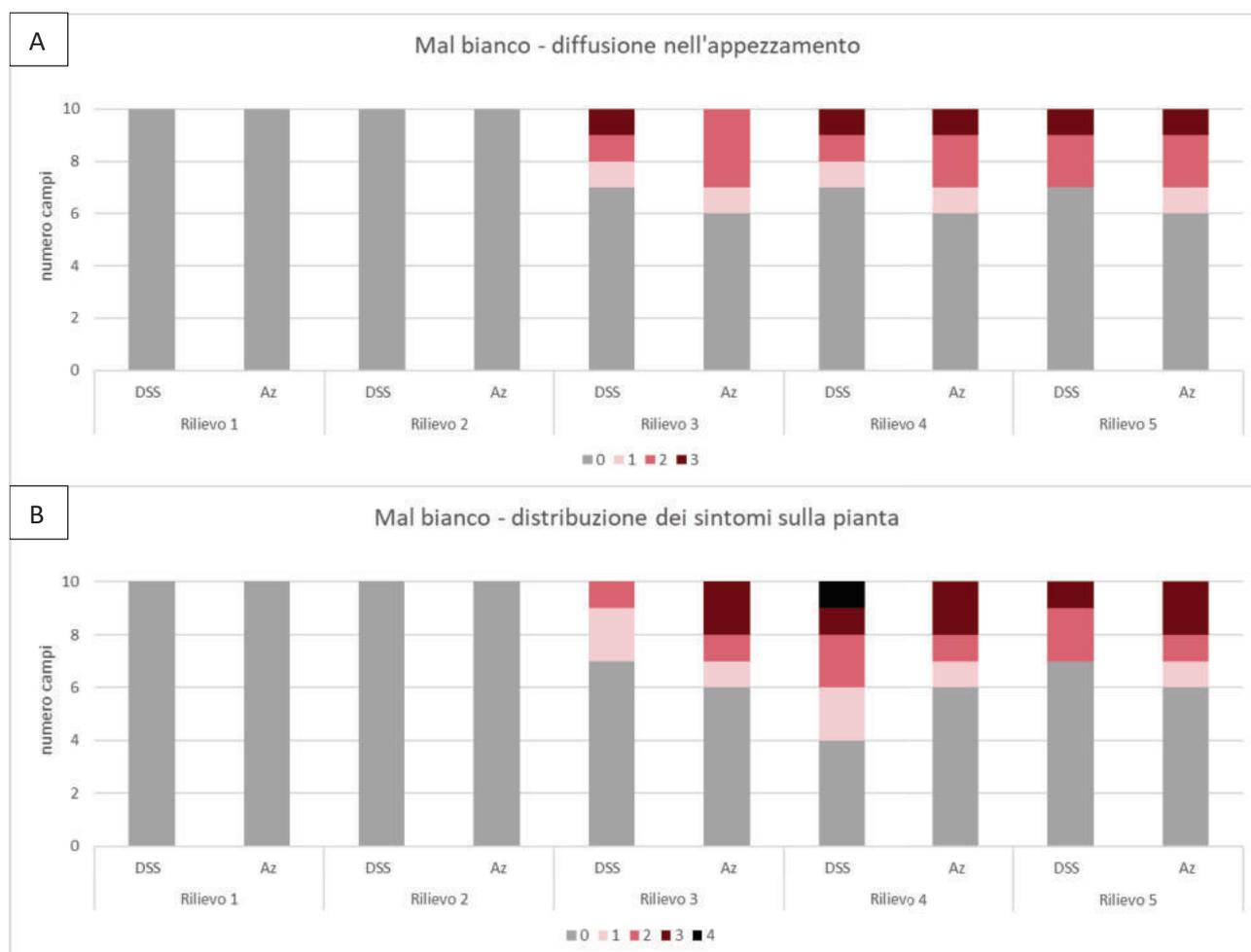
Nel periodo di monitoraggio non sono state registrate infestazioni rilevanti di nessun tipo di malerba né nei campi a gestione DSS né in quelli gestiti con tecniche aziendali.

Nel periodo di monitoraggio in nessun campo, né a gestione DSS né aziendale, sono stati rilevati sintomi attribuibili alle seguenti malattie: ruggine gialla, ruggine bruna, ruggine nera e mal del piede. Dal terzo rilievo invece, riferibile allo stadio BBCH 65 (antesi), in più di un campo è stata registrata la presenza sia di mal bianco che di septoriosi. La fusariosi della spiga è stata rilevata in corrispondenza dell'ultimo rilievo, BBCH 89 (maturazione).

In Figura 27, è mostrata la dinamica di sviluppo del mal bianco, intesa come diffusione in campo e distribuzione dei sintomi sulla pianta, in un confronto tra due tipi di gestione. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di campi (n. 10 – sia per la gestione DSS che tecnica aziendale), ripartiti per ogni classe sia di diffusione (Figura 27-A) che di distribuzione (Figura 27-B). Sulle ascisse sono riportati gli acronimi delle tecniche e numero dei rilievi a cui le frequenze corrispondono. Al momento dell'antesi (rilievo 3), 3 campi a gestione DSS e 4 campi gestiti con tecnica aziendale presentano diversi gradi di infestazione della malattia. Un leggero seppur progressivo avanzamento si osserva nei rilievi successivi.

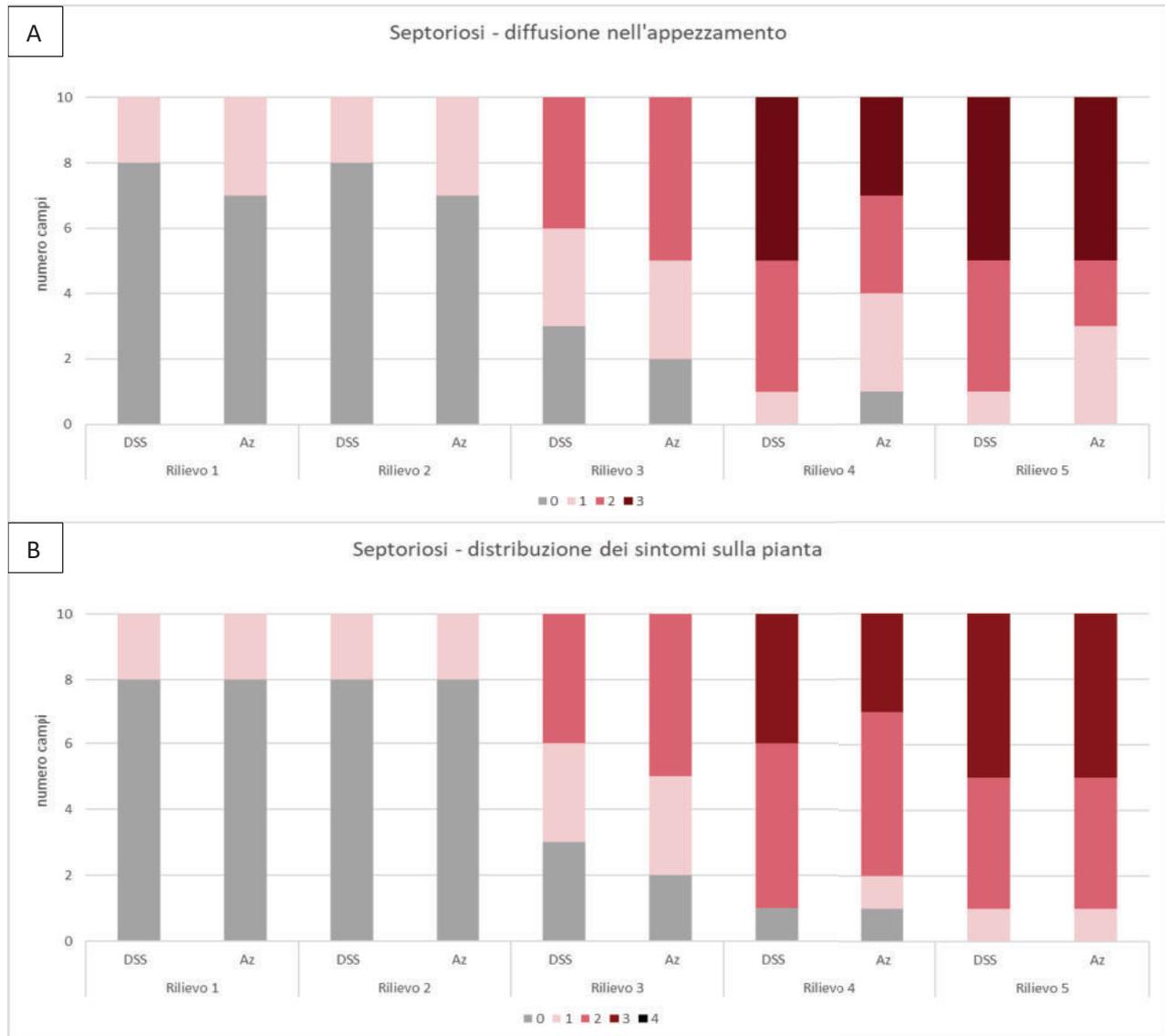
Dall'analisi della varianza (ANOVA) non è emersa una differenza statisticamente significativa ($P > 0.05$) tra i due tipi di gestione.

Figura 27 – Dinamica di sviluppo del mal bianco nel corso dei cinque rilievi per i campi gestiti con DSS (DSS) e per i campi gestiti con tecnica aziendale (Az), tecniche a confronto. (A) Diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di parcelle (tot. 16). Sulle ascisse è riportato il numero dei rilievi. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3= sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).



La Figura 28 riporta l'evoluzione in campo della septoriosi nel corso dei rilievi. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di campi (n. 10 – sia per la gestione DSS che tecnica aziendale), ripartiti per ogni classe sia di diffusione (Figura 28-A) che di distribuzione (Figura 28-B). Sulle ascisse sono riportati gli acronimi delle tecniche e numero dei rilievi a cui le frequenze corrispondono. La malattia ha caratterizzato tutta la stagione diffondendosi progressivamente e causando lesioni sempre più estese in tutti i campi. Fin dal primo rilievo, la malattia è presente, almeno sporadicamente sia in campi a gestione DSS che aziendale. Un drastico peggioramento si denota in corrispondenza del terzo rilievo (BBCH 65 prevalente nei diversi campi) e prosegue nei rilievi successivi. A fine stagione nessun campo è esente dalla septoriosi. Dall'ANOVA non sono emerse differenze significative ($P > 0.05$) tra i due tipi di gestione né in relazione alla diffusione in campo della septoriosi e né in relazione alla distribuzione dei suoi sintomi sulla pianta.

Figura 28 – Dinamica di sviluppo della septoriosi nel corso dei cinque rilievi per i campi gestiti con DSS (DSS) e per i campi gestiti con tecnica aziendale (Az), tecniche a confronto. (A) Diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di parcelle (tot. 16). Sulle ascisse è riportato il numero dei rilievi. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3= sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).

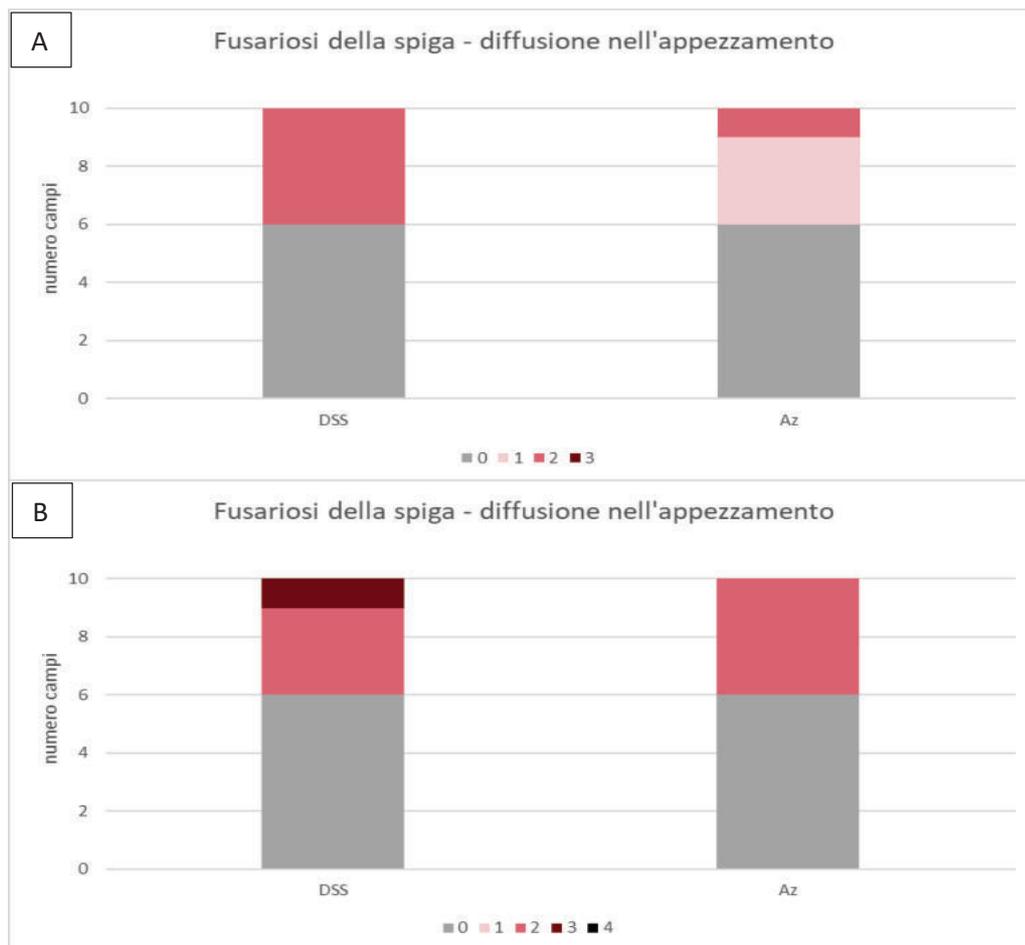


In Figura 29 è mostrata la situazione riguardante la fusariosi della spiga in corrispondenza dell'ultimo rilievo. Come precedentemente introdotto, questa malattia è risultata visibile solo in corrispondenza del quinto rilievo, momento più prossimo alla trebbiatura. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, cioè il numero di campi (n. 10 – sia per la gestione DSS che tecnica aziendale), ripartiti per ogni classe sia di diffusione (Figura 29-A) che di distribuzione (Figura 29-B). Quattro campi su dieci in entrambe le tecniche presentavano piante affette da fusariosi della spiga; nei campi gestiti con tecnica aziendale si è registrata una diffusione più sporadica della malattia rispetto i campi con

DSS sebbene la distribuzione dei sintomi sulla pianta sia comparabile per le due tecniche. La similarità tra le gestioni è stata confermata dall'ANOVA che non ha rilevato diversità statisticamente significative ($P>0.05$).

La similarità tra la gestione a DSS e la gestione con tecnica aziendale nei confronti della fusariosi della spiga è ulteriormente confermata dai livelli di DON misurati in ogni campo. Anche in questo caso, dai risultati dell'ANOVA non emerge una differenza statisticamente significativa nella concentrazione delle micotossine tra le due tecniche.

Figura 29 – Fusariosi della spiga al quinto (ultimo) rilievo per i campi gestiti con DSS (DSS) e per i campi gestiti con tecnica aziendale (Az), tecniche a confronto. (A) Diffusione in campo; (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta. Sull'asse delle ordinate si trovano le frequenze, i.e. il numero di campi. Diversi colori identificano diverse classi (A) di diffusione in campo (0=assente, 1=sporadica, 2=diffusa, 3=estesa) e (B) distribuzione dei sintomi sulla pianta (0=assente, 1=sintomi solo sul terzo basale, 2=sintomi lievi nella parte alta della pianta, 3= sintomi gravi nella parte alta della pianta, 4=intera pianta compromessa).



In questa azione la tecnica colturale adottata dall'azienda e quella innovativa basata sull'uso di grano.net® sono state confrontate in campo in termini di efficienza della coltivazione nell'uso dei mezzi tecnici e di sostenibilità ambientale.

In dieci aziende pilota sono stati predisposti dei parcelloni in cui le concimazioni sono state eseguite con uno spandiconcime di precisione fornito da Terrepadane. Horta ha affiancato le aziende nelle scelte e nella gestione delle coltivazioni e ha effettuato la registrazione delle attività di campo nell'apposito Registro delle Operazioni Colturali (ROC). Al fine di effettuare la valutazione della sostenibilità e degli impatti ambientali delle operazioni colturali sono stati registrati tutti i mezzi tecnici impiegati (concimi, prodotti fitosanitari, gasolio, semente ecc.).

Le gestioni colturali sono risultate molto simili, anche perché le difficilissime condizioni metereologiche del mese di maggio (Fig. 30 e 31) hanno impedito una differenziazione tra la pratica aziendale e la gestione basata su granoduro.net®. Ad esempio, la numerosità dei giorni di pioggia e la ridotta praticabilità dei campi ha reso quasi proibitivi gli interventi fungicidi mirati a proteggere la foglia bandiera dalle malattie fogliari e dalla Fusariosi della spiga, che, infatti, non sono quasi mai stati effettuati nel momento ottimale.

Figura 30 – Andamento pluviometrico per il mese di Maggio 2019 a Sarmato (PC).

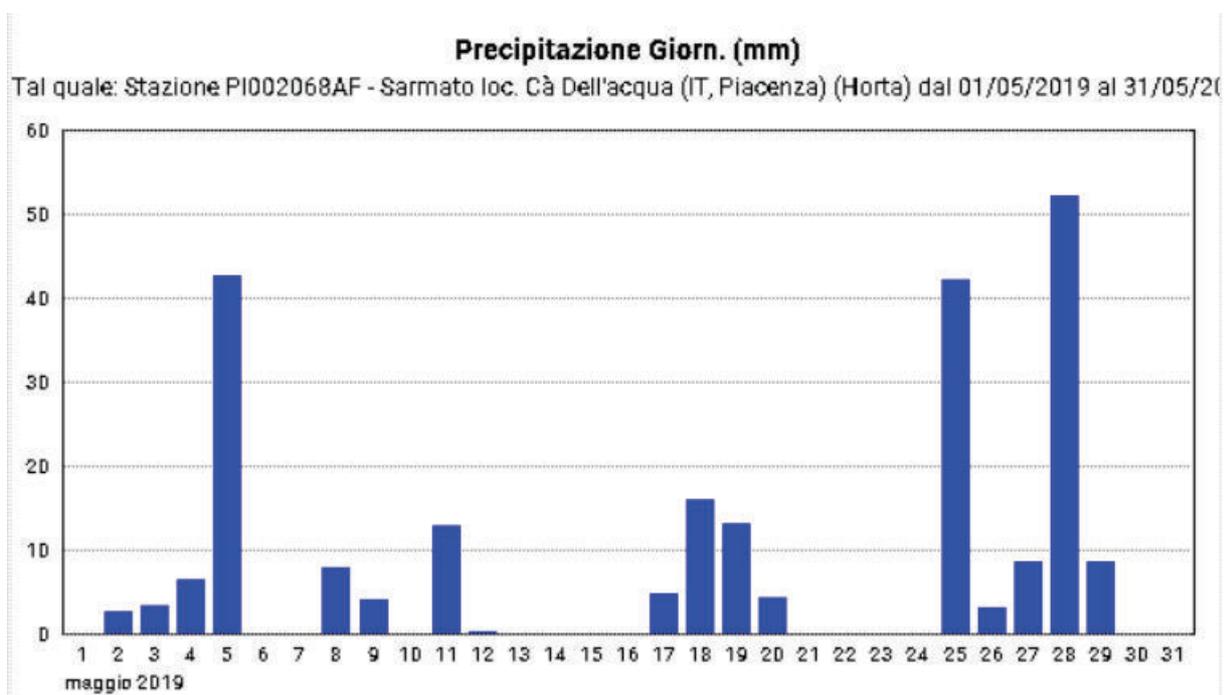
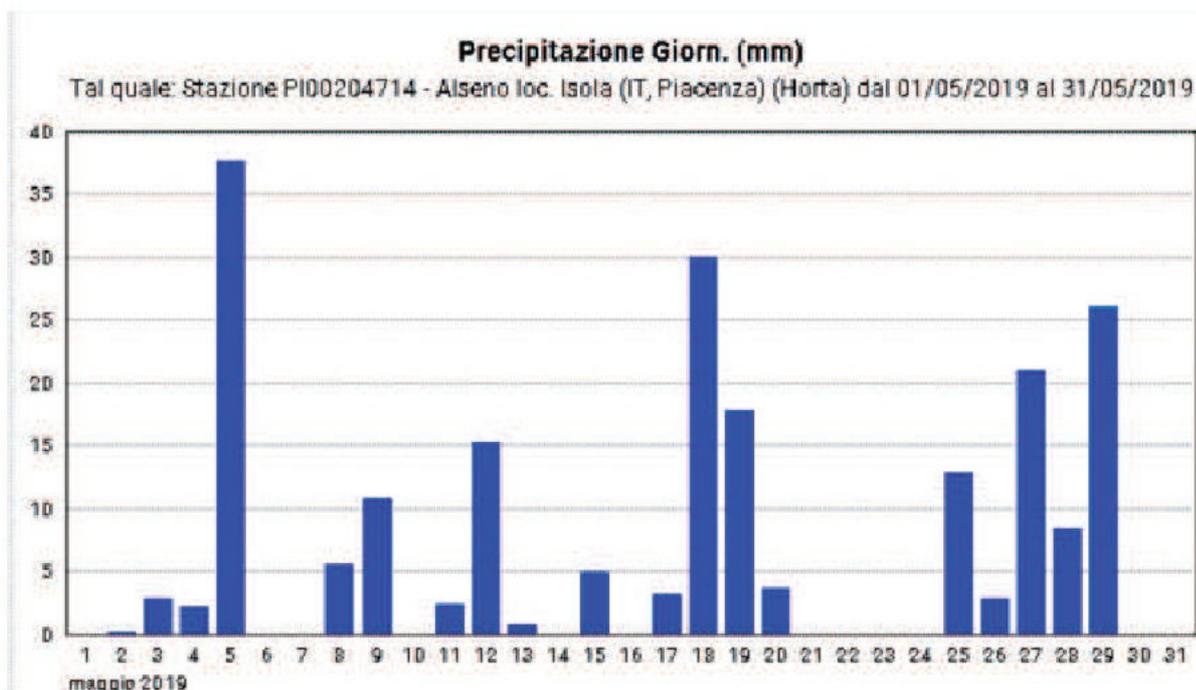


Figura 31 – Andamento pluviometrico per il mese di maggio 2019 a Sarmato (PC).



In alcune aziende non è neanche stato possibile effettuare il trattamento in fioritura. La tabella 6 descrive come le aziende pilota hanno gestito tale trattamento, effettuato in sei aziende su dieci sebbene fosse consigliato in tutte. Delle sei che hanno trattato solo quattro hanno applicato il fungicida in un'epoca coincidente o prossima al timing consigliato da grano.net®. L'impraticabilità dei campi ha quindi impedito a sei aziende su dieci di effettuare il trattamento o di effettuarlo nel momento migliore.

Sempre in tabella 4 si può notare come gli accumuli della micotossina DON riscontrati alla raccolta siano inferiori a 800 solo nelle aziende in cui il trattamento fungicida è stato eseguito nelle tempistiche consigliate dal DSS.

Tabella 6 – Gestione del trattamento effettuato in fioritura e relativo accumulo di DON.

Azienda Pilota	Trattamento fioritura effettuato?	Trattamento fioritura consigliato dal DSS?	Epoca trattamento fioritura coincide con l'epoca consigliata dal DSS?	Deossivalenolo (ppb)
	no	si	No	1100
	si	si	Si	290
	si	si	Si	780
	si	si	Si	300
	si	si	Si	330
	no	si	No	1200
	no	si	No	890
	no	si	No	2100
	si	si	No	800
	si	si	No	1400

I modelli previsionali relativi alla Fusariosi della spiga e al DON hanno quindi interpretato correttamente l'andamento stagionale e il relativo effetto sulla coltivazione, sebbene gli agricoltori non abbiano potuto rispondere tempestivamente agli allarmi fitopatologici che forniva il DSS.

Le aziende agricole pilota sono state anche sottoposte ad una valutazione della sostenibilità attraverso *yousustain.net*[®]. Il tool è un calcolatore in grado di misurare la sostenibilità del processo produttivo aziendale per innumerevoli colture ed è stato implementato da Horta in collaborazione con l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza e LCE S.r.l. (Life Cycle Engineering) limitatamente agli indicatori LCA (Life Cycle Assessment). Ciò è stato sviluppato nell'ambito del Progetto Europeo *Innovine Vineyard agronomic management and breedings for improved grape quality to reinforce competitiveness of the wine growing sector*.

Gli indicatori calcolati ricadono in 6 compartimenti: salute, suolo, acqua, energia, biodiversità e aria. Tali compartimenti sono composti da 20 indicatori elencati nei risultati, in cui troviamo indici di ingegneria ambientale basati sul ciclo di vita dei prodotti (come Carbon, Water, Ecological footprint, Acidification e Eutrophication) e indicatori agronomici come l'indice di frequenza del trattamento (Treatment Frequency Index – TFI), l'erosione, il compattamento, il consumo di gasolio e indicatori tossicologici come Human Tox Score ed Eco Tox Score.

Le tabelle 7, 8 e 9 descrivono i principali risultati ottenuti, come media delle dieci aziende pilota.

*Tabella 7 – Indicatori *yousustain.net*[®]. Score dei sei compartimenti e degli indicatori che li compongono. Dati espressi come score tra 0 (sostenibile) e 5 (non sostenibile). Dati medi riferiti alla gestione secondo il DSS.*

Indicatore	DSS Media 10 aziende
Comparto salute (punti)	3,2
Human Tox Score (punti)	4,8
Dose Area Index (punti)	0,0
Treatment Frequency Index (punti)	2,6
Comparto aria (punti)	3,2
Carbon Footprint (punti)	2,9
Carbon sequestration (punti)	4,4
Comparto suolo (punti)	1,8
Ecological Footprint (punti)	4,6
Sostanza organica (punti)	3,8
Soil coverage (punti)	0,3
Erosion (punti)	0,9
Soil compaction (punti)	2,0
Comparto biodiversità (punti)	4,9
Biodiversità (punti)	non applicabile
Eco Tox Score (punti)	4,9
Comparto energia (punti)	3,0
Consumo gasolio (punti)	3,0
Renewable fuel (punti)	non applicabile
Waste (punti)	non applicabile
Comparto acqua (punti)	0,8
Water Footprint (punti)	1,9
Water supply (punti)	non applicabile
WUTE (punti)	non applicabile
Acidification (punti)	0,1
Eutrophication (punti)	0,0

Tabella 8 – Indicatori *yousustain.net*[®] per le dieci aziende coinvolte nel progetto. Dati espressi con le relative unità di misura. Alcuni indicatori sono adimensionali. Dati medi riferiti alla gestione secondo il DSS.

Indicatore	DSS Media 10 aziende
Comparto salute (valori)	
Human Tox Score	33,87
Dose Area Index	2,69
Treatment Frequency Index	2,6
Comparto aria (valori)	
Carbon Footprint per tonnellata prodotta (CO ₂ eq t/t al 13% di umidità)	0,34
Carbon sequestration (t C/ha)	5,11
Comparto suolo (valori)	
Ecological Footprint per tonnellata prodotta (Global ha/t al 13% di umidità)	0,55
Sostanza organica (%)	1,44
Soil coverage (giorni)	278,9
Erosion (t/ha)	13,1
Soil compaction	1,96
Comparto biodiversità (valori)	
Biodiversità	non applicabile
Eco Tox Score	29,15
Comparto energia (valori)	
Consumo gasolio per tonnellata prodotta (l/t al 13% di umidità)	22,1
Renewable fuel	non applicabile
Waste	non applicabile
Comparto acqua (punti)	
Water Footprint per tonnellata prodotta (H ₂ O m ³ /t al 13% di umidità)	1225,9
Water supply	non applicabile
WUTE	non applicabile
Acidificazione per tonnellata prodotta (SO ₂ eq t/t al 13% di umidità)	0,008
Eutrofizzazione per tonnellata prodotta (PO ₄ eq t/t al 13% di umidità)	0,005

Tabella 9 – Resa e indicatori di performance agronomica per le dieci aziende coinvolte. Dati medi riferiti alla gestione secondo il DSS.

Indicatore	DSS Media 10 aziende
Resa(t/ha al 13% di umidità)	5,1
Agronomic NUE (kg prod./kg N distr.)	53,3
Punteggio finale <i>yousustain.net</i> [®] (punti 0-5)	2,8
Carbon Footprint per ettaro (CO ₂ eq t/ha)	1,708
Water Footprint per ettaro (H ₂ O m ³ /ha)	6219,5
Ecological Footprint per ettaro (Global ha/ha)	2,72
Acidificazione per ettaro (SO ₂ eq t/ha)	0,038
Eutrofizzazione per ettaro (PO ₄ eq t/ha)	0,027
Consumo gasolio per ettaro (l/ha)	111,4
Azoto distribuito per ettaro (kg/ha)	118,3
Fosforo distribuito per ettaro (P ₂ O ₅ eq kg/ha)	12,6
Potassio distribuito per ettaro (K ₂ O eq kg/ha)	0
Prodotti fitosanitari per ettaro (kg/ha)	4,05
Semente per ettaro (kg/ha)	213

L'indicatore **Carbon footprint** quantifica le emissioni di gas a effetto serra prodotti direttamente o indirettamente dalle attività umane, **Water footprint** misura l'impronta idrica del sistema colturale e quindi il consumo idrico del processo produttivo, mentre **Ecological footprint** valuta la superficie terrestre e quella acquatica biologicamente produttive, necessarie per fornire risorse non rinnovabili ed assorbire le emissioni per la produzione di un determinato bene o servizio.

L'indicatore **Acidification** stima le quantità di gas con potere acidificante, quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (SO_x) e ammoniaca (NH₃), emesse dalle attività produttive, mentre l'indicatore **Eutrophication** quantifica l'effetto sull'ecosistema acquatico dell'apporto artificiale di nutrienti fosfatici e azotati nel suolo.

Tali indicatori, costruiti sull'approccio LCA, sono stati calcolati per ettaro e per tonnellata prodotta. Il calcolo di tutti gli indicatori è basato su variabili, parametri e algoritmi riconosciuti a livello internazionale e considera tutte le attività colturali eseguite nei parcelloni, dalla lavorazione del terreno fino all'uscita del grano dai cancelli aziendali.

I dati ottenuti da yousustain.net[®] relativamente alla gestione tradizionale non sono presentati nel report poiché molto simili ai dati ottenuti attraverso la gestione con il DSS. Questo risultato è dovuto sia all'impraticabilità dei campi sia alla scarsa propensione a differenziare le attività colturali in campo. Quest'ultimo punto è stato motivato dagli agricoltori intervistati con il tempo insufficiente e l'elevato esborso monetario necessario per effettuare trattamenti e/o concimazioni con dosaggi e/o tempistiche differenti in appezzamenti vicini.

Nonostante ciò per qualche indicatore sono state riscontrate delle differenze, come quelli del comparto Salute: le tabelle 10 e 11 evidenziano come in termini di punteggio e valore assoluto con grano.net[®] essi abbiano evidenziato un minor utilizzo di trattamenti dannosi per la salute umana. Le differenze sono dovute ad un minor impiego, con grano.net[®], di prodotti fitosanitari ad inizio levata rispetto alla gestione tradizionale.

Tabella 10 – Confronto di indicatori del comparto salute di yousustain.net[®] tra la gestione del DSS e quella tradizionale in dieci aziende pilota. Score per il comparto e i relativi tre indicatori che lo compongono. Dati espressi come punteggio tra 0 (sostenibile) e 5 (non sostenibile).

Indicatore (punti)	DSS Media 10 aziende	Tradizionale Media 10 aziende
Comparto salute (punti)	3,2	3,3
Human Tox Score (punti)	4,8	5,0
Dose Area Index (punti)	0,0	0,0
Treatment Frequency Index (punti)	2,6	2,7

Tabella 11 – Confronto di indicatori del comparto salute di yousustain.net[®] tra la gestione del DSS e quella tradizionale in dieci aziende pilota. Valori per il comparto e i relativi tre indicatori adimensionali che lo compongono.

Indicatore	DSS Media 10 aziende	Tradizionale Media
Human Tox Score	33,87	37,57
Dose Area Index	2,69	2,79
Treatment Frequency Index	2,6	2,7

Human Tox Score valuta il rischio tossicologico (come "hazard", cioè pericolo) sulla salute umana esercitato dalle sostanze chimiche di sintesi impiegate in campo. Si considerano tutti i fungicidi, insetticidi, erbicidi, acaricidi, ecc. registrati nel Registro delle Operazioni Colturali (ROC).

Una precisa classe tossicologica e delle frasi di pericolo sono attribuite ad ogni prodotto fitosanitario, applicato in campo ad una determinata dose per ettaro, successivamente confrontata con la dose massima consentita dall'etichetta ministeriale. Le informazioni tossicologiche (pericolo intrinseco del prodotto fitosanitario) interagiscono con l'esposizione al pericolo determinata dalla dose applicata, al fine di giudicare il rischio complessivo del prodotto fitosanitario utilizzato in campo. Più alto sarà il punteggio finale, maggiore sarà il rischio per gli esseri umani posti nelle vicinanze dell'area trattata (operatori agricoli, astanti e residenti).

Dose Area Index valuta l'esposizione chimica causata da ogni trattamento fitosanitario effettuato in campo. L'esposizione è quantificata mediante una comparazione della dose utilizzata rispetto a quella massima consentita dall'etichetta ministeriale e/o una comparazione della superficie trattata rispetto a quella totale, corrispondente alla superficie dell'unità produttiva. L'applicazione di una dose inferiore a quella massima consentita oppure di un prodotto su una superficie ridotta limita l'impatto negativo che le molecole chimiche hanno sugli organismi vegetali ed animali non bersaglio del trattamento eseguito. Ad esempio un trattamento eseguito al 50% della dose massima consentita e su il 50% della superficie sottoporrà l'area dell'unità produttiva ad una esposizione di sostanze tossiche ridotta del 75% rispetto ad un trattamento eseguito a dose piena e sull'intera superficie.

L'indicatore considera la dose applicata in campo, la dose massima consentita dall'etichetta ministeriale, la superficie trattata e la superficie dell'intera unità produttiva. L'uso di dosi ridotte e le applicazioni dei prodotti su porzioni di unità produttiva garantirà quindi una minore esposizione chimica e una maggiore difesa dei nemici naturali.

Treatment Frequency Index considera invece il numero di trattamenti fitosanitari effettuati su una porzione di terreno. Sono sommate tutte le applicazioni effettuate durante la stagione colturale sullo stesso terreno, che costituiscono quindi la pressione chimica sul territorio oggetto di valutazione.

L'indicatore considera la superficie dell'intera unità produttiva e quella trattata (che può essere inferiore o uguale a quella totale). Meno trattamenti saranno eseguiti in campo, minore sarà l'indice e la pressione chimica esercitata sul terreno coltivato.

2.3.5. AZIONE 3.4 OTTIMIZZAZIONE ANALISI SUL DON ALLA CONSEGNA DEI LOTTI DI GRANELLA PRESSO IL CENTRO DI STOCCAGGIO

L’Azione 3.4 prevedeva lo sviluppo, da parte Horta in collaborazione con UCSC, di un nuovo servizio informatico per l’ottimizzazione delle analisi DON al momento della consegna presso il centro di stoccaggio. In particolare, si prevedeva la realizzazione di un algoritmo in grado di assegnare a ogni livello di rischio di contaminazione da micotossine un piano di campionamento, più o meno intensivo in base al lotto di riferimento.

Tra le malattie fungine che possono colpire il frumento, la “fusariosi della spiga” (*Fusarium head blight*, FHB) è una malattia particolarmente diffusa in tutte le aree cerealicole del mondo ed è in grado di arrecare danni al raccolto, anche gravi, sia sotto l’aspetto quantitativo (scarse rese) che qualitativo (cariossidi striminzite e ridotto contenuto proteico). Molte specie di *Fusarium* che causano questa malattia, inoltre, in condizioni ambientali favorevoli, possono produrre vari metaboliti secondari (micotossine) dotati di attività tossica nei riguardi dell’uomo e degli animali. Tra le tossine di *Fusarium*, il deossinivalenolo (DON), noto anche come vomitossina, è la micotossina più frequentemente ritrovata in frumento duro (*Triticum turgidum* var. *durum* Desf.). Gli studi sulla tossicità delle tossine di *Fusarium* hanno indotto la Commissione Europea a definirne i limiti massimi ammissibili in cereali non processati e in alcuni alimenti destinati all’alimentazione umana (Regolamenti CE N. 1881/2006 e 1126/2007). In particolare per il DON sono stati fissati i limiti di: 1250 ppb per i cereali non processati diversi da frumento duro, avena e mais; 1750 ppb per il frumento duro e avena non processati; 750 ppb per la farina di cereali, incluso farina di mais, semola, spezzati di mais e semola di mais e per la pasta (secca); 500 ppb per il pane, biscotti, snack a base di cereali e cereali per colazione; 200 ppb per gli alimenti per l’infanzia a base di cereali (peso secco).

Il controllo del prodotto costituisce una delle voci di costo principale della fase di ritiro e stoccaggio, pertanto è opportuno verificare le opportunità di razionalizzare i controlli, rendendo quelli che si fanno realmente affidabili ed efficaci.

Il modello meccanicistico capace di simulare lo sviluppo delle infezioni da parte dei funghi responsabili della Fusariosi della spiga del frumento presente nel DSS grano.net[®], era stato ampiamente validato in areali cerealicoli italiani. Le simulazioni sono state confrontate con i dati reali di incidenza della malattia in campo, dell’infezione delle cariossidi rilevata in laboratorio e della presenza di Deossinivalenolo (DON). È stata rilevata una correlazione significativa fra il contenuto medio di DON e l’indice FHB-tox pari al 91,7% (Rossi et al., 2006; 2007).

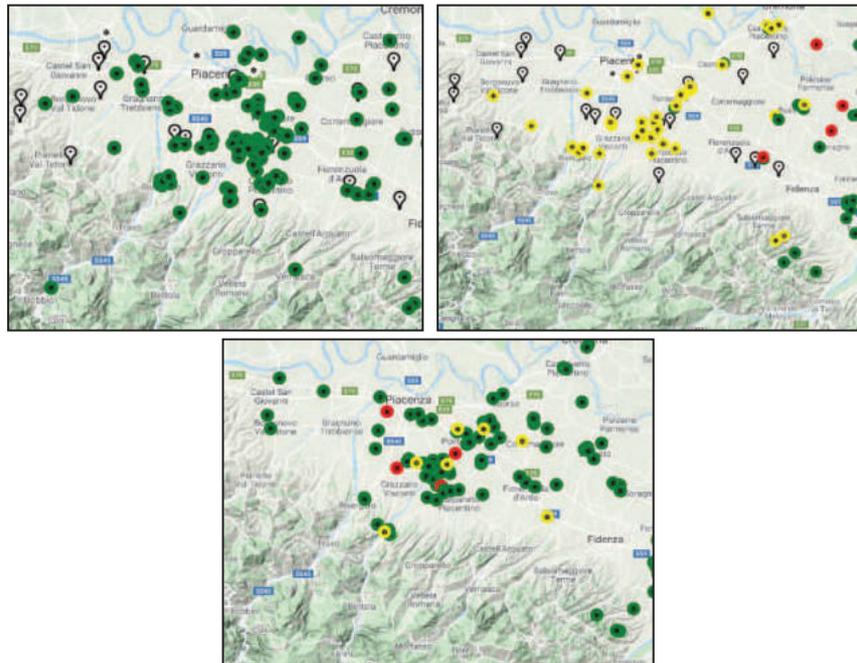
Il primo passaggio di questa Azione è stato relativo alla definizione delle aree di produzione di grano duro dei conferitori di Terrepadane. Vista la conformazione geografica e la vocazionalità territoriale della provincia di Piacenza, l’area di produzione è stata suddivisa in base alle medie di investimento (ha seminati per comune) lungo le quattro vallate principali. La provenienza della granella è così risultata aggregata per val Tidone (6%), val Trebbia (36%), val Nure (29%) e val d’Arda (29%).

Successivamente sono state analizzate tutte le simulazioni del modello fusariosi (DON) fornite da grano.net[®] nelle UP della provincia di Piacenza dal 2015 al 2019 (Fig. 3.4.1). Infatti, per ogni stagione colturale il modello fornisce tre livelli di rischio:

- Alto: rischio che la produzione in quel campo sia contaminata per una soglia >1250 ppb di DON;

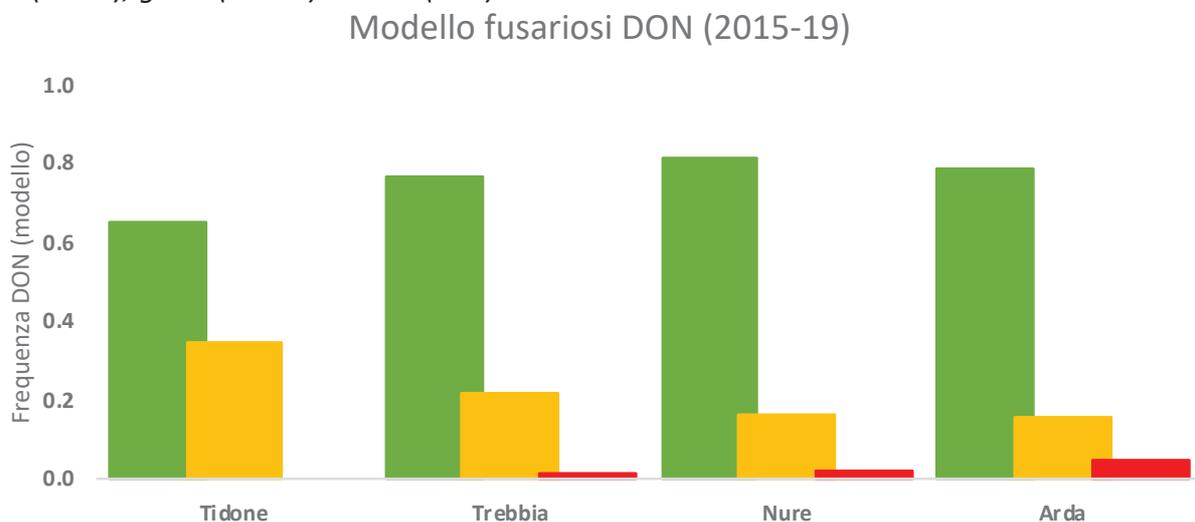
- Medio: rischio che la produzione in quel campo sia contaminata per una tra 500 e 1250 ppb di DON;
- Basso: rischio che la produzione in quel campo sia contaminata per una soglia <500 ppb di DON.

Figura 3.4.1 – Esempio di distribuzione delle UP di grano.net® nella provincia di Piacenza in diverse annate agrarie. I diversi colori rappresentano l'indice sintetico di rischio di contaminazione da DON in campo a fine stagione: basso (verde), giallo (medio) e rosso (alto).



Per mezzo di questa analisi è stato pertanto possibile ricostruire la distribuzione di frequenza media del rischio di contaminazione delle micotossine (Fig. 3.4.2) nelle vallate principali del territorio piacentino.

Figura 3.4.2 – Distribuzione di frequenza del rischio di contaminazione da DON in campo a fine stagione simulato da grano.net® nella provincia di Piacenza (2015-2019) per le vallate principali: basso (verde), giallo (medio) e rosso (alto).



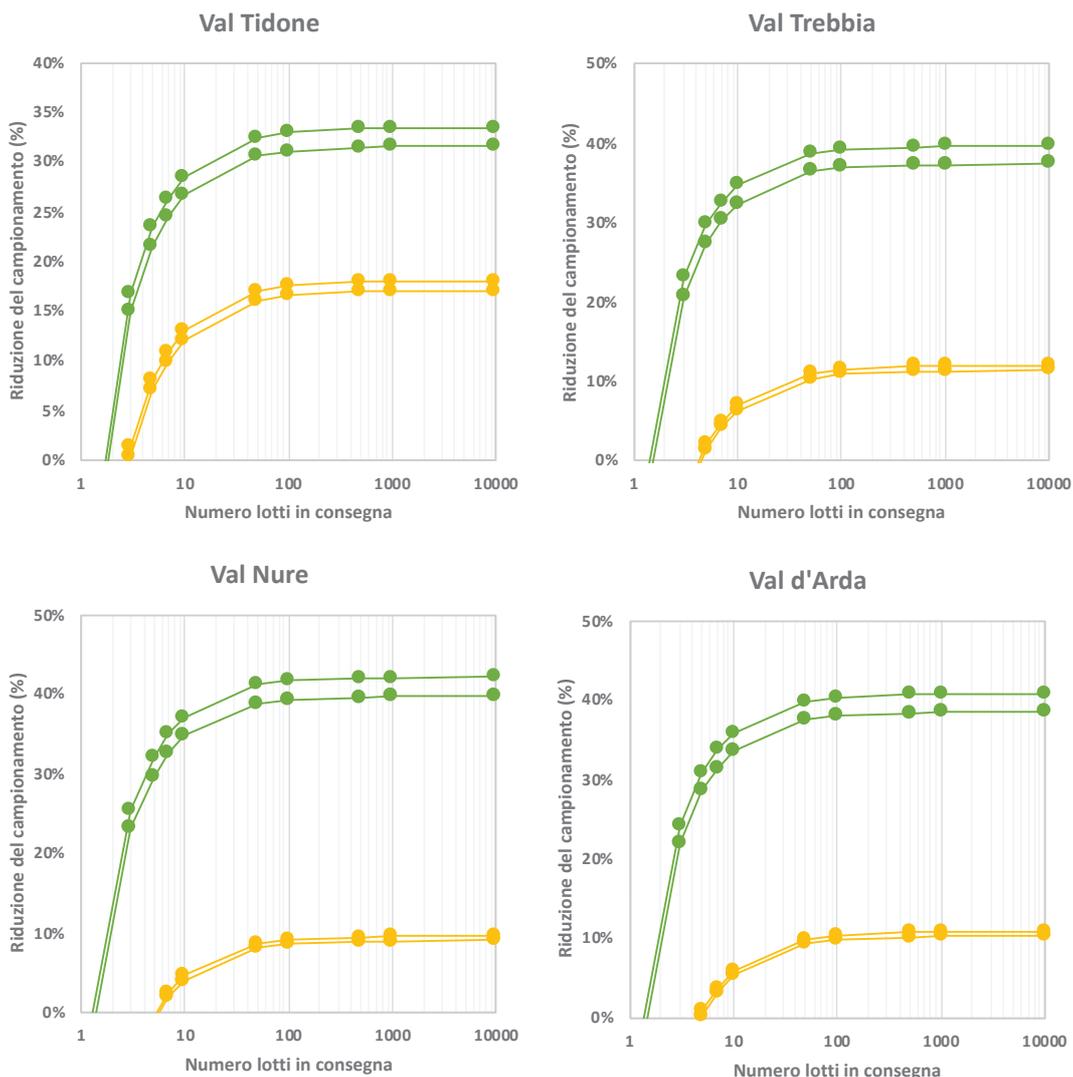
Utilizzando queste frequenze, e nota l'accuratezza del modello previsionale FHB-tox, è stato possibile calcolare una riduzione percentuale del numero di campionamenti da effettuare sui lotti in consegna provenienti da ciascuna vallata e, ovviamente, caratterizzati dall'essere stati coltivati secondo le indicazioni del DSS. Il numero di lotti da analizzare, mantenendo la probabilità che l'intero numero dei lotti consegnati sia correttamente classificata sulla base del campione di lotti esaminato con un livello di confidenza pari al 99%, è stato calcolato con la seguente formula:

$$n = \left[1 - (1 - a)^{\frac{1}{D}} \right] \times \left[N - \frac{D - 1}{2} \right]$$

dove n = numerosità del campione, a = livello di confidenza desiderato (99%), D = numero di lotti classificati secondo il livello di rischio del modello FHB-tox di grano.net®, N = numero di lotti complessivamente consegnati.

Tutti i lotti contrassegnati da un rischio alto di presenza di DON (colore rosso) dovranno essere analizzati, mentre il numero di campioni da analizzare potrà essere gradualmente ridotto per i lotti verdi e gialli (Fig. 3.4.3). Ad esempio, il numero di campioni da analizzare dai lotti raccolti in campi della val Tidone dove il modello segnala basso rischio di DON (colore verde) potrà essere ridotto di una percentuale variabile dal 15% e fino al 30% (in funzione del numero di lotti consegnati). I lotti contraddistinti da un rischio medio (colore giallo) invece potrebbero essere campionati con una frequenza ridotta dal 10 al 15% nelle diverse vallate.

Figura 3.4.3 – Possibile riduzione percentuale del campionamento sui lotti consegnati dalle diverse vallate e caratterizzati da diverso livello di rischio contaminazione da DON secondo il modello FHB-tox di grano.net® (errore del modello $\pm 2,9\%$) con un livello di confidenza pari al 99%.



Il nuovo servizio di analisi territoriale permette di inserire i dati analitici del DeOssiNivalenolo (DON) dei singoli lotti analizzati e di ricalibrare il piano di campionamento in modo dinamico. Infatti, grazie a grano.net® gli utenti hanno accesso alle previsioni di accumulo della micotossina DON. L'indice di micotossine che descrive l'evoluzione nel tempo del rischio di accumulo di DON e classifica il rischio di accumulo di micotossine permette di classificare il lotto in funzione della provenienza e, di conseguenza, regolare i campionamenti effettuati da Terrepadane al momento della consegna della granella.

In questo modo sarà possibile campionare tutti i lotti provenienti da UP che indicano un rischio alto e ridurre il numero di campionamenti per i lotti contrassegnati da un rischio medio (giallo) e basso (verde). È importante sottolineare che comunque tutti i lotti in consegna verranno campionati, secondo gli schemi normativi vigenti, in modo da realizzare i cosiddetti campioni "in contraddittorio".

In questo modo sarà possibile aumentare la tracciabilità del prodotto conferito a TERREPADANE ed ottimizzare i tempi di consegna e campionamento.

Rossi, V., Giosue', S., Girometta, B., Spanna, F., Validazione di un modello per la fusariosi del frumento in areali cerealicoli piemontesi, Abstract de "9° convegno nazionale di Agrometeorologia Agrometeorologia e gestione delle colture

agrarie", (Torino-Serralunga d'Alba CN, 06-08 June 2006). RIVISTA ITALIANA DI AGROMETEOROLOGIA, 2006; 11 (Suppl. al n. 1): 21-23 [<http://hdl.handle.net/10807/45975>]

Rossi, V., Girometta, B., Giosue', S., La Cava, P., Validazione del modello FHB-wheat in areali cerealicoli meridionali, in Ranieri, R., Pascale, M., Arlotti, G., Visconti, A. (ed.), Sicurezza alimentare della filiera del frumento duro. I risultati del progetto di ricerca SINSIAF, Grafiche Step, Parma 2007: 97- 110 [<http://hdl.handle.net/10807/8406>]

2.4. AZIONE DIVULGAZIONE

Nell'ambito del progetto sono stati realizzati da HORTA, con l'ausilio dell'UCSC, n. 10 incontri con gli agricoltori che producono e conferiscono frumento duro per divulgare la tecnica innovativa basata sull'impiego del DSS granoduro.net® (Tabella 12).

Tabella 12 – Lista degli incontri con i produttori (Azione 4).

Conduttore	Data incontro	Luogo incontro
	23/01/2019	Azienda
	25/01/2019	Azienda
	25/01/2019	Azienda
	21/01/2019	Azienda
	21/01/2019	Azienda
	24/01/2019	Ufficio HORTA
	25/01/2019	Azienda

Gli incontri si sono svolti presso le aziende agricole coinvolte nel progetto e non presso le strutture di Terrepadane nei poli di Fiorenzuola, San Giorgio e Rottofreno; come in un primo momento era stato previsto. Solo in un caso, l'incontro con un produttore (Arata Daniele) si è svolto presso gli uffici di HORTA di Piacenza.

Durante gli incontri, avvenuti dal 21 al 25 gennaio 2019, sono stati illustrati ai partecipanti le modalità di utilizzo e le funzioni di granoduro.net®, fornendo anche alcuni esempi pratici. In particolare, durante gli incontri, è stata messa in risalto l'ottimizzazione dei mezzi tecnici e delle operazioni colturali, con particolare riferimento all'impatto ambientale e agli indici di sostenibilità calcolati dal DSS. Sempre in quei giorni, dal 21 al 25 gennaio 2019, presso le aziende sono state installate le stazioni meteo ad opera dei tecnici HORTA con l'ausilio di personale dell'UCSC.

A conclusione del progetto si è svolto un incontro presso la sede centrale di Terrepadane a Piacenza, con l'obiettivo di evidenziare i risultati ottenuti e illustrare i più interessanti output del DSS riguardanti i cruscotti delle malattie fungine e dei piani di concimazione.

Fig. 32 – Il prof. Vittorio Rossi, ordinario di Patologia vegetale presso il DIPROVES dell'Università Cattolica di Piacenza durante il suo intervento al convegno GranoDuroSMART (a destra). La locandina del convegno (a sinistra).



3. CONCLUSIONI

L'azione di divulgazione e la diffusione dell'uso del DSS granoduro.net® comporta indubbi vantaggi lungo l'intera filiera del grano duro di alta qualità.

Gli agricoltori ed i tecnici hanno a loro disposizione uno strumento che li guida nel processo decisionale circa le azioni da intraprendere, nell'ottica del perseguimento della sostenibilità. L'impiego razionale dei mezzi tecnici, con particolare riferimento all'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, si traduce in un miglioramento quanti-qualitativo della produzione e ad un risparmio economico, da imputare alla riduzione degli sprechi.

Dall'altra parte, l'azienda di trasformazione, grazie all'adozione dei DSS da parte dei produttori, beneficia di un prodotto di migliore qualità, completamente tracciato nella fase produttiva e di cui è misurabile, e quindi comunicabile al consumatore, la sostenibilità.

L'ottimizzazione dell'uso dei mezzi tecnici ha anche conseguenze positive in termini ambientali. Grazie agli indici di sostenibilità si è effettuato un confronto tra la normale tecnica aziendale e la tecnica innovativa basate sulle indicazioni date da granoduro.net®.

I dati raccolti durante questo progetto dimostrano come il profilo ambientale delle produzioni possa essere misurato permettendo, in futuro, di fare studi di confronto tra diversi areali, annate, agricoltori e sistemi colturali.

È, tuttavia, da notare che il profilo di sostenibilità è fortemente legato alla resa finale, oltre che ai mezzi tecnici impiegati. Normalmente gli agricoltori cercano sempre di ottimizzare i mezzi tecnici, poiché un loro minore utilizzo, oltre che a minimizzare gli impatti ambientali, minimizza anche i costi colturali. Essendo il calcolo dell'impatto ambientale dipendente anche dalla resa ottenuta, è a sua volta influenzato non solo dai mezzi tecnici ma anche dall'andamento climatico. Questo significa che l'impatto ambientale finale è solo parzialmente influenzato dalle scelte dell'agricoltore. Pertanto, la valutazione dell'impatto non deve mirare a cercare i valori più bassi possibili ma, piuttosto, a capire quali scelte agronomiche lo condizionano e valutare quanto dell'impatto dipenda dalle lavorazioni piuttosto che da trattamenti o concimazioni.

In termini sociali, l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari comporta benefici sulla salute degli agricoltori e contribuisce ad un miglioramento nella percezione dell'attività agricola da parte dei consumatori, mostrando che esistono e si stanno diffondendo nuove forme di agricoltura rispettose dell'ambiente.

Data 28/04/2020