



DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE ALIMENTARI E AMBIENTALI

CORSO DI LAUREA IN: SCIENZE AGRARIE E DEL TERRITORIO

# LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE:

Un'analisi economico-ambientale nel settore cerealicolo

TIPO TESI: sperimentale

Studente:  
RICCARDO CIAMPICHINI

Relatore:  
CHIAR.MA PROF.SSA ADELE FINCO

Correlatori:  
DOTT.SSA GIORGIA BUCCI

DOTT.SSA DEBORAH BENTIVOGLIO

ANNO ACCADEMICO 2018-2019

Desidero ringraziare la Prof.ssa Adele Finco, la Dott.ssa Giorgia Bucci e la Dott.ssa Deborah Bentivoglio, le quali si sono rese costantemente disponibili nel dispensare consigli e nel darmi ogni altro possibile tipo di supporto per la realizzazione della presente tesi, cercando di trasmettere appieno la passione per la loro professione. Ringrazio il Dott. Matteo Belletti, per il supporto fornito nello svolgimento della ricerca oggetto della mia tesi. Un immenso ringraziamento va all'azienda agricola "Agricolt Brandoni", in particolare nelle persone di Tommaso Brandoni, Graziano Brandoni e Alessandro Brandoni, per l'occasione offerta e per l'infinita disponibilità dimostrata durante tutto il lavoro di tesi. Un doveroso grazie va a tutti coloro che hanno condiviso con me l'esperienza universitaria, soprattutto ai miei colleghi, nonché amici, Alessio, Fabio e Giacomo. Concludendo, dedico la presente tesi alla mia famiglia e soprattutto a mia madre Vilma e mio nonno Aurelio, che non ci sono più ma che, sono sicuro, sarebbero stati i più orgogliosi del mio impegno e dei miei risultati.

# SOMMARIO

ELENCO DELLE TABELLE.....	3
ELENCO DELLE FIGURE .....	4
INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI .....	6
CAPITOLO 1 L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE .....	8
1.1 Definizione ed evoluzione storica dell'agricoltura di precisione.....	8
1.2 Tecnologie e applicazioni dell'agricoltura di precisione .....	14
CAPITOLO 2 IL TREND E IL MERCATO DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE .....	19
2.1 Trend e mercato mondiale dell'agricoltura di precisione .....	19
2.2 Trend e mercato europeo dell'agricoltura di precisione.....	22
2.3 Trend e mercato italiano dell'agricoltura di precisione .....	23
CAPITOLO 3 LE POLITICHE PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IN AGRICOLTURA ..	28
3.1 Innovazione tecnologica in agricoltura: la strategia "Europa 2020".....	28
3.2 Programma "Horizon 2020" e agricoltura di precisione.....	29
3.3 "Strategia di Specializzazione Intelligente" e innovazione in agricoltura .....	29
3.4 Politica Agricola Comune (PAC) 2014-2020 e innovazione .....	30
3.5 "Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020" e innovazione in agricoltura.....	33
CAPITOLO 4 ANALISI ECONOMICO-AMBIENTALE DELLA CEREALICOLTURA DI PRECISIONE: LO STATO DELL'ARTE IN LETTERATURA E RICERCA .....	36
4.1 Obiettivo e metodologia della literature review.....	36
4.2 Sostenibilità della cerealicoltura di precisione: lo stato dell'arte in letteratura e ricerca .....	40
4.2.1 Sostenibilità economica della cerealicoltura di precisione .....	40
4.2.2 Sostenibilità ambientale della cerealicoltura di precisione .....	44
CAPITOLO 5 CASO DI STUDIO .....	47
5.1 Obiettivo della ricerca.....	47
5.2 Descrizione della metodologia di analisi utilizzata.....	47
5.2.1 Descrizione del questionario di indagine.....	55

5.3 Descrizione del caso di studio.....	57
5.4 Risultati e discussioni .....	64
5.4.1 Analisi della redditività del frumento duro .....	64
5.4.2 Analisi della redditività del mais .....	80
5.4.3 Analisi comparativa tra frumento duro e mais.....	95
5.4.4 Ruolo delle politiche di innovazione nel caso di studio.....	98
CONCLUSIONI .....	102
BIBLIOGRAFIA .....	106
APPENDICE – QUESTIONARIO DI INDAGINE.....	113

## ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1-1: Principali definizioni di AP (ISPA, 2020).....	8
Tabella 4-1: Articoli scientifici presi in esame in tema di sostenibilità economica.....	41
Tabella 4-2: Articoli scientifici presi in esame in tema di sostenibilità ambientale .....	45
Tabella 5-1: Conto economico riclassificato per l'impresa agricola .....	49
Tabella 5-2: Parco macchine aziendale attualmente a disposizione .....	58
Tabella 5-3: FRUMENTO DURO - Superfici (ha) e Rese medie (t/ha).....	65
Tabella 5-4: FRUMENTO DURO - Quantità di input impiegati e relativo Costo (€/ha). 73	
Tabella 5-5: FRUMENTO DURO - Ricavi Totali (€/ha) .....	75
Tabella 5-6: FRUMENTO DURO - Analisi di sensitività.....	80
Tabella 5-7: MAIS - Superfici (ha) e Rese medie (t/ha).....	82
Tabella 5-8: MAIS - Quantità di input impiegati e relativo Costo (€/ha).....	88
Tabella 5-9: MAIS - Ricavi Totali (€/ha) .....	90
Tabella 5-10: MAIS - Analisi di sensitività.....	95
Tabella 5-11: FRUMENTO DURO - Effetti economico-ambientali dell'agricoltura di precisione .....	97
Tabella 5-12: MAIS - Effetti economico-ambientali dell'agricoltura di precisione.....	98

## ELENCO DELLE FIGURE

Figura 2-1: Il mercato dell'agricoltura di precisione (Renga, et al., 2019) .....	19
Figura 2-2: Il mercato dell'AP nel periodo 2014-2020 (Roland Berger, 2015).....	20
Figura 2-3: Il mercato mondiale delle tecnologie di AP (Goldman Sachs, 2016) .....	22
Figura 2-4: Il mercato italiano dell'agricoltura di precisione (Renga, et al., 2019) .....	23
Figura 2-5: Il mercato italiano delle tecnologie di AP (Renga, et al., 2019) .....	24
Figura 2-6: Le fasi operative supportate dall'offerta tecnologica in AP in Italia (Renga, et al., 2019) .....	25
Figura 2-7: I comparti agricoli di applicazione dell'offerta tecnologica in AP in Italia (Renga, et al., 2019) .....	26
Figura 4-1: Innovazione per uno sviluppo sostenibile .....	37
Figura 4-2: Numero di pubblicazioni scientifiche per anno nel mondo sull'agricoltura di precisione (Fonte: Scopus).....	38
Figura 4-3: Numero di pubblicazioni scientifiche per paese sull'agricoltura di precisione (Fonte: Scopus) .....	38
Figura 4-4: Numero di pubblicazioni scientifiche per area di ricerca (Fonte: Scopus) ....	39
Figura 4-5: Numero di pubblicazioni scientifiche per autore (Fonte: Scopus) .....	39
Figura 4-6: Numero di pubblicazioni scientifiche per istituto di ricerca (Fonte: Scopus) .....	40
Figura 5-1: Step di svolgimento dell'indagine (Fonte: elaborazione propria).....	48
Figura 5-2: Seminatrice da sodo ISOBUS .....	60
Figura 5-3: Seminatrice di precisione ISOBUS .....	60
Figura 5-4: Spandiconcime centrifugo ISOBUS .....	61
Figura 5-5: Drone Parrot.....	61
Figura 5-6: Esempio di mappatura dei terreni aziendali .....	63
Figura 5-7: FRUMENTO DURO - Ricavi prodotto principale (€/ha) e Costi Totali (€/ha) .....	67
Figura 5-8: FRUMENTO DURO - Ricavi prodotto principale (€/t) e Costi Totali (€/t) ..	68
Figura 5-9: FRUMENTO DURO - Categorie di costo (€/ha).....	69
Figura 5-10: FRUMENTO DURO - Categorie di costo (€/t) .....	70

Figura 5-11: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Costi Totali.....	71
Figura 5-12: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle singole voci di CV sul totale dei CV .....	73
Figura 5-13: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Ricavi prodotto principale.....	74
Figura 5-14: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (€/ha) .....	76
Figura 5-15: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (€/t) .....	77
Figura 5-16: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (% sui Ricavi prodotto principale) .....	78
Figura 5-17: FRUMENTO DURO - BEP resa (t/ha) e Resa effettiva (t/ha) .....	79
Figura 5-18: FRUMENTO DURO - BEP prezzo (€/t) e Prezzo effettivo (€/t) .....	79
Figura 5-19: MAIS - Ricavi prodotto principale (€/ha) e Costi Totali (€/ha).....	83
Figura 5-20: MAIS - Ricavi prodotto principale (€/t) e Costi Totali (€/t) .....	84
Figura 5-21: MAIS - Categorie di costo (€/ha).....	85
Figura 5-22: MAIS - Categorie di costo (€/t) .....	85
Figura 5-23: MAIS - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Costi Totali .....	86
Figura 5-24: MAIS - Incidenza percentuale delle singole voci di CV sul totale dei CV ..	88
Figura 5-25: MAIS - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Ricavi prodotto principale.....	89
Figura 5-26: MAIS - Indicatori economici (€/ha).....	91
Figura 5-27: MAIS - Indicatori economici (€/t) .....	91
Figura 5-28: MAIS - Indicatori economici (% sui Ricavi prodotto principale).....	92
Figura 5-29: MAIS - BEP resa (t/ha) e Resa effettiva (t/ha).....	93
Figura 5-30: MAIS - BEP prezzo (€/t) e Prezzo effettivo (€/t).....	94

## INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Entro il 2050 la popolazione mondiale raggiungerà probabilmente quasi 10 miliardi di persone. Questo incremento demografico farà aumentare la domanda mondiale di prodotti agricoli del 50% rispetto ai livelli attuali, intensificando la pressione sulle risorse naturali già sotto sforzo. La nuova sfida dell'agricoltura sarà di conseguenza quella di produrre di più in maniera più sostenibile. Una sfida che presuppone un concetto chiave per l'agricoltura, quello dell'innovazione. Quella della precisione è la nuova frontiera dell'agricoltura, che permette, grazie all'utilizzo della tecnologia, una gestione "precisa" delle attività colturali, rendendo il processo produttivo sostenibile in termini economici e ambientali.

Con l'obiettivo di misurare la sostenibilità economica e ambientale dell'agricoltura di precisione (AP), il presente lavoro riguarda un'analisi economica dell'adozione di tecnologie di AP in un'azienda cerealicola delle Marche, allo scopo di fornire un giudizio sulla convenienza per gli agricoltori ad investire in queste nuove tecnologie. Dalla letteratura, è noto come i vantaggi economici derivino soprattutto dalla riduzione e ottimizzazione degli input di produzione. Pertanto, diventa di fondamentale importanza evidenziare questi risparmi, a fronte degli investimenti effettuati, per valutare la sostenibilità dell'agricoltura di precisione.

La presente tesi è articolata come segue:

- Il Capitolo 1, di natura introduttiva, riporta le principali definizioni dell'agricoltura di precisione, evidenziando come questo concetto si sia evoluto nel tempo, nelle tecnologie e nei campi di applicazione. Se negli anni '90, infatti, l'AP era un tipo gestione rivolta al singolo appezzamento, oggi grazie a tecnologie sempre più integrate è possibile gestire non solo le informazioni della singola azienda agricola, ma tutto il flusso di dati delle filiere agroalimentari, dal campo alla tavola.
- Il Capitolo 2 è dedicato ai trend di mercato dell'agricoltura di precisione a livello mondiale, europeo ed italiano. In Italia, ad esempio, l'agricoltura di precisione ha potenzialità di crescita enormi: basti pensare che appena l'1% della superficie agricola utilizzata in Italia vede applicati robot e sensori di "precision farming". Quello dell'agricoltura di precisione è, quindi, un mercato in espansione che apporta

benefici non solo agli utilizzatori finali ma soprattutto ai player di mercato responsabili dello sviluppo di tali tecnologie.

- Il Capitolo 3 guarda alle politiche di innovazione, che molto spesso rappresentano degli incentivi importanti per l'agricoltore che decide di investire in agricoltura di precisione.
- Il Capitolo 4 presenta una review letteraria sui principali benefici economici e ambientali apportati dall'introduzione delle tecnologie di precisione in cerealicoltura.
- Il Capitolo 5 include il caso di studio, con la descrizione dell'azienda oggetto di analisi, la metodologia utilizzata e i principali risultati ottenuti.

# Capitolo 1

## L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

### 1.1 Definizione ed evoluzione storica dell'agricoltura di precisione

L'agricoltura di precisione è stata definita in vari modi nel tempo. La Società Internazionale dell'Agricoltura di Precisione (ISPA), ha raccolto 26 definizioni differenti dell'Agricoltura di Precisione (AP), utilizzate a partire dal 1994 fino ad oggi (Tabella 1-1).

*Tabella 1-1: Principali definizioni di AP (ISPA, 2020)*

YEAR	AUTHOR/S	DEFINITION
1994	Pierce et al.	The intent of precision agriculture is to match agricultural inputs and practices to localized conditions within a field to do the right thing, in the right place, at the right time, and in the right way.
1994	Robert, Rust & Larson	Site-specific crop management is an information and technology based agricultural management system to identify, analyze, and manage site-soil spatial and temporal variability within fields for optimum profitability, sustainability, and protection of the environment.
1994	Robert et al.	The Right time, the Right amount and the Right place.
1996	Stafford, John V.	The targeting of inputs to arable crop production according to crop requirement on a localized basis.
1996	Johansen	Careful tailoring of soil and crop management to fit the different conditions found in each field.
1996	Kitchen	Information gathering, management planning, and field operations that improve the understanding and management of soil and landscape resources so the cropping inputs of management practices are utilized more efficiently than with conventional "one-fits-all" strategies.
1997	The National Research Council	Precision agriculture is a management strategy that uses information technologies to bring data from multiple sources to bear on decisions associated with crop production.
1997	Pierce & Sadler	Site-specific management (SSM) for agriculture is the management of soils and crops according to localized conditions within a field.

1997	Lowenberg-DeBoer, J. & Swinton, S. M.	The SSM is information technology applied to agriculture. Technically, SSM is similar to spatial information technology being developed for many other sectors of the U.S. economy (e.g. vehicle tracking, surveying, navigation, forestry management). For this chapter, the working definition of SSM is electronic monitoring and control applied to data collection, information processing and decision support for the temporal and spatial allocation of inputs for crop production. This technology is known by many names, including: precision agriculture, site-specific farming, prescription farming and variable rate technology (VRT). This chapter focuses on applications to agronomic crops, but many of the same arguments could be referred to horticultural crops and to the electronic tagging of livestock.
1998	Olson, Kent	Precision agriculture is the application of a holistic management strategy that uses information technology to bring data from multiple sources to bear on decisions associated with agricultural production, marketing, finance, and personnel.
1999	Pierce & Nowak	Precision agriculture is the application of technologies and principles to manage spatial and temporal variability associated with all aspects of agricultural production for the purpose of improving crop performance and environmental quality.
2000	McBratney & Taylor	Simplified, PA is the use of new information technologies together with agronomic experience to site-specifically: i) maximize production efficiency ii) maximize quality iii) minimize environmental impact iv) minimize risk.
2000	Robert, P. C.	It (PA) has been defined in many ways but basically it is information technology. PA is not just the injection of new technologies but it is rather an information revolution, made possible by new technologies that result in a higher level, a more precise farm management system.
2000	Whelan & McBratney	Precision agriculture PA should be considered as a philosophical shift in the management of variability within agricultural industries. It must be aimed at improving profitability and/or environmental impact both short and long term. As with all such endeavors to further knowledge in science-based disciplines, the concepts and acceptance of the PA philosophy will ultimately rest on the successful completion of scientific experimentation and assessment.
2001	McBratney & Whelan	Observation, impact assessment and timely strategic response to fine-scale variation in causative components of an agricultural production process.
2001	Plant, R.E.	Site-specific management (SSM; also called, precision agriculture) is the management of agricultural crops at a spatial scale smaller than that of the whole field.
2002	US Code, House of Representatives	The term “precision agriculture” means an integrated information- and production-based farming system that is designed to increase long-term, site-specific, and whole farm Production efficiencies, productivity, and profitability while minimizing unintended impacts

on wildlife and the environment.

2004	Dobermann et al.	Precision farming is a systems approach to managing soils and crops to reduce decision uncertainty through better understanding and management of spatial and temporal variability.
2005	McBratney, Whelan, Anece & Bouma	One generic definition could be “that kind of agriculture that increases the number of (correct) decisions per unit area of land per unit time with associated net benefits”.
2006	Srinivasan	Holistic and environmentally friendly strategy in which farmers can vary input use and cultivation methods – including application of seeds, fertilizers, pesticides, and water, variety selection, planting, tillage, harvesting – to match varying soil and crop conditions across a field.
2007	Whelan	Site-Specific Crop Management (SSCM) is “A form of PA whereby decisions on resource application and crop management practices are improved to better match soil and crop requirements as they vary in the field”.
2008	Khosla	(Applying inputs at the) Right time, the Right amount and the Right place (Robert, 1994). Later, the International Plant Nutrition Institute added another “R” to that list, “the Right Source”, and more recently, Khosla (2008) proposed an additional “R”, the Right manner.
2010	Adamchuk & Gebbers	Precision agriculture, or information-based management of agricultural production systems.
2012	University of Sidney, Precision Agriculture Laboratory	Precision agriculture involves the observation, impact assessment and timely strategic response to fine-scale variation in causative components of an agricultural production process.
2012	Wikipedia – English	Precision farming or precision agriculture is a farming management concept based on observing and responding to intra-field variations. Today, precision agriculture is about whole farm management with the goal of optimizing returns on inputs while preserving resources.
2016	Fountas, S., Aggelopoulou, K. & Gemtos, T. A.	Precision Agriculture (PA) can be defined as the management of spatial and temporal variability in the fields using Information and Communications Technologies (ICT).

Sinteticamente, può essere descritta come “un sistema che fornisce gli strumenti per fare la cosa giusta, nel posto giusto, al momento giusto” (Pierce & Nowak, 1999). Ovvero, l’agricoltura di precisione consente di eseguire gli interventi agronomici tenendo in considerazione la variabilità spaziale e temporale che contraddistingue i sistemi agricoli. La gestione della variabilità permette di raggiungere l’obiettivo primario dell’agricoltura di precisione: migliorare l’efficienza del processo produttivo agricolo. Nello specifico, una

migliore efficienza vuol dire impiegare meno risorse (acqua, fertilizzanti, prodotti fitosanitari, sementi, carburante) per ottenere lo stesso risultato, oppure giungere ad un risultato superiore a parità di risorse utilizzate. Di conseguenza, l'agricoltura di precisione costituisce una leva fondamentale per il conseguimento della sostenibilità economico-ambientale dell'agricoltura e per la riduzione dell'impatto ambientale del settore agricolo (Casa & Pisante, 2016). Infatti, l'agricoltura di precisione può anche essere definita come:

una gestione aziendale (agricola, forestale e zootecnica) basata sull'osservazione, la misura e la risposta dell'insieme di variabili quanti-qualitative inter ed intra-campo che intervengono nell'ordinamento produttivo. Ciò al fine di definire, dopo analisi dei dati sito-specifici, un sistema di supporto decisionale per l'intera gestione aziendale, con l'obiettivo di ottimizzare i rendimenti nell'ottica di una sostenibilità avanzata di tipo climatica ed ambientale, economica, produttiva e sociale (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017).

L'agricoltura di precisione fa ricorso alle migliori tecnologie a disposizione per realizzare la suddetta gestione sito-specifica (Casa & Pisante, 2016). Perciò, sta diventando sempre più frequente l'implementazione di strategie di "Agricoltura 4.0", ossia all'agricoltura di precisione propriamente detta viene affiancato ciò che si definisce "Internet of Farming". Per "Internet of Farming" si intende, infatti, quella strategia volta all'utilizzo delle più moderne tecnologie digitali all'interno della singola azienda agricola, e quindi dell'intera filiera, al fine di efficientare i processi aziendali (non solo i processi strettamente legati al "campo") ed i processi di filiera. In particolare, l'Agricoltura 4.0 mira ad un uso intelligente e condiviso dei dati, reso possibile dall'adozione di: sensori di ultima generazione (IoT), microprocessori di ultima generazione, strumenti di connettività di ultima generazione, sistemi ICT in-the-Cloud, Big Data e software di Big Data Analytics (Bacchetti & Renga, 2018). Nonostante ciò, l'agricoltura di precisione non va confusa con l'informatizzazione o con l'introduzione di tecnologie elettroniche o di sensoristica nelle aziende del settore agricolo, sebbene essa spesso non possa prescindere dall'uso di tecnologie digitali. Infatti, applicare delle tecnologie digitali in uno o più processi di produzione agricola, senza però attuare una gestione realmente sito-specifica (cioè, che tenga conto della variabilità spaziale e temporale dei sistemi agricoli), non rientra nella definizione di agricoltura di precisione (Casa & Pisante, 2016).

L'agricoltura di precisione può essere inclusa nel concetto più ampio di gestione di precisione del territorio (precision land management), la quale comprende anche la selvicoltura di precisione (precision forestry) e l'acquacoltura di precisione. A sua volta, l'agricoltura di precisione può essere suddivisa in coltivazione di precisione (precision crop farming) e zootecnia di precisione (precision livestock farming) (Auernhammer & Demmel,

2016). Nella presente tesi, il termine “agricoltura di precisione” viene usato con l’accezione di “coltivazione di precisione”.

Le basi dell’agricoltura di precisione iniziarono a prendere vita a partire dagli anni ’20 del secolo scorso. Infatti, i disegni sperimentali su piccole parcelle, che vennero sviluppati da Fisher presso la stazione sperimentale britannica di Rothamstead, hanno la finalità principale di eliminare l’effetto della variabilità spaziale del suolo nella sperimentazione agronomica (Mercer & Hall, 1911). Nel 1929, venne proposto quello che può essere considerato il primo esempio di mappa di prescrizione, la quale fu ideata per guidare l’operatore nella distribuzione manuale di dosi differenti di calcare, stabilite in base al preventivo campionamento del pH del suolo secondo una griglia regolare (Linsley & Bauer, 1929). Dopodiché, però, l’avvento della meccanizzazione e l’incremento delle superfici medie degli appezzamenti, instradarono gli agricoltori verso la più semplice gestione uniforme dei terreni (Casa & Pisante, 2016). Nel 1988, la AgChem Equipment Company del Minnesota (USA) mise in commercio il primo spandiconcime a rateo variabile, ma i progressi nell’ambito della gestione agronomica non erano ancora tali da consentirne un adeguato utilizzo (Franzen & Mulla, 2016). Nonostante ciò, grazie al lavoro dell’ingegnere Georges Matheron negli anni ’60, cominciò lo sviluppo della geostatistica e quindi vennero messe a punto anche tecniche di quantificazione ed analisi della variabilità spaziale, indispensabili per l’agricoltura di precisione (Oliver, 2010). Lo sviluppo dell’agricoltura di precisione subì un forte impulso quando, nel 1993, fu autorizzato negli USA l’impiego per scopi civili dei sistemi di posizionamento satellitari. Nel 1994, venne completata la messa in orbita dei ventiquattro satelliti del Global Positioning Service (GPS) americano. Grazie al GPS, in quegli anni, fu possibile installare dei sistemi di mappatura delle rese sulle mietitrebbiatrici, ma all’epoca era ancora difficile poter sfruttare appieno le informazioni fornite dalle mappe ottenute. Sempre negli anni ’90, nelle pianure centrali degli USA, iniziò a diffondersi la gestione degli appezzamenti sulla base dell’individuazione di zone omogenee per caratteristiche del suolo, grazie all’impiego di immagini acquisite da piattaforme aeree o satellitari. Dagli anni ’80, per la delineazione delle zone uniformi di terreno, furono adottati anche i primi sensori EM38, in grado di misurare le proprietà geo-elettriche del suolo. Quindi, nel 2001, in Francia venne messo per la prima volta sul mercato il servizio di mappatura della resistività elettrica apparente del suolo. A metà anni ’90, dei ricercatori dell’università dell’Oklahoma studiarono dei sensori ottici, con cui equipaggiare le macchine agricole, che potessero fornire un indice di vegetazione (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index). Questo sistema fu ideato con l’obiettivo di quantificare e gestire la variabilità stagionale della coltura, nello

specifico eseguendo la concimazione azotata a rateo variabile (differenziando le dosi nel singolo appezzamento) (Casa & Pisante, 2016). La suddetta ricerca universitaria si concretizzò nel sistema GreenSeeker negli USA, prodotto da Trimble (Solie, et al., 2002). In Europa, analoghe ricerche iniziarono in Germania presso l'università di Kiel e continuarono poi per mano della multinazionale dei fertilizzanti Hydro-Agri (in seguito Yara), concludendosi con la commercializzazione del sistema N-sensor nel 1999 (Lammel, et al., 2001). In Francia, invece, vennero sviluppate tecniche di monitoraggio dello stato di nutrizione azotata basate sui dati satellitari, grazie ad un progetto di ricerca nazionale che coinvolse i centri dell'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), l'agenzia spaziale francese, società private e organizzazioni di produttori agricoli (Guérif & King, 2007). Da questo progetto di ricerca, nacque il servizio commerciale Farmstar (Blondlot, et al., 2005), disponibile in Francia dal 2001, il quale forniva mappe di prescrizione per la concimazione azotata. A fine anni '90, venne messo a punto il protocollo ISO-BUS (nell'ambito del protocollo ISO 11783), ossia un primo protocollo standardizzato di comunicazione tra le trattrici e le macchine operatrici dei diversi costruttori, ideato su spinta dei progressi che si erano ottenuti in merito alla possibilità di differenziare la distribuzione degli input in campo. Lo sviluppo della tecnologia ISOBUS e l'adozione dello Standard ISO 11783 sono supportati e promossi a livello mondiale dall'AEF (Agricultural Industry Electronic Foundation), fondazione che rappresenta le più importanti aziende costruttrici di macchine agricole ed il settore dell'elettronica per l'agricoltura. A partire dal 2014, AEF ha incaricato ENAMA (Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola) di eseguire i controlli a carico dei Laboratori di Prova che richiedono l'Accreditamento AEF sui dispositivi ISOBUS. I maggiori progressi in agricoltura di precisione, negli ultimi dieci-quindici anni, hanno riguardato le tecnologie di monitoraggio, con la conseguente enorme diffusione dell'utilizzo dei droni con sensori multispettrali. Le più recenti innovazioni, invece, sono quelle inerenti alla creazione di piattaforme digitali in grado di gestire la maggior quantità possibile dei dati raccolti tramite le preesistenti tecnologie di agricoltura di precisione, sulle quali stanno investendo con decisione le più importanti multinazionali del settore agricolo e digitale (Casa & Pisante, 2016). Tali piattaforme rappresentano l'espressione attualmente più avanzata e completa di DSS (Decision Support System) e consentiranno una crescente ottimizzazione della gestione aziendale, sia in termini economici che ambientali.

## 1.2 Tecnologie e applicazioni dell'agricoltura di precisione

La diffusione dell'agricoltura di precisione ha fatto registrare un rapido incremento a partire dall'inizio degli anni '90, quando si è reso disponibile un ampio assetto tecnologico, il quale si articola su tre livelli (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017):

1. Posizionamento geografico (GPS);
2. Informazione geografica (GIS);
3. Applicazioni (sensori, dosaggio variabile, controllo delle sezioni, sistemi di guida, ecc.).

Infatti, tale assetto tecnologico permette di seguire sistematicamente le seguenti quattro fasi attuative dell'agricoltura di precisione, finalizzate alla gestione sostenibile delle risorse impiegate nel processo produttivo agricolo (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017):

1. Monitoraggio dei dati (ambientali, pedologici, meccanici, produttivi, ecc.);
2. Analisi dei dati monitorati;
3. Decisione/azione;
4. Controllo.

Nel 1973, il Dipartimento della Difesa Statunitense avviò un progetto per creare un sistema di navigazione satellitare globale, da cui prese vita il sistema Navstar, più conosciuto come GPS (Global Positioning System) e capostipite dei GNSS (Global Navigation Satellite Systems). Questi sistemi sono “globali” perché disponibili in qualunque momento ed in ogni punto della superficie terrestre. All'utente basta essere provvisto di ricevitore GNSS, il quale elabora i segnali ricevuti da alcuni satelliti in orbita intorno alla Terra, per poi ricavare la propria posizione. Dopodiché, l'informazione posizionale viene destinata ad un software applicativo per il fine desiderato. In agricoltura, un sistema GNSS può essere utilizzato per (Calcante, et al., 2016):

- La gestione sito-specifica, ovvero per la georeferenziazione dei dati relativi al campionamento del suolo, al monitoraggio delle colture, al monitoraggio operativo, alla mappatura delle produzioni, oppure per realizzare il controllo operativo delle attività meccanizzate di campo (ad esempio, la distribuzione a rateo variabile di sementi e concimi).
- La navigazione, cioè per la guida assistita e/o automatica delle macchine agricole, oppure per il monitoraggio e coordinamento dei cantieri di lavoro (per esempio, nel

caso di macchine da raccolta); in un futuro prossimo, nel concetto di “navigazione” rientrerà anche l’automazione di operazioni tramite robot di campo.

Un GIS (Geographic Information System) è un sistema informativo computerizzato che consente di associare dei dati alla loro posizione geografica sulla superficie terrestre e quindi di elaborarli al fine di ottenere le informazioni desiderate. In agricoltura di precisione, si ricorre ai sistemi GIS principalmente per produrre mappe aziendali georeferenziate. Tali mappe possono riportare un’enorme mole di informazioni “stratificabili”, interconnesse e storicizzabili, cosicché l’agricoltore possa disporre di un archivio di indicazioni fondamentali per la gestione aziendale del presente e del futuro. Le suddette informazioni sono quelle riguardanti, per esempio, le caratteristiche fisico-chimiche del suolo oppure le rese produttive (Bisaglia, 2018).

Il telerilevamento (in inglese “remote sensing”) consiste in quelle tecniche che consentono di rilevare, da una certa distanza, le proprietà chimiche o fisiche di un materiale. Nell’ambito dell’agricoltura di precisione, il materiale oggetto di rilievo è rappresentato dal suolo e dai tessuti vegetali delle colture, ma anche dalla loro combinazione in ciò che si definisce “canopy”. Il telerilevamento non può prescindere dall’uso di sensori, ovvero di sistemi in grado di “percepire da remoto” e quindi registrare i segnali provenienti dal materiale rilevato. Le tecniche di telerilevamento sfruttano tutte, sebbene con modalità differenti, i processi di interazione tra la radiazione elettromagnetica e l’oggetto studiato. In agricoltura di precisione, tutto ciò viene sfruttato per ricavare informazioni sulle proprietà del suolo e sullo stato delle colture. In sintesi, il telerilevamento permette di esaminare la variabilità spaziale e temporale di un sistema agricolo in modo rapido ed economico. I sensori possono essere classificati in funzione della piattaforma su cui vengono trasportati, in base ai quali varia anche la distanza che intercorre tra il sensore e l’oggetto rilevato: i sensori prossimali sono trasportati a bordo delle macchine agricole; i sensori aerotrasportati sono portati da aerei o, più spesso, da droni (SAPR, Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto); i sensori satellitari sono quelli in orbita su piattaforme satellitari. Nella banda del visibile (400-700 nm), la maggior parte della luce blu e rossa che raggiunge la vegetazione viene assorbita dalla clorofilla per la fotosintesi, mentre un picco di riflessione è presente nel verde. Quindi, il comportamento spettrale di una coltura dipende prevalentemente dalla concentrazione di pigmenti clorofilliani nella canopy, la quale a sua volta deriva dalla concentrazione di clorofilla per area fogliare e dall’indice di area fogliare (LAI, Leaf Area Index). La concentrazione di clorofilla per area fogliare è fondamentale per diagnosticare lo stato di nutrizione azotata delle colture poiché tale pigmento è in relazione con l’azoto

fogliare. Invece, la regione spettrale dell'infrarosso vicino (NIR, Near InfraRed) viene sfruttata per ottenere informazioni sui parametri strutturali della porzione aerea della vegetazione (LAI, spessore del mesofillo fogliare, forma ed angolazione delle foglie, ecc...). A partire dai dati raccolti mediante telerilevamento, è possibile calcolare degli indici di vegetazione, tra i quali spicca, per la sua larga utilizzazione, il NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Il NDVI, che viene calcolato a partire dalla riflettanza della vegetazione nell'infrarosso vicino (NIR) e nel rosso rispetto al suolo, si concretizza in un valore compreso tra 0 e 1 (che corrispondono rispettivamente a "suolo nudo" e "massima copertura vegetale"), il quale fornisce una stima dell'attività fotosintetica (e quindi della produttività delle colture) e dà un'idea del LAI (il NDVI aumenta all'aumentare del LAI, ma secondo una relazione non lineare) (Casa, et al., 2016).

La registrazione georeferenziata (sito-specifica) delle produzioni fornisce informazioni sulla variabilità delle produzioni in un appezzamento di terreno, le quali possono essere sfruttate in fase decisionale: se si rinviene un potenziale produttivo eterogeneo nel campo, questo può spingere l'agricoltore ad eseguire delle tecniche di lavorazione differenziata (VRT); si possono calcolare le asportazioni di nutrienti imputabili ai prodotti ed eventuali sottoprodotti raccolti, in modo da poter compensare adeguatamente le stesse; è possibile valutare gli effetti delle eventuali tecniche di VRT attuate per distribuire gli input; l'agricoltore può decidere di optare per la raccolta differenziata. I sistemi di mappatura delle produzioni dei cereali sono stati il primo esempio di registrazione georeferenziata delle produzioni ad essere messo a punto e, ancora oggi, sono i più diffusi nel mondo. Ad ogni modo, nonostante ormai molte delle mietitrebbiatrici in commercio presentino questi sistemi già preinstallati e, oltretutto, con costi abbordabili per la produzione delle mappe, in Italia l'uso è molto più limitato che altrove. La mietitrebbiatrice è equipaggiata di una serie di sensori, i quali funzionano in maniera integrata e dai quali attinge il sistema di registrazione ed elaborazione: sensori di misura della quantità e qualità del prodotto raccolto (massa o volume, densità, umidità, perdite, ecc...); sensori di localizzazione a correzione differenziale (sistemi GNSS); sensori di misura dell'area di riferimento (larghezza di raccolta, spazio percorso, tempo impiegato) (Lazzari, et al., 2016).

Un presupposto fondamentale per praticare agricoltura di precisione è la conoscenza delle caratteristiche chimico-fisiche dei propri terreni. Oggi sono disponibili delle tecnologie innovative che soppianderanno in maniera crescente le modalità di campionamento tradizionali. Infatti, queste tecnologie rilevano rapidamente e a costi contenuti le proprietà fisiche del suolo, mediante la misurazione istantanea della sua conducibilità, o resistività,

elettrica (Cillis, et al., 2018). Il comportamento elettrico del terreno è correlato soprattutto alla sua tessitura, ma la sua importanza risiede principalmente nel fatto che permette di individuare i punti da campionare per raccogliere i campioni di suolo da sottoporre alle analisi chimico-nutrizionali presso un apposito laboratorio, cosicché si possa giungere alla conoscenza puntuale e georeferenziata della variabilità spaziale caratterizzante i terreni. A quel punto, è possibile suddividere i terreni in zone omogenee, trattabili in maniera differenziata (Bisaglia, 2018). Negli ultimi anni, sono stati messi a punto dei georesistivimetri mobili, che vengono trainati in campo da un trattore o da un quad, nei quali gli elettrodi sono costituiti da ruote metalliche. Si tratta di strumenti caratterizzati da rapidità di esecuzione e stabilità della misura. Uno degli esempi più conosciuti è l'A.R.P. (Automatic Resistivity Profiling), prodotto dalla società francese Geocarta e messo in commercio come servizio professionale anche in Italia (Priori, et al., 2016).

Le aree di gestione (MZ, Management Zones) sono sub-regioni del campo all'interno delle quali gli effetti generati sulla coltura da parte delle differenze stagionali nel clima, nel suolo e nella gestione, sono più o meno uniformi (Lark, 1998). Questa suddivisione è la base imprescindibile per la gestione della variabilità spazio-temporale che contraddistingue i sistemi agricoli, e dovrebbe, infatti, costituire la premessa per le mappe di prescrizione, le quali permettono di eseguire la distribuzione spazialmente variabile (VRT) degli input agronomici (Castrignanò & Buttafuoco, 2016). Per definire le classi in funzione delle quali suddividere un appezzamento in aree omogenee, si inizia in genere da un'ampia gamma di dati spazio-temporali, in particolare quelle proprietà che possono incidere sulla resa produttiva, ad esempio: gli attributi topografici (dai quali dipende la distribuzione dell'acqua nel suolo), le caratteristiche fisiche del suolo (che determinano la capacità di ritenzione idrica), le proprietà chimiche come il pH o la sostanza organica (condizionano la fertilità del suolo) (Moore, et al., 1993) (Gessler, et al., 2000). Allo stesso scopo, dato che al momento non c'è un protocollo universalmente accettato, sono state usate anche immagini fotografiche di suolo nudo (Fleming, et al., 2000), immagini radiometriche da telerilevamento (Mulla, 2013) o da sensori geofisici utilizzati a terra nel "proximal sensing" (Castrignanò, et al., 2015) (Morari, et al., 2009), ma anche le mappe di produzione (Blackmore, 2000) (Basso, et al., 2007) e, di recente, immagini aeree da drone (Matese, et al., 2015). Infatti, le immagini telerilevate da drone in diversi momenti della ciclo colturale, essendo saldamente correlate alle rese ottenute nello stesso anno, possono essere sfruttate come indicatori del potenziale produttivo di quell'anno.

Una volta eseguito il monitoraggio e la successiva analisi dei dati di interesse, e quindi, dopo aver realizzato le necessarie mappe di prescrizione, l'agricoltore si trova ad affrontare una complessa fase decisionale, la quale si concretizza nell'attuazione in campo di pratiche di agricoltura di precisione. La capacità decisionale dell'agricoltore "di precisione" riguarda sia (Mazzetto, et al., 2016): l'ambiente decisionale operativo, ovvero controllo, regolazione ed intervento diretto sui processi durante la loro esecuzione (per esempio, nell'ambito della distribuzione a rateo variabile secondo logiche sito-specifiche); l'ambiente decisionale direttivo, ossia pianificazione e controllo dei processi, in particolare si fa riferimento all'organizzazione del lavoro ed alle modalità di esecuzione delle operazioni. In questo contesto, i sistemi di supporto alle decisioni (DSS) assumeranno una sempre maggiore importanza. Un DSS è un sistema software che fornisce supporto a chi deve prendere decisioni strategiche di fronte a problemi complessi, estraendo in poco tempo ed in maniera versatile le informazioni utili ai processi decisionali, a partire da un'elevata quantità di dati (Bacchetti & Renga, 2018). Ad ogni modo, qualsiasi DSS, specialmente in ambito agricolo, non può prescindere dall'integrazione con le conoscenze umane.

Le tecniche di agricoltura di precisione applicate alla lavorazione del terreno sono ancora, almeno in parte, in una fase sperimentale. Nonostante ciò, nel breve periodo, si prevede di raggiungere l'obiettivo di coniugare l'agricoltura di precisione con l'agricoltura conservativa, la quale ormai rappresenta sempre di più la strategia adottata in termini di lavorazioni del suolo (dato che la semplificazione degli interventi consegue in benefici economici ed ambientali). I sistemi di guida satellitare, rispetto alla guida manuale, incrementano la superficie lavorata giornalmente ed allargano l'intervallo di tempo utile per eseguire le operazioni, senza trascurare i benefici associati alla sfera lavorativa (maggiore sicurezza e minore stress per gli operatori). Tali vantaggi, comunque, non interessano soltanto le lavorazioni del terreno ma anche altre operazioni colturali e, inoltre, vengono esaltati nel caso delle attrezzature con elevata larghezza di lavoro ed elevata velocità di avanzamento e/o in condizioni di scarsa visibilità. La gestione del traffico (CTF, Controlled Traffic Farming) è una tecnica che sfrutta i sistemi di guida satellitare poiché si basa sull'individuazione di apposite corsie trafficabili, cioè la superficie coltivata viene separata da delle linee di transito (Sartori, et al., 2016). Il CTF, prima di tutto, limita i fenomeni di compattamento del suolo, ma è anche in grado di: migliorare il drenaggio delle acque; garantire buone produzioni anche nelle tecniche di non lavorazione; avere elevata tempestività negli interventi; richiedere inferiori forze di trazione, slittamenti ed attriti e, di conseguenza, anche minori costi e minori consumi di input (Chamen, 2005).

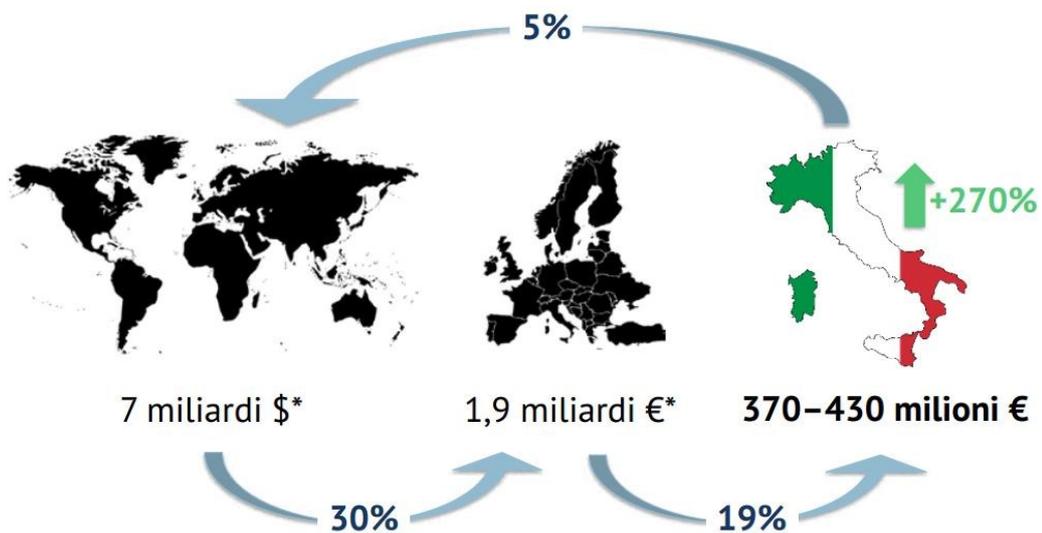
## Capitolo 2

### IL TREND E IL MERCATO DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

#### 2.1 Trend e mercato mondiale dell'agricoltura di precisione

I dati riguardanti la diffusione dell'agricoltura di precisione (AP) sono frammentari perché non vengono inclusi nelle statistiche ufficiali dei diversi Paesi. Inoltre, è difficile reperire informazioni commerciali dai produttori e dai rivenditori del settore (Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, 2014).

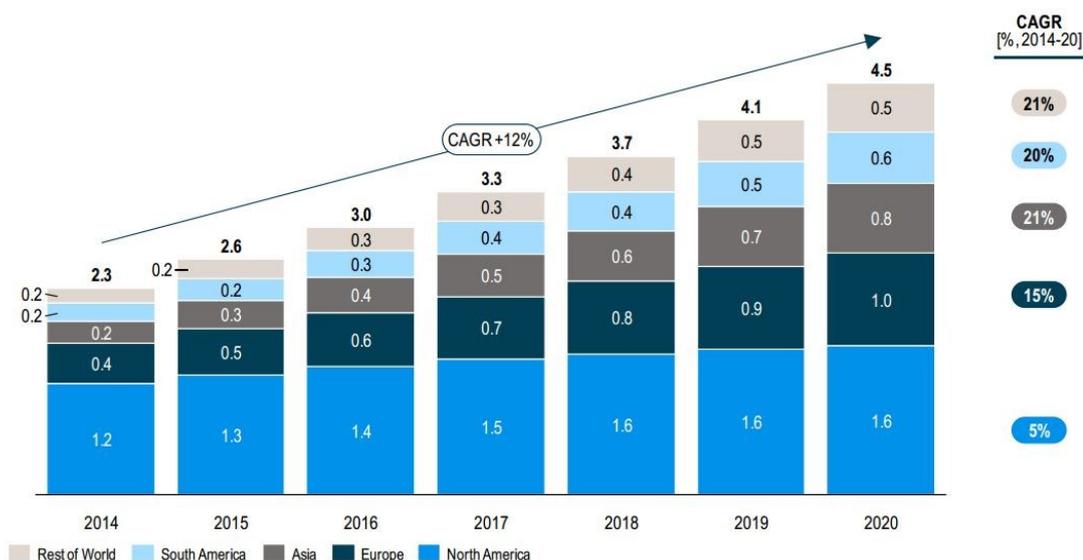
Nel 2018, il mercato mondiale dell'AP è stato stimato intorno ai 7 miliardi di dollari (il doppio rispetto al 2017), il 30% dei quali generati in Europa. Di questi, circa 400 milioni di euro sono stati generati in Italia, con una crescita del mercato nazionale di circa il 300% rispetto all'anno precedente (Figura 2-1) (Renga, et al., 2019).



*Figura 2-1: Il mercato dell'agricoltura di precisione (Renga, et al., 2019)*

La diffusione dell'agricoltura di precisione è in crescita, tanto che si prevede che il mercato mondiale possa superare i 13 miliardi di dollari nel 2023 (MarketsandMarkets, 2018). Già nel 2014, a livello mondiale, il 70-80% delle nuove attrezzature agricole messe in

commercio includevano almeno una componente riconducibile all'agricoltura di precisione (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). L'America del Nord rappresenta la fetta più importante del mercato globale dell'agricoltura di precisione, seguita in ordine, prima dall'Europa, poi dall'Asia, dal Sud America e, infine, dal resto del mondo. Nel periodo 2014-2020, è atteso un trend di crescita positivo del mercato mondiale dell'agricoltura di precisione pari al 12% circa. Per il Nord America, il tasso di crescita atteso si riduce al 5% circa, mentre aumenta per tutti gli altri continenti: 15% per l'Europa, 21% per l'Asia, 20% per il Sud America e 21% per il resto del mondo. Infatti, la maggiore crescita relativa è prevista nei paesi in via di sviluppo poiché essi sono caratterizzati da un basso livello di partenza in termini di agricoltura di precisione. Nonostante ciò, i mercati più promettenti restano quello europeo ma soprattutto quello nordamericano, ovvero quello dei Paesi in cui viene praticata un'agricoltura più avanzata (Figura 2-2) (Roland Berger, 2015).

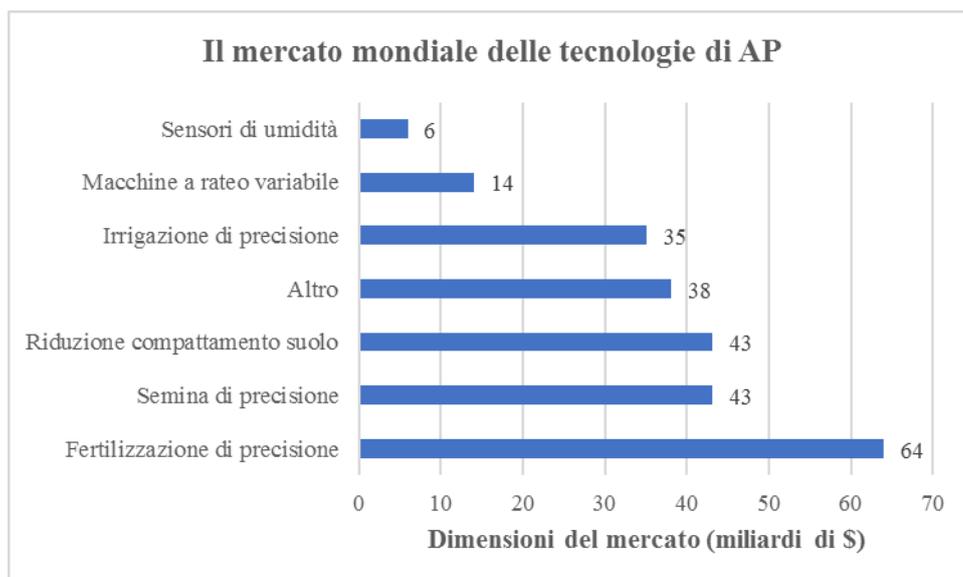


**Figura 2-2: Il mercato dell'AP nel periodo 2014-2020 (Roland Berger, 2015)**

Le consistenti dimensioni aziendali medie, con costi della manodopera elevati, e l'alta professionalità degli agricoltori, mista alla loro spesso elevata predisposizione a adottare innovazioni, fanno sì che il mercato nordamericano sia altamente attrattivo per l'agricoltura di precisione (Roland Berger, 2015). Non a caso, molte delle tecnologie del settore vengono ancora oggi sviluppate negli USA. Da un'indagine è emerso che, in media, su 100 agricoltori statunitensi: 80 usano sistemi di guida delle trattrici con GPS (soprattutto con guida automatica); 33 adottano sistemi GPS per il controllo delle sezioni delle irroratrici mentre 24 per la semina; parlando di distribuzione a rateo variabile, 30 la adottano per la

fertilizzazione, 40 per le calcitazioni correttive e 13 per i trattamenti fitosanitari; 4 usano sistemi geoelettrici di mappatura del suolo mentre 40 adottano ancora metodologie tradizionali di campionamento del terreno; 4 utilizzano sensori prossimali per rilevare il contenuto di clorofilla; infine, circa il 40% delle mietitrebbiatrici negli USA sono dotate di sistema di mappatura delle produzioni (Erickson & Widmar, 2015). Anche in Australia si registra una certa diffusione dell'agricoltura di precisione. Infatti, nel 2012, circa il 20% dei cerealicoltori australiani adottava tecniche di agricoltura di precisione, con un uso di CTF da parte di circa il 25% delle aziende (Casa & Pisante, 2016). Spostando l'attenzione sul resto dei continenti, escludendo l'Europa, troviamo una consistente presenza di Paesi in via di sviluppo, nei quali la crescente domanda di cibo, derivante sia dall'incremento demografico che dallo sviluppo economico, si scontra con una situazione spesso caratterizzata da condizioni climatiche estreme e limitate disponibilità di risorse. Di conseguenza, in quei contesti è prioritario puntare all'efficientamento dei processi di produzione agricola, mirando sia all'aumento delle rese produttive che al miglioramento della gestione delle risorse naturali. L'agricoltura di precisione è sicuramente una delle principali vie percorribili per raggiungere tali obiettivi. Nonostante ciò, la sua diffusione, rispetto a quanto ci si potrebbe attendere, viene fortemente ostacolata dalla carenza di tecnologie, infrastrutture ed istruzione e da un costo della manodopera solitamente esiguo (Roland Berger, 2015). Un caso emblematico tra i Paesi in via di sviluppo è sicuramente quello della Cina, dove l'agricoltura di precisione ha un impressionante potenziale di diffusione, per cui ci si aspetta che diventi il primo Paese al mondo per utilizzazione di tecnologie di agricoltura di precisione (Zhang, et al., 2002).

I più importanti attori del mercato globale dell'agricoltura di precisione sono: Deere & Company (USA), AGCO Corporation (USA), Trimble (USA), Raven Industries (USA), AgJunction (USA), AG Leader Technology (USA), Precision Planting (USA), The Climate Corporation (USA), ec2ce (Spagna), Descartes Labs (USA), Gamaya (Svizzera), Decisive Farming (Canada) (MarketsandMarkets, 2018). Queste società offrono sul mercato un'ampia gamma di tecnologie di agricoltura di precisione, tra cui le più diffuse sono quelle relative alla fertilizzazione di precisione e, a seguire, quelle per la semina di precisione e per la riduzione del compattamento del suolo (Figura 2-3) (Goldman Sachs, 2016). La maggiore adozione delle tecnologie di agricoltura di precisione è storicamente nei sistemi colturali erbacei, in particolare nella cerealicoltura, ma anche la viticoltura di precisione sta assumendo sempre più importanza (Casa & Pisante, 2016).



**Figura 2-3: Il mercato mondiale delle tecnologie di AP (Goldman Sachs, 2016)**

## 2.2 Trend e mercato europeo dell'agricoltura di precisione

A livello europeo, si riscontra un'ancora maggiore scarsità di statistiche dettagliate in merito all'adozione delle tecnologie di agricoltura di precisione, anche perché i rivenditori internazionali rendono disponibili poche informazioni, sia per questioni di riservatezza che per la grande eterogeneità che contraddistingue i sistemi agricoli europei. Nonostante ciò, si può affermare con buona certezza che il modello relativo alla diffusione dell'agricoltura di precisione negli USA è traslabile nel contesto europeo, sebbene vada considerato un certo ritardo temporale rispetto alla situazione americana (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). Nel 2018, il mercato europeo dell'agricoltura di precisione è stato stimato in circa 1,9 miliardi di euro (Renga, et al., 2019). In Europa, l'agricoltura di precisione è concentrata soprattutto nelle grandi aziende cerealicole del Centro-Nord, ossia in Germania, Gran Bretagna, Francia e Scandinavia. Comunque, va registrata una crescente adozione in Est Europa. Nel 2007, più del 10% degli agricoltori tedeschi praticava agricoltura di precisione. Nel 2011, si stimava che circa il 45% delle macchine agricole vendute in Germania ed Olanda fossero dotate di sistemi ISOBUS, mentre in Francia erano circa il 30% (Casa & Pisante, 2016). Ad ogni modo, l'incremento demografico mondiale previsto nei prossimi decenni spinge anche l'Europa a riflettere su come efficientare i propri sistemi di produzione agricola, con lo sguardo sempre rivolto alla sostenibilità economico-ambientale. In questo contesto, l'agricoltura di precisione può rappresentare un'ottima soluzione, considerando anche che l'Europa è caratterizzata da superfici arabili relativamente

scarse e da un declino del numero di aziende agricole. Però, per poter implementare efficaci modelli di agricoltura di precisione in Europa, è necessario che vengano prima potenziate le infrastrutture di telecomunicazione nelle aree rurali e che gli agricoltori vengano adeguatamente formati in termini di competenze tecnologiche. Le attività formative dovrebbero interessare soprattutto chi opera nelle piccole aziende agricole perché è in esse che si concentra la gran parte della manodopera agricola e perché spesso le piccole realtà imprenditoriali hanno minore accesso alle informazioni riguardanti l'innovazione tecnologica (Science and Technology Options Assessment (STOA), 2016).

### 2.3 Trend e mercato italiano dell'agricoltura di precisione

Nel 2018, l'agricoltura di precisione ha generato in Italia un fatturato compreso tra i 370 e i 430 milioni di euro. L'80% circa del suddetto importo deriva dall'offerta di attori del settore già affermati. Si tratta soprattutto di fornitori di macchine ed attrezzature agricole, i quali però propongono ormai anche le tecnologie più innovative, in quanto essi hanno individuato nel digitale una leva fondamentale per rinnovare e rinsaldare il loro ruolo nella filiera. Il restante 20% circa, invece, è costituito dalle soluzioni offerte da attori emergenti del settore, ad esempio le startup. Questi attori emergenti hanno costruito un'offerta completamente inedita sul mercato, infatti erogano soprattutto sistemi digitali innovativi e servizi di consulenza tecnologica e, a volte, anche servizi per la raccolta e analisi dei dati (Figura 2-4) (Renga, et al., 2019).

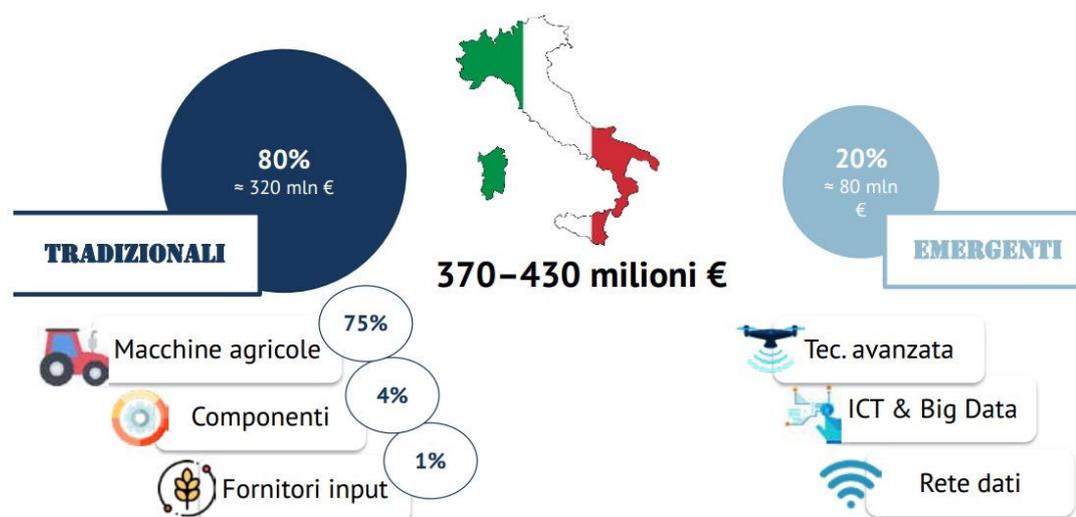
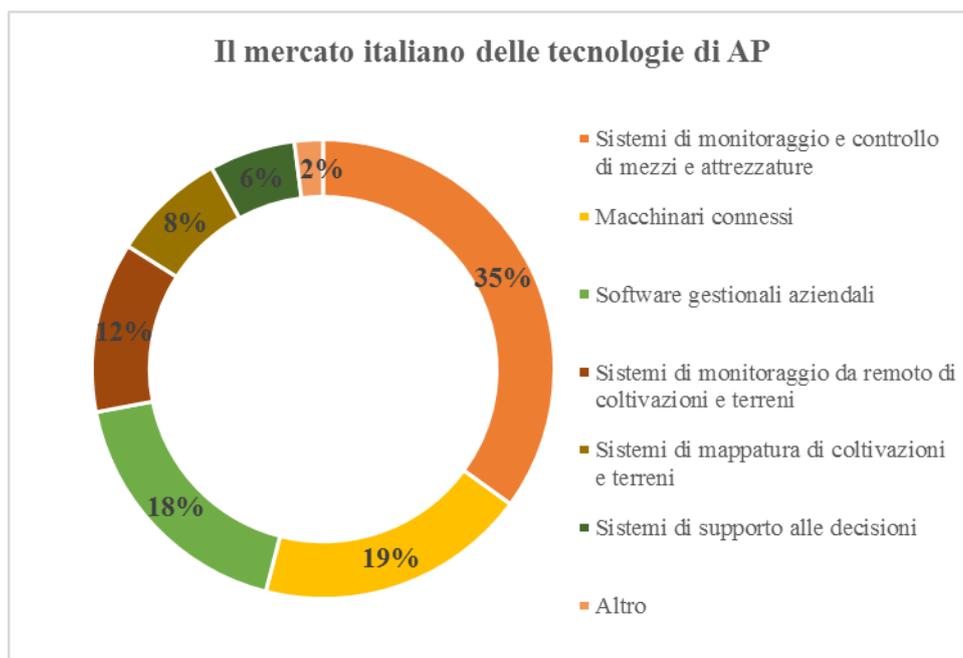


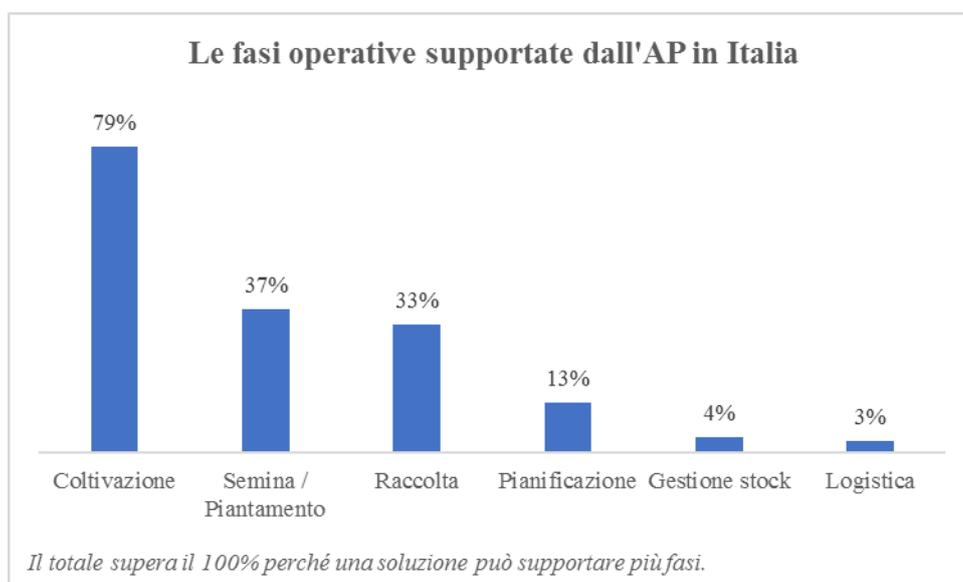
Figura 2-4: Il mercato italiano dell'agricoltura di precisione (Renga, et al., 2019)

Sul suddetto valore complessivo del mercato italiano, le soluzioni tecnologiche che incidono maggiormente sono quelle riguardanti il monitoraggio e la connessione dei macchinari agricoli, il monitoraggio da remoto di coltivazioni e terreni e la mappatura di coltivazioni e terreni. Si tratta di tecnologie di agricoltura di precisione che si possono definire “tradizionali” (sono infatti destinate principalmente alle fasi operative “di campo”), le quali, a conferma di quanto detto in precedenza, vengono offerte prevalentemente dagli attori già affermati del settore. Ad ogni modo, occupano una fetta non trascurabile di mercato anche quelle soluzioni più orientate all’Internet of Farming, ovvero i software gestionali aziendali (18% del mercato complessivo) e i sistemi di supporto alle decisioni (i DSS, per il 6% del mercato complessivo). Queste tecnologie digitali permettono all’agricoltore di allargare la visione imprenditoriale a tutti gli aspetti aziendali (Figura 2-5) (Renga, et al., 2019).



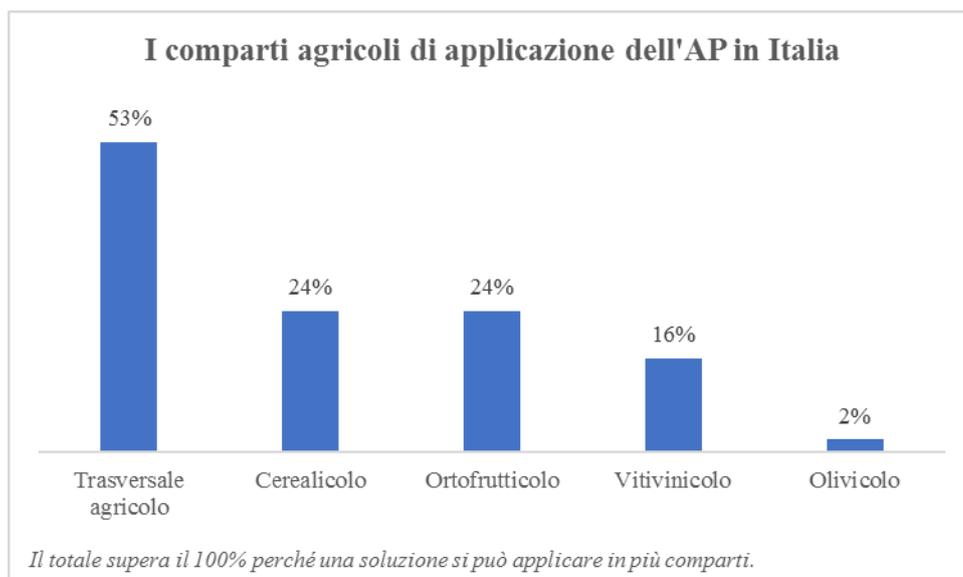
**Figura 2-5: Il mercato italiano delle tecnologie di AP (Renga, et al., 2019)**

A dimostrazione di quanto appena detto, circa il 79% delle soluzioni tecnologiche è applicabile in fase di coltivazione mentre solamente il 13% in fase di pianificazione, il 4% per la gestione degli stock ed il 3% per la logistica. Comunque, rispetto al 2017, le tecnologie per la pianificazione e per la logistica hanno fatto entrambe registrare una crescita dell’1% circa, invece quelle per la gestione degli stock sono incrementate del 2% circa (Figura 2-6) (Renga, et al., 2019).



**Figura 2-6: Le fasi operative supportate dall'offerta tecnologica in AP in Italia (Renga, et al., 2019)**

Prendendo in considerazione le soluzioni presenti sul mercato italiano, si denota la preponderanza di sistemi adottabili in più comparti agricoli (53%). Invece, le soluzioni verticali, cioè specifiche per singoli comparti, sono rivolte soprattutto al settore cerealicolo (24%) ed ortofrutticolo (24%) e, a seguire, alla filiera vitivinicola (16%) (Figura 2-7) (Renga, et al., 2019).



**Figura 2-7: I comparti agricoli di applicazione dell'offerta tecnologica in AP in Italia (Renga, et al., 2019)**

L'Osservatorio Smart AgriFood (School of Management del Politecnico di Milano) ha condotto un'indagine su quasi 1.500 aziende agricole disseminate su tutto il territorio italiano, al fine di cogliere la loro visione dell'agricoltura di precisione. Il 55% delle aziende intervistate utilizzano "macchinari e/o tecnologie avanzate per la pianificazione delle colture, la semina/piantumazione, la coltivazione, il raccolto" e il 46% di queste le usa da almeno 5 anni. Contrariamente a quanto spesso si pensa, l'indagine non ha riscontrato correlazioni significative tra l'età dell'imprenditore e la probabilità di adottare soluzioni innovative e lo stesso si è constatato anche per il livello di istruzione degli imprenditori. Invece, le dimensioni aziendali incidono sull'adozione delle tecnologie di agricoltura di precisione. Infatti, sotto ai 10 ettari, solamente il 25% delle aziende le adotta; tra i 50 ed i 100 ettari, si arriva al 60% delle aziende; infine, oltre ai 100 ettari, il 65% delle aziende impiega tali tecnologie. Dall'indagine è emerso anche che, in termini di adozione di tecnologie di agricoltura di precisione, nessun comparto agricolo è escluso e nessuno di essi predomina significativamente sugli altri (Renga, et al., 2019).

La diffusione dell'agricoltura di precisione in Italia risulta ancora limitata in confronto alla situazione internazionale. Però, tale carenza non è imputabile a scarsità di offerta commerciale o di ricerca e sperimentazione poiché le tecnologie presenti sul mercato italiano non hanno nulla da invidiare a quelle presenti sugli altri mercati europei e sono anche state ampiamente sperimentate dagli enti di ricerca. Un importante ostacolo alla diffusione dell'agricoltura di precisione in Italia è, invece, rappresentato dall'eccessiva lentezza del ricambio completo del parco macchine, per cui gran parte delle aziende agricole italiane

dispone di macchine tecnicamente ed economicamente obsolete (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). Le “Linee guida per lo sviluppo dell’Agricoltura di Precisione in Italia” hanno indicato come obiettivo per il 2021 quello di estendere la gestione mediante agricoltura di precisione fino al 10% della superficie agricola coltivata a livello nazionale. Perciò, diventa fondamentale individuare i fattori che ne limitano la diffusione e proporre le soluzioni più razionali (Pisante, 2016).

## Capitolo 3

### LE POLITICHE PER L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA IN AGRICOLTURA

#### 3.1 Innovazione tecnologica in agricoltura: la strategia “Europa 2020”

Nel 2010, la Commissione europea ha proposto la strategia “Europa 2020”, per un’Europa che “esca rafforzata dalla crisi economica e finanziaria” nell’arco di un decennio. Europa 2020 si fonda su tre priorità: “crescita intelligente”, ovvero creare un’economia basata sulla conoscenza e sull’innovazione; “crescita sostenibile”, ossia promuovere un’economia più efficiente dal punto di vista delle risorse, più verde e più competitiva; “crescita inclusiva”, cioè promuovere un’economia caratterizzata da un alto tasso di occupazione, che favorisca la coesione sociale e territoriale. Di conseguenza, l’innovazione assume un ruolo centrale nell’economia del Vecchio continente, in tutte le sue declinazioni di carattere tecnologico, organizzativo ed istituzionale (Commissione europea, 2010). Una delle prime definizioni di innovazione è stata quella fornita da Schumpeter nel 1934 nella sua opera “Teoria dello sviluppo economico”, dove afferma che lo sviluppo economico è guidato dall’innovazione attraverso la “distruzione creativa”, ovvero mediante un processo dinamico in cui le nuove tecnologie rimpiazzano le vecchie (Finco, et al., 2018). Nel “Manuale di Oslo” del 2005, la Commissione europea ha dato una tra le definizioni di innovazione attualmente più in uso:

un’innovazione è l’implementazione di un prodotto (sia esso un bene o servizio) o di un processo, nuovo o considerevolmente migliorato, di un nuovo metodo di marketing, o di un nuovo metodo organizzativo con riferimento alle pratiche commerciali, al luogo di lavoro o alle relazioni esterne (Commissione europea, 2005).

Il Manuale di Oslo, quindi, individua quattro distinte tipologie di innovazione: innovazione di prodotto, innovazione di processo, innovazione di marketing e innovazione organizzativa.

Focalizzando l’attenzione sul settore agricolo, è l’agricoltura di precisione la strategia che risponde maggiormente alle priorità di Europa 2020. Infatti, l’AP è sinonimo di innovazione sostenibile, volta a promuovere la produttività e l’efficienza dei sistemi agricoli.

### **3.2 Programma “Horizon 2020” e agricoltura di precisione**

“Horizon 2020” è il più grande programma di sempre dell’Unione europea (UE) in tema di ricerca e innovazione. Questo programma costituisce lo strumento finanziario di attuazione della “Innovation Union”, un’iniziativa cardine di Europa 2020. La ricerca è il fulcro di Horizon 2020, in quanto viene considerata il miglior investimento “per una crescita e un’occupazione intelligenti, sostenibili ed inclusive” sul territorio europeo. Il progetto mira ad una ricerca che abbatta le barriere all’innovazione e che favorisca la collaborazione tra il pubblico ed il privato nel realizzare innovazioni. In sintesi, Horizon 2020 nasce dal desiderio di “creare un mercato unico per la conoscenza, la ricerca e l’innovazione”. I finanziamenti stanziati per la programmazione 2014-2020 ammontano a quasi 80 miliardi di euro, senza considerare gli investimenti privati attirati dai suddetti fondi. Horizon 2020 è aperto a tutti ed è strutturato in modo da limitare al minimo le pratiche burocratiche, così da consentire ai progetti di prendere forma il più rapidamente possibile (Unione europea (UE), 2020). Il programma si concretizza nella pubblicazione di bandi detti “call”, che interessano i più svariati settori produttivi. Per il settore agricolo, Horizon 2020 ha individuato cinque priorità: “gestione delle risorse (suolo, acqua, biodiversità)”; “piante e animali più sani”; “approcci ecologici integrati dal livello aziendale a quello paesaggistico”; “nuove aperture per la crescita rurale”; “accrescere il capitale umano e sociale nelle aree rurali”. Le prime tre priorità afferiscono prevalentemente ai sistemi di produzione primaria (al “campo”), mentre le restanti due riguardano anche, ad esempio, le filiere agroalimentari (Commissione europea, 2016). Il programma, dal suo avvio ad oggi, ha finanziato in totale 218 progetti nell’ambito dell’agricoltura di precisione. Un esempio di questi è rappresentato dal “Flourish – Aerial Data Collection and Analysis, and Automated Ground Intervention for Precision Farming”, un progetto ideato con l’obiettivo di sviluppare una soluzione robotica in grado di automatizzare il controllo delle erbe infestanti in campo, con interventi mirati volti a ridurre l’uso di erbicidi su un’ampia gamma di colture. Il progetto Flourish, che si è concluso il 31 agosto 2018, è stato coordinato dal Politecnico federale di Zurigo (Svizzera) ed ha visto coinvolta anche l’ASSAM (Agenzia per i Servizi nel Settore Agroalimentare delle Marche) (Commissione europea, 2020).

### **3.3 “Strategia di Specializzazione Intelligente” e innovazione in agricoltura**

Da Europa 2020 è venuta alla luce anche l’iniziativa “Strategia di Specializzazione Intelligente” (S3, Smart Specialisation Strategy), con la quale si fa riferimento a:

le strategie di innovazione nazionali o regionali che fissano le priorità al fine di creare un vantaggio competitivo, sviluppando e abbinando i punti di forza della ricerca e dell'innovazione alle esigenze delle imprese, in modo da affrontare le opportunità emergenti e gli sviluppi del mercato in modo coerente, evitando duplicazioni e frammentazione degli sforzi (Regolamento (UE) n. 1303/2013, s.d.).

Nel 2011, la Commissione europea ha anche lanciato la “S3 Platform”, una piattaforma volta ad assistere le regioni e gli Stati membri nelle attività riguardanti la strategia S3. La S3 è una condizionalità ex ante per l'accesso ai Fondi strutturali europei nel periodo 2014-2020. Il Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) ed il Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) hanno definito la “Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente” 2014-2020 (SNSI), allo scopo di coordinare al meglio gli interventi tra i diversi organi governativi. La SNSI ha individuato cinque aree tematiche nazionali di specializzazione: “industria intelligente e sostenibile, energia e ambiente”; “salute, alimentazione e qualità della vita”; “agenda digitale, smart communities e sistemi di mobilità intelligente”; “turismo, patrimonio culturale e industria della creatività”; “aerospazio e difesa”. Inoltre, a completare il quadro strategico italiano delle politiche di ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione, sono state definite anche ventuno “Strategie Regionali di Specializzazione Intelligente” (Finco, et al., 2018).

### **3.4 Politica Agricola Comune (PAC) 2014-2020 e innovazione**

Al giorno d'oggi, la politica agraria si trova ad operare in un contesto internazionale caratterizzato, da un lato, dalla crescente domanda di cibo e, dall'altro lato, dalla necessità di supportare un'agricoltura che risponda al concetto di sostenibilità (Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, 2014). Anche la programmazione 2014-2020 della Politica Agricola Comune (PAC) è fortemente influenzata da Europa 2020, tanto che “sostenibilità” e “innovazione” vengono in essa considerate parole chiave. Infatti, sono ritenute priorità determinanti per far sì che il sistema agroalimentare e forestale europeo risponda alle istanze dei cittadini e delle imprese, in termini di competitività, occupazione e salvaguardia ambientale. L'agricoltura di precisione rappresenta l'anello di congiunzione di queste due anime della PAC (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). Una tale rilevanza dei temi della conoscenza e dell'innovazione non ha precedenti nella storia della PAC: la Commissione europea, in effetti, le ha considerate elementi a sostegno di qualsiasi altro intervento e, ad esse, sono stati appositamente dedicati diversi strumenti operativi e finanziari. A conferma di ciò, la prima priorità del Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale (Feasr), non solo riguarda la conoscenza e l'innovazione

(“promuovere il trasferimento di conoscenze e l’innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali”), ma è trasversale a tutte le altre e perciò può contribuire al raggiungimento degli obiettivi di ognuna (Vagnozzi, 2018). È infatti il secondo pilastro della PAC (Regolamento (UE) n. 1305/2013), e quindi la politica di sviluppo rurale, ad offrire le maggiori opportunità di finanziamento nell’ambito dell’agricoltura di precisione, favorendone la diffusione. Oltre alla già citata prima priorità, altre tre delle cinque totali possono considerarsi inerenti anche all’AP: “potenziare in tutte le regioni la redditività delle aziende agricole e la competitività dell’agricoltura in tutte le sue forme e promuovere tecnologie innovative per le aziende agricole e la gestione sostenibile delle foreste” (seconda priorità); “preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi connessi all’agricoltura e alla silvicoltura” (quarta priorità); “incentivare l’uso efficiente delle risorse e il passaggio a un’economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima nel settore agroalimentare e forestale” (quinta priorità) (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). Nei Programmi di sviluppo rurale regionali (PSR), le diverse priorità si compongono di più “focus area” ed il tutto viene attuato mediante “misure”, le quali riportano i contenuti e le modalità delle “azioni” da realizzare. Le regioni italiane hanno indirizzato circa 730 milioni di euro verso la prima priorità, per azioni di informazione, formazione, consulenza e trasferimento dell’innovazione. Tale importo rappresenta il 3,5% dell’intero investimento dei PSR, ovvero circa il doppio del peso percentuale relativo al periodo di programmazione precedente (Vagnozzi, 2018). I PSR regionali, quindi, forniscono ampie possibilità di attuazione e diffusione delle tecnologie di agricoltura di precisione. Tali possibilità comprendono i più svariati obiettivi: per esempio, nel PSR Marche si punta alla riduzione delle quantità distribuite di concimi e fitofarmaci. Nei PSR di tredici regioni, tra cui le Marche, sono presenti riferimenti espliciti all’agricoltura di precisione. Nello specifico, le misure che prevedono espressamente la possibilità di sostegno finanziario all’AP sono:

- La Misura 2 “Utilizzo dei servizi di consulenza”;
- La Misura 4 “Investimenti in immobilizzazioni materiali”;
- La Sottomisura 16.1 “Sostegno per la costituzione e la gestione dei Gruppi Operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell’agricoltura”;
- La Sottomisura 16.2 “Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie”.

La Misura 2 e le Sottomisure 16.1 e 16.2 si concretizzano in azioni immateriali e trasversali, le quali riguardano la crescita del capitale umano ed il trasferimento dell’innovazione. Perciò, esse sono volte a finanziare: attività generali di comunicazione e

attività specifiche di crescita culturale degli addetti, percorsi di consulenza personalizzati, processi di progettazione partecipata per la diffusione delle innovazioni. Invece, la Misura 4 offre sostegno finanziario nell'acquisto di macchine, strumenti e reti che contribuiscano ad incrementare la sostenibilità economica dei processi produttivi. Di conseguenza, la Misura 4 è quella con la maggiore potenzialità di accrescere la diffusione capillare delle tecnologie di agricoltura di precisione. Ad ogni modo, va sottolineato che anche quei PSR regionali che non fanno esplicitamente riferimento all'AP possono comunque incentivarla poiché essa può rappresentare uno strumento attuativo degli obiettivi generali dei PSR stessi. Inoltre, va detto che anche alcune misure afferenti alle priorità 4 e 5 possono incentivare indirettamente lo sviluppo e la diffusione dell'agricoltura di precisione: la Misura 10 "Pagamenti agro-climatico-ambientali", la Misura 11 "Agricoltura biologica" e la Misura 12 "Indennità Natura 2000 e indennità connesse alla direttiva quadro sull'acqua". Aderendo a queste misure, gli agricoltori possono ottenere dei pagamenti a superficie che compensano i maggiori costi ed i mancati redditi conseguenti all'adozione volontaria di pratiche garanti della salvaguardia ambientale. Ed è proprio a tali pratiche che si può associare l'uso di tecnologie di AP, in particolare per razionalizzare ed ottimizzare l'utilizzazione degli input, acqua e suolo. Per quanto riguarda il settore forestale, la Sottomisura 8.5 "Investimenti in tecnologie silvicole e nella trasformazione, mobilitazione e commercializzazione dei prodotti delle foreste" può rappresentare un'ulteriore opportunità per finanziare l'acquisto di tecnologie di agricoltura di precisione. Il PSR Marche fornisce strumenti di sostegno finanziario in AP prevalentemente tramite la Misura 4, avente la finalità di migliorare le prestazioni economiche e ambientali delle imprese agricole, agroalimentari e forestali, contribuendo alla realizzazione di investimenti infrastrutturali. Nello specifico, la Sottomisura 4.1 "Sostegno a investimenti nelle aziende agricole" comprende tra gli investimenti ammissibili le macchine e le attrezzature agricole tecnologicamente avanzate e rapportate alle effettive esigenze aziendali che garantiscono il rispetto di almeno un parametro tra quelli di una serie indicata. Un esempio di parametro consiste nella riduzione di concimi e fitofarmaci tramite l'adozione di sistemi di agricoltura di precisione. Il PSR Marche ha stanziato un totale di: 5 milioni di euro per la Misura 2; 122,3 milioni di euro per la Misura 4; 26,6 milioni di euro per la Misura 16 (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017). Il "Partenariato Europeo dell'Innovazione per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura" (PEI-AGRI) è una novità assoluta introdotta nella programmazione 2014-2020 dello sviluppo rurale. In Italia, venti PSR dei ventuno totali, attraverso le sottomisure 16.1 e 16.2, sostengono l'attivazione dei Gruppi Operativi PEI-

AGRI (GO) come strumento fondamentale per diffondere l'innovazione nelle aziende agricole, al fine di incrementare la loro competitività e sostenibilità. Il PEI-AGRI si pone l'obiettivo di accorciare la distanza tra il mondo della ricerca e le aziende agricole, in modo che i risultati della ricerca possano essere effettivamente spesi nella pratica agricola. Le attività PEI-AGRI si basano su un "modello di innovazione interattivo", il quale implica la collaborazione tra i vari stakeholder, così da sfruttare al meglio le diverse forme di conoscenza che essi possono mettere a disposizione, il tutto per co-creare e diffondere soluzioni e/o opportunità implementabili nella pratica. Gli imprenditori agricoli, essendo così attivamente coinvolti nel partenariato dei GO (nelle fasi di progettazione, attuazione e diffusione del progetto di innovazione), possono esprimere le loro istanze e necessità in un contesto che permette agli altri attori, ma soprattutto ai ricercatori, di coglierle prontamente (Rete Rurale Nazionale, 2018). Consultando l'apposito database, emerge che, in Italia, ad oggi sono stati attivati ben 18 GO sulla tematica "Agricoltura di precisione" (considerando sia i progetti conclusi che quelli ancora in corso) (Rete Rurale Nazionale, 2020). Tra questi, nelle Marche è in corso il progetto "S.A.T. – Smart Agriculture Team", che vede coinvolta anche l'Università Politecnica delle Marche. Il progetto S.AT. ha come finalità la "realizzazione di un sistema di monitoraggio intelligente e real-time costituito da una piattaforma informatica smart integrata con la sensoristica in campo, in grado di supportare la gestione delle colture nell'ambito della ottimizzazione degli input azotati", così da fornire una soluzione innovativa per la gestione della fertilizzazione azotata e quindi per la riduzione dell'impatto ambientale delle attività agricole.

### 3.5 "Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020" e innovazione in agricoltura

L'Italia, nello specifico il MISE, ha sviluppato il "Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020", a sostegno del settore industriale nazionale nell'epoca del "paradigma 4.0", ovvero della quarta rivoluzione industriale. Il paradigma 4.0:

è la visione della manifattura del prossimo futuro, in cui diverse nuove tecnologie digitali (Information & Operational) si integrano con i sistemi fisici tradizionali interconnettendo tutte le risorse aziendali (persone, prodotti, macchine), al fine di aumentare la competitività delle aziende, abilitando una concreta integrazione/collaborazione di filiera (Bacchetti & Renga, 2018).

"Agricoltura 4.0" è la declinazione del paradigma di Industria 4.0 nel settore agricolo, ossia:

la tendenza all'automazione ed alla interconnessione delle attività agricole e più in ampio di tutti i processi di filiera, grazie all'implementazione armonica e coordinata di

diverse tecnologie innovative – digitali e non – capaci di generare benefici a: condizioni di lavoro, resa produttiva, qualità della produzione, efficienza, integrazione di filiera (Bacchetti & Renga, 2018).

L'agricoltura 4.0 si compone di: agricoltura di precisione ed “Internet of Farming”. Per Internet of Farming è stata data la seguente definizione:

strategia implementabile all'interno della singola azienda agricola e conseguentemente dell'intera filiera, volta all'utilizzo di tecnologie digitali, specialmente Big Data e Big Data Analytics, per efficientare i processi aziendali anche al di là di quelli “di campo”, ottimizzare le attività di relazione (sia fisica, sia informativa) tra gli attori della filiera agricola, a vantaggio di un uso intelligente e condiviso dei dati, qualità e tracciabilità dei prodotti ed efficienza dei processi di filiera (Bacchetti & Renga, 2018).

Quindi, è possibile affermare che l'agricoltura di precisione sta evolvendo verso il concetto di agricoltura 4.0, un'agricoltura in cui si fa ricorso a moderne tecnologie, le quali sono più efficienti e spesso anche più economiche: sensori di ultima generazione (IoT); microprocessori di ultima generazione; strumenti di connettività di ultima generazione; sistemi ICT in-the-Cloud; Big Data e software di Big Data Analytics (Bacchetti & Renga, 2018). Quanto appena detto colloca con pieno diritto l'agricoltura 4.0 tra i comparti che il Piano nazionale Industria 4.0 si prefigge di supportare. Il Piano prevede delle misure basate su tre principali linee guida: operare in una logica di neutralità tecnologica; intervenire con azioni orizzontali e non verticali o settoriali; agire su fattori abilitanti. Tutte quelle aziende che intendono investire in innovazione per incrementare la propria competitività possono accedere alle misure del Piano in maniera automatica, cioè senza dover far riferimento a bandi o sportelli, e senza vincoli di tipo dimensionale, settoriale e territoriale. Sono cinque i principali strumenti a disposizione delle imprese (Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), 2017):

- “Iperammortamento e superammortamento” – per l'acquisto di beni materiali in chiave 4.0 è possibile beneficiare dell'iperammortamento al 250%; per l'acquisto di beni immateriali (per esempio i software), chi ha già usufruito dell'iperammortamento, può godere del superammortamento al 140%.
- “Beni strumentali – Nuova Sabatini” – si tratta di uno strumento volto a facilitare l'accesso al credito delle micro, piccole e medie imprese per l'acquisto di nuovi macchinari, impianti e attrezzature. Nello specifico, le imprese beneficiano di un contributo a parziale copertura degli interessi su finanziamenti bancari (concessi da istituti bancari convenzionati con il MISE) di importo compreso tra 20.000 euro e 2 milioni di euro.

- “Credito d’imposta R&D” – consiste nel credito d’imposta del 50% su spese incrementalmente in “Ricerca e Sviluppo”, il quale può essere sfruttato per coprire un’ampia serie di imposte e contributi. Vengono considerate tutte le spese relative a ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale.
- “Patent Box” – si tratta della tassazione agevolata sui redditi derivanti dalle opere di ingegno, ovvero da brevetti industriali, marchi registrati, disegni e modelli industriali, know-how e software protetti da copyright. Questo strumento è stato ideato principalmente per favorire la maggior presenza possibile dei suddetti beni immateriali all’interno dei confini nazionali.
- “Startup e PMI (piccole e medie imprese) innovative” – la misura fornisce a tali imprese un quadro di riferimento vantaggioso in tema di semplificazione amministrativa, mercato del lavoro, agevolazioni fiscali e diritto fallimentare, allo scopo di favorire lo sviluppo dell’imprenditoria innovativa in Italia.

## Capitolo 4

### ANALISI ECONOMICO-AMBIENTALE DELLA CEREALICOLTURA DI PRECISIONE: LO STATO DELL'ARTE IN LETTERATURA E RICERCA

La diffusione dell'agricoltura di precisione in Italia procede con molta lentezza, nonostante si tratti di tecnologie disponibili da ormai più di un ventennio. Uno dei motivi principali della sua scarsa penetrazione è la resistenza da parte degli agricoltori a investire risorse umane ed economiche senza sapere se la tecnologia fornirà un profitto. Perciò, valutare la sostenibilità dell'agricoltura di precisione è un elemento essenziale per la sua introduzione e diffusione.

#### **4.1 Obiettivo e metodologia della literature review**

Il settore agricolo si trova oggi a fronteggiare una serie di sfide, sia legate all'incremento della popolazione e alla diminuzione delle superfici coltivabili, sia a livello di domanda di mercato dei prodotti agricoli, con consumatori sempre più esigenti ed informati sulle tecniche di coltivazione sostenibili.

Nel settore agricolo, il concetto di sostenibilità e di agricoltura sostenibile si è ormai affermato come un obiettivo di lungo periodo che deve essere perseguito attraverso le politiche agricole (Maier & Steenblik, 1995) e l'innovazione è la leva per raggiungere lo sviluppo sostenibile (Figura 4-1). Nel 1987, il concetto fu utilizzato per la prima volta nel rapporto Brundtland (dal nome della presidente della Commissione, la norvegese Gro Harlem Brundtland), per poi essere ripreso dalla Conferenza mondiale sull'ambiente e lo sviluppo svoltasi a Rio de Janeiro nel 1992 alla presenza di 183 Stati. Per sviluppo sostenibile si intende uno sviluppo in grado di assicurare "il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri". Il concetto di sostenibilità, in questa accezione, viene collegato alla compatibilità tra sviluppo delle attività economiche e salvaguardia dell'ambiente.

Nella normativa italiana, è stato introdotto il concetto di sviluppo sostenibile nel decreto legislativo n. 152 del 3 aprile 2006, laddove si legge (art. 3-quater) che "ogni attività umana

giuridicamente rilevante deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile al fine di garantire all'uomo che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future”.



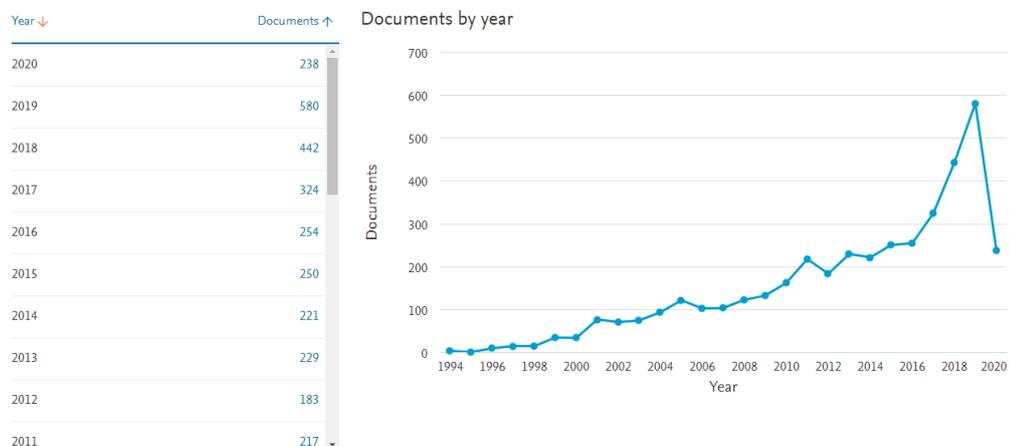
**Figura 4-1: Innovazione per uno sviluppo sostenibile**

Le diverse dimensioni della sostenibilità fanno riferimento a fattori economici, sociali e ambientali. La dimensione economica si riferisce principalmente all'uso efficiente delle risorse, alla competitività e redditività del settore agricolo. La dimensione sociale fa riferimento all'equità intesa come “uguali opportunità”, non solo a livello territoriale (tra aree rurali e non), ma anche a livello settoriale (tra l'agricoltura e gli altri settori economici), tra gruppi sociali e tra uomini e donne coinvolti nel settore. La dimensione ambientale riguarda la gestione e la conservazione delle risorse naturali.

L'obiettivo della presente literature review è quello di valutare la sostenibilità economica ed ambientale dell'agricoltura di precisione, in riferimento alle colture target (frumento e mais).

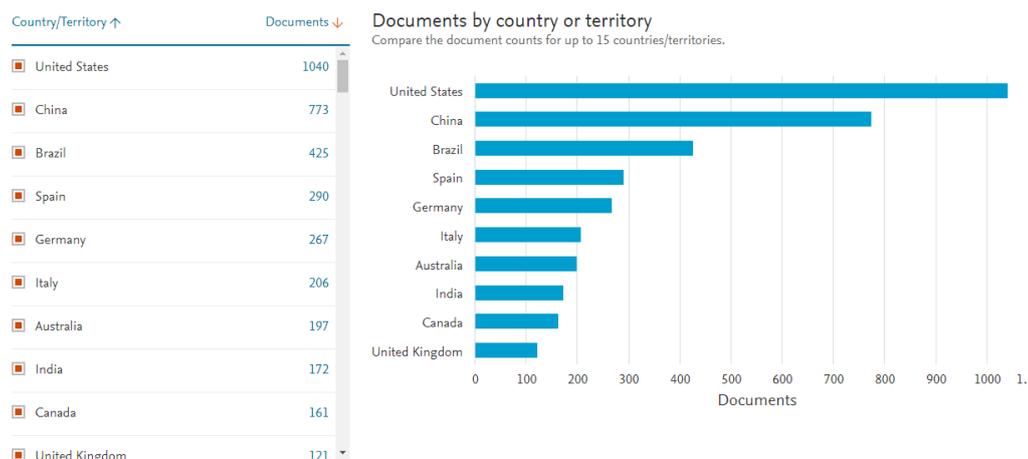
Tramite il motore di ricerca Scopus, è stata effettuata una ricerca basata sulla parola chiave “Precision Agriculture”, dalla quale si è ottenuto un database di partenza di 4.100 articoli in totale (dal 1994 al 2020). Dalla Figura 4-2 emerge con evidenza come l'agricoltura di precisione sia un argomento sempre più presente nella ricerca scientifica. Infatti, dal 1994 al 2020, il numero di articoli scientifici pubblicati annualmente nel mondo ha fatto registrare

un trend evolutivo in costante crescita. Inoltre, si nota un'evidente impennata della curva verso l'alto nel passaggio dal 2016 al 2017, fino al raggiungimento del picco massimo nel 2019 (580 pubblicazioni).



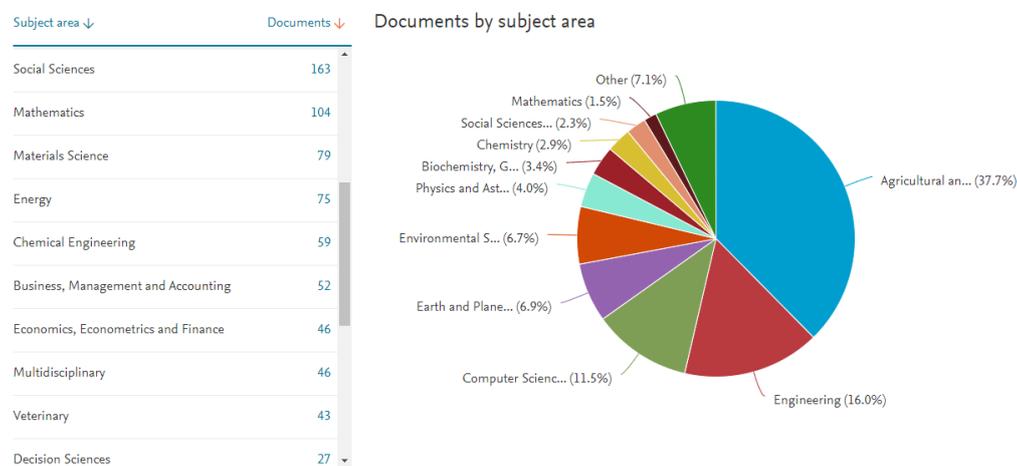
**Figura 4-2: Numero di pubblicazioni scientifiche per anno nel mondo sull'agricoltura di precisione (Fonte: Scopus)**

La Figura 4-3 mostra, invece, i principali paesi di provenienza degli autori delle pubblicazioni. Primeggiano gli Stati Uniti (1.040 pubblicazioni), seguiti dalla Cina (773 pubblicazioni). Più staccato, in terza posizione, troviamo il Brasile (425 pubblicazioni). Al sesto posto, poco dietro a Spagna e Germania, si piazza l'Italia, con 206 articoli pubblicati dal 1994 ad oggi. Quest'ultimo dato rivela come i ricercatori italiani siano piuttosto attivi in tema di agricoltura di precisione. Le posizioni dalla settima alla decima sono occupate, nell'ordine, da: Australia, India, Canada e Regno Unito.

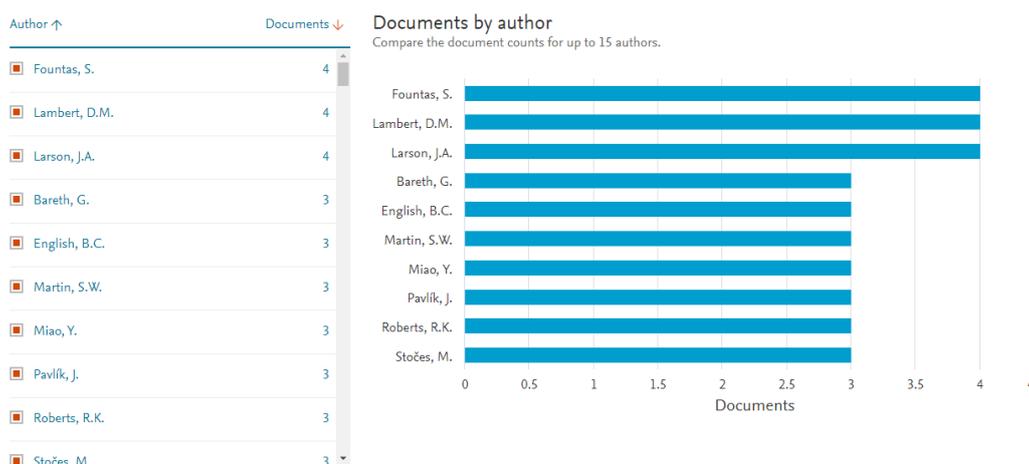


**Figura 4-3: Numero di pubblicazioni scientifiche per paese sull'agricoltura di precisione (Fonte: Scopus)**

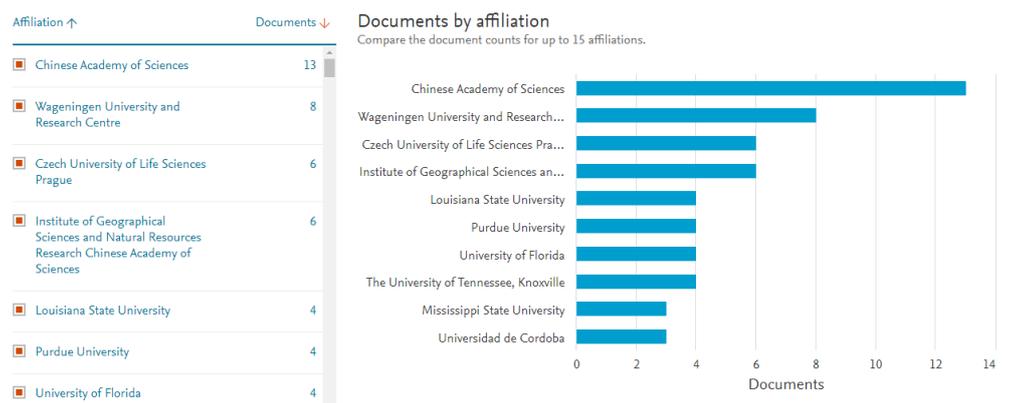
A livello mondiale, come si evince dalla Figura 4-4, quasi il 38% delle pubblicazioni riguarda aspetti agronomici, il 16% aspetti ingegneristici e l'11,5% le tecnologie dell'informazione. Dato che la ricerca oggetto della presente tesi è di carattere prettamente economico, è stata effettuata una prima scrematura del database di partenza, mantenendo solamente gli articoli delle tre seguenti aree: "Social Sciences" (che rappresenta il 2,3% del totale delle pubblicazioni); "Business, Management and Accounting"; "Economics, Econometrics and Finance". Le ultime due aree di interesse appena citate, in Figura 4-4 sono incluse in "Altro". Questa selezione ha circoscritto la literature review a 235 articoli in totale. In Figura 4-5 ed in Figura 4-6 vengono elencati rispettivamente gli autori e gli istituti di ricerca che hanno pubblicato il maggior numero di articoli scientifici tra i 235 selezionati.



**Figura 4-4: Numero di pubblicazioni scientifiche per area di ricerca (Fonte: Scopus)**



**Figura 4-5: Numero di pubblicazioni scientifiche per autore (Fonte: Scopus)**



**Figura 4-6: Numero di pubblicazioni scientifiche per istituto di ricerca (Fonte: Scopus)**

Infine, è stata effettuata un'ultima scrematura delle pubblicazioni, scegliendo quegli articoli scientifici che, dall'esame del titolo e dell'abstract, sono risultati essere incentrati sul tema della sostenibilità economica e/o ambientale della cerealicoltura di precisione. Questi articoli verranno analizzati nel Paragrafo 4.2.

#### **4.2 Sostenibilità della cerealicoltura di precisione: lo stato dell'arte in letteratura e ricerca**

Nel presente paragrafo, verranno analizzati gli articoli scientifici selezionati in tema di sostenibilità economica (Paragrafo 4.2.1) e ambientale (Paragrafo 4.2.2) della cerealicoltura di precisione.

##### *4.2.1 Sostenibilità economica della cerealicoltura di precisione*

Nell'ambito della sostenibilità economica della cerealicoltura di precisione, sono stati presi in esame gli articoli scientifici riportati in Tabella 4-1. L'analisi è stata condotta secondo i seguenti quesiti di ricerca:

- Quali sono i benefici economici dell'agricoltura di precisione?
- A quanto ammontano tali benefici economici?
- L'agricoltura di precisione ha effetti sulla resa produttiva?

**Tabella 4-1: Articoli scientifici presi in esame in tema di sostenibilità economica**

<b>Autore</b>	<b>Anno</b>	<b>Paese</b>	<b>Coltura</b>	<b>Principali evidenze</b>
West & Kovacs	2017	USA	mais	Irrigazione a rateo variabile genera benefici economici pari a 9,09 \$/piede acro oppure a 7,69 \$/piede acro.
Chamen	2016	Australia	frumento	Traffico controllato (CTF) aumenta la resa produttiva del 4%, riduce i costi delle macchine agricole fino al 75%, aumenta il profitto aziendale dell'8% e genera un rendimento del capitale investito pari al 14%.
Schimmelpfenning & Ebel	2016	USA	mais	Diversi livelli di AP (e diverse tecnologie di AP) riducono i costi relativi agli input colturali: da un minimo di -11,01 \$/acro ad un massimo di -25,01 \$/acro.
Biggar et al.	2013	USA	frumento e mais	Concimazione azotata a rateo variabile aumenta la qualità del prodotto, la resa produttiva (+8% frumento e +5% mais) e genera un risparmio di azoto (-10% frumento e -21% mais). Ciò con un costo del capitale pari a: 77,50 €/acro piccole aziende, 35,23 €/acro medie aziende e 19,37 €/acro grandi aziende.
Hörbe et al.	2013	Brasile	mais	Semina a rateo variabile ottimizza quantità di seme (-31% in zone a bassa produttività e +13% in zone ad alta produttività), aumenta la resa produttiva (+1,2 t/ha e +1,9 t/ha in due siti a bassa produttività e +0,89 t/ha e +0,94 t/ha in due siti ad alta produttività) e aumenta il profitto aziendale di circa il 7%.
Bora et al.	2012	USA	-	Combinando barra luminosa e guida automatica si riduce il fabbisogno di ore lavorative in campo del 6,04% e il consumo di carburante del 6,32%.
Jensen et al.	2012	Danimarca	cereali	Traffico controllato (CTF) riduce i costi relativi al carburante del 25÷27%.
Shockley et al.	2011	USA	mais	Sistemi di guida assistita generano i seguenti risparmi: -2,4% costo per semi, -2,2% costo per fertilizzanti e -10,4% costo per carburante.
Tekin	2010	Turchia	frumento	Concimazione azotata a rateo variabile aumenta resa produttiva dell'1÷10% e genera un risparmio di azoto del

4÷37%. Ciò con un investimento di 11,45 €/ha per aziende di 500 ha e di 115,39 €/ha per aziende di 50 ha.

Biermacher et al.	2009	USA	frumento	Due sistemi di rilevamento del fabbisogno in azoto sulle piante in campo, generano benefici economici rispettivamente di 16 \$/ha e 9 \$/ha.
Hedley & Yule	2009	Nuova Zelanda	mais	Irrigazione a rateo variabile genera un risparmio idrico potenziale del 21,8% per un sito e del 26,3% per un altro sito.
Lu et al.	2005	USA	mais	Irrigazione a rateo variabile incrementa il profitto: da un minimo di +8,77 \$/ha ad un massimo di +18,97 \$/ha. Il break even point (BEP) dell'investimento è di circa 9 \$/ha.
Koch et al.	2004	USA	mais	Concimazione azotata a rateo variabile aumenta il profitto: da un minimo di +25,6 €/ha ad un massimo di +38,6 €/ha.
Gerhards & Sökefeld	2003	-	frumento e mais	Diserbo chimico a rateo variabile genera un risparmio di 36 €/ha per il frumento e 7 €/ha per il mais. Ciò a fronte di un aumento dell'investimento pari a +4,36 €/ha.
Mamo et al.	2003	USA	mais	Concimazione azotata a rateo variabile aumenta il profitto: da un minimo di +7 €/ha ad un massimo di +20,25 €/ha.
Timmermann et al.	2003	-	frumento e mais	Diserbo chimico a rateo variabile genera un risparmio di 42 €/ha per il mais e 32 €/ha per il frumento.
Whipker & Akridge	2003	USA	mais	Il costo complessivo della concimazione azotata a rateo variabile è mediamente di 46,78 \$/ha.
Raun et al.	2002 2001	USA	frumento	Concimazione azotata a rateo variabile aumenta il profitto: da un minimo di +9,69 €/ha ad un massimo di +24,66 €/ha.

Da una ricerca condotta negli Stati Uniti, dove sono stati considerati diversi livelli di agricoltura di precisione e diverse tecnologie adottate, è risultata una riduzione del costo di produzione del mais rispetto alla coltivazione con tecniche “tradizionali”. Nello specifico, l’AP ha generato un decremento dei costi relativi agli input colturali, variabile da un minimo

di -11,01 \$/acro ad un massimo di -25,01 \$/acro (Schimmelpfennig & Ebel, 2016). I sistemi di guida assistita generano benefici economici. Per esempio, è stato rilevato che, combinando l'uso della barra luminosa e della guida automatica, si riduce il fabbisogno di ore lavorative in campo del 6,04% ed il consumo di carburante del 6,32% (Bora, et al., 2012). Negli Stati Uniti, è stato visto che i sistemi di guida assistita su mais generano i seguenti risparmi: -2,4% sul costo imputato alla semente, -2,2% sul costo relativo ai fertilizzanti e -10,4% sul costo imputato al carburante (Shockley, et al., 2011). Da uno studio condotto su un'azienda agricola australiana che coltiva frumento, è emerso che l'introduzione del traffico controllato (CTF, Controlled Traffic Farming) ha generato un incremento della resa produttiva del 4%, con una contestuale riduzione fino al 75% dei costi relativi alle macchine agricole. La stessa azienda (che comprende circa 1.400 ha, coltivati prevalentemente a frumento e colza) ha aumentato il profitto dell'8% ed ha ottenuto un rendimento del capitale investito pari al 14% (Chamen, 2016). In Danimarca, è stato osservato che il traffico controllato nella coltivazione dei cereali, grazie alle minori sovrapposizioni, può abbattere i costi relativi al carburante del 25÷27% (Jensen, et al., 2012). Una ricerca svolta in Brasile sull'adozione della semina a rateo variabile per il mais ha prodotto le seguenti evidenze: ottimizzazione della quantità di seme da distribuire (-31% di quantità in zone a bassa produttività e +13% di quantità in zone ad alta produttività); aumento della resa produttiva (rispettivamente +1,2 t/ha e +1,9 t/ha in due siti a bassa produttività e rispettivamente +0,89 t/ha e +0,94 t/ha in due siti ad alta produttività); incremento del profitto dell'impresa agricola di circa il 7% (Hörbe, et al., 2013). Da uno studio condotto negli Stati Uniti su frumento e mais, è emerso che la concimazione azotata a rateo variabile, rispetto alla distribuzione a dosi indifferenziate di concime, aumenta la qualità del prodotto e la resa produttiva (+8% per il frumento e +5% per il mais) e genera un risparmio di unità di azoto (-10% per il frumento e -21% per il mais). Lo stesso studio ha quantificato un costo del capitale per la concimazione a rateo variabile pari a: 77,50 €/acro per le piccole aziende, 35,23 €/acro per le medie aziende e 19,37 €/acro per le grandi aziende (Biggar, et al., 2013). Un'indagine condotta negli Stati Uniti, ha quantificato il costo complessivo della concimazione azotata a rateo variabile del mais in una media di 46,78 \$/ha (Whipker & Akridge, 2003). In Turchia, la concimazione a rateo variabile del frumento ha generato un aumento della resa produttiva tra l'1% ed il 10%, a seguito di un investimento che è stato stimato in 11,45 €/ha per aziende di 500 ha ed in 115,39 €/ha per aziende di 50 ha (Tekin, 2010). Altri studi statunitensi hanno dimostrato che l'introduzione del rateo variabile nella concimazione azotata determina un incremento del profitto: da +25,60 €/ha a +38,60 €/ha (Koch, et al., 2004) oppure da +7,00 €/ha a +20,25 €/ha (Mamo,

et al., 2003) per il mais e da 9,69 €/ha a 24,66 €/ha (Raun, et al., 2001) (Raun, et al., 2002) per il frumento. Sempre in tema di fertilizzazione di precisione, è stato visto che anche due sistemi di rilevamento del fabbisogno in azoto, applicati sulle piante di frumento in campo, hanno generato dei benefici economici, pari a 16 \$/ha per un sistema e a 9 \$/ha per l'altro (Biermacher, et al., 2009). Per quanto riguarda il diserbo chimico, l'adozione del rateo variabile determina un risparmio di 36 €/ha su frumento e 7 €/ha su mais, a fronte di un investimento di 4,36 €/ha in più rispetto al diserbo chimico a dosi indifferenziate (Gerhards & Sökefeld, 2003). Da un'altra ricerca emerge un risparmio simile a quello appena citato per il frumento (32 €/ha), mentre per il mais si parla di una riduzione dei costi pari a ben 42 €/ha (Timmermann, et al., 2003). West & Kovacs hanno rilevato una riduzione del costo dell'irrigazione del mais negli Stati Uniti grazie all'introduzione del rateo variabile. Nello specifico, se la prescrizione dei volumi di acqua di irrigazione avviene mediante sensori di umidità nel suolo, si genera un risparmio di 9,09 \$/pieche acro. Invece, se la mappa di prescrizione viene realizzata con l'ausilio di un drone, il risparmio scende a 7,69 \$/pieche acro. Nonostante ciò, i due ricercatori hanno sottolineato che la sempre maggiore diffusione dei droni consentirà di ridurre il loro costo di utilizzo, andando così ad incrementare il risparmio sopra quantificato (West & Kovacs, 2017). Da un'altra ricerca statunitense, è risultato un aumento del profitto in seguito all'adozione del rateo variabile nell'irrigazione del mais, da un minimo di +8,77 \$/ha ad un massimo di +18,97 \$/ha. Nello stesso studio, è stato calcolato il BEP (Break Even Point) degli investimenti necessari, che è risultato essere pari a circa 9 \$/ha (Lu, et al., 2005). Hedley & Yule, in Nuova Zelanda, hanno quantificato il risparmio idrico potenziale determinato dall'introduzione del rateo variabile nell'irrigazione del mais nel 21,8% per un sito studiato e nel 26,3% per un altro sito (Hedley & Yule, 2009).

#### 4.2.2 *Sostenibilità ambientale della cerealicoltura di precisione*

Riguardo alla sostenibilità ambientale della cerealicoltura di precisione, sono stati esaminati gli articoli scientifici riportati in Tabella 4-2. L'analisi è stata guidata dal seguente quesito di ricerca:

- Quali sono i principali benefici ambientali apportati dall'introduzione dell'agricoltura di precisione?

**Tabella 4-2: Articoli scientifici presi in esame in tema di sostenibilità ambientale**

<b>Autore</b>	<b>Anno</b>	<b>Paese</b>	<b>Coltura</b>	<b>Principali evidenze</b>
Biggar et al.	2013	USA	frumento e mais	Concimazione azotata a rateo variabile riduce apporto di unità di azoto di circa 27 kg/ha, con una resa produttiva quasi equivalente.
Evans et al.	2013	-	mais	Irrigazione a pivot centrale con controllo di zona sito-specifico genera un risparmio di acqua fino al 26%.
Hörbe et al.	2013	Brasile	mais	Semina a rateo variabile ottimizza la quantità di seme da distribuire: -31% in zone a bassa produttività e +13% in zone ad alta produttività.
Bora et al.	2012	USA	-	Combinando barra luminosa e guida automatica si riduce il consumo di carburante del 6,32%.
Dammer & Adamek	2012	-	frumento	Trattamenti a rateo variabile riducono l'uso di insetticidi del 13,4%.
Jensen et al.	2012	Danimarca	cereali	Traffico controllato (CTF) riduce del 3÷5% l'uso di fertilizzanti ed agrofarmaci.
La Rua & Evans	2012	-	mais	Irrigazione a pivot centrale con controllo della velocità aumenta efficienza irrigazione di oltre il 5%. Se si abbina anche il controllo di zona, si aumenta l'efficienza di un'ulteriore 14%.
Bates et al.	2009	Paesi Bassi	-	Concimazione minerale azotata a rateo variabile riduce il tasso di emissione dei gas serra del 5%, a parità di resa produttiva. Tale riduzione aumenta di un ulteriore 5% se si considera anche la fertilizzazione organica.
Sadler et al.	2005	-	mais	Irrigazione a rateo variabile riduce il consumo di acqua dell'8÷20%.
Sehy et al.	2003	-	mais	Concimazione azotata a rateo variabile e con GPS riduce le emissioni di N <sub>2</sub> O fino al 34% (in aree a bassa produttività).

I benefici ambientali apportati dall'agricoltura di precisione derivano principalmente dall'ottimizzazione della gestione degli input colturali (sementi, fertilizzanti, agrofarmaci, acqua di irrigazione e gasolio), che spesso si traduce in una riduzione del loro consumo. Come già anticipato nel Paragrafo 4.2.1, combinando l'uso della barra luminosa e della guida automatica, si genera una riduzione del consumo di carburante pari al 6,32% (Bora, et

al., 2012), con conseguenti benefici ambientali. In Danimarca, uno studio basato sull'introduzione del traffico controllato (CTF, Controlled Traffic Farming) nella coltivazione dei cereali, ha rilevato una riduzione dal 3% al 5% dell'uso di fertilizzanti ed agrofarmaci (Jensen, et al., 2012). Una ricerca condotta in Brasile ha dimostrato che l'adozione del rateo variabile nella semina del mais permette di ottimizzare la quantità di seme distribuita. In particolare, in zone a bassa produttività, la quantità di seme si riduce del 31% (Hörbe, et al., 2013). L'introduzione della concimazione azotata a rateo variabile riduce il tasso di emissione dei gas serra del 5%, senza decrementi di resa produttiva; se si considerasse anche la distribuzione dei fertilizzanti organici, tale diminuzione verrebbe incrementata di un ulteriore 5% (Bates, et al., 2009). A seguito dell'adozione del rateo variabile e del GPS nella concimazione azotata del mais, in aree a bassa produttività, è stata quantificata una riduzione delle emissioni di N<sub>2</sub>O fino al 34% (Sehy, et al., 2003). Uno studio condotto negli Stati Uniti ha evidenziato una riduzione pari a circa 27 kg/ha di unità di azoto su cereali, grazie all'introduzione del rateo variabile in fase di concimazione, il tutto a resa produttiva quasi invariata (Biggar, et al., 2013). Dammer & Adamek affermano che l'uso di insetticidi su frumento si riduce del 13,4% grazie al trattamento a rateo variabile (Dammer & Adamek, 2012). L'irrigazione a rateo variabile del mais riduce il consumo di acqua dell'8÷20% (Sadler, et al., 2005). L'irrigazione a pivot centrale con controllo di zona sito-specifico può generare un risparmio di acqua fino al 26% su mais (Evans, et al., 2013). La Rua & Evans hanno individuato che, su mais, il sistema a pivot centrale con controllo della velocità aumenta l'efficienza dell'irrigazione di oltre il 5%, mentre, se si abbina anche il controllo di zona, si incrementa l'efficienza di un ulteriore 14% (La Rua & Evans, 2012).

# Capitolo 5

## CASO DI STUDIO

### 5.1 Obiettivo della ricerca

L'analisi della letteratura scientifica del Capitolo 4 evidenzia come l'agricoltura di precisione possa rivelarsi uno strumento utile per il raggiungimento della sostenibilità economica ed ambientale. Pertanto, l'obiettivo della seguente ricerca è quello di misurare la sostenibilità economico-ambientale, principalmente espressa in termini di redditività, attraverso l'analisi di una azienda cerealicola della regione Marche. Tale impresa può essere definita "innovativa" in quanto si fonda, ormai da tempo, su un'adozione sempre più intensiva di tecnologie di agricoltura di precisione, in particolare nella coltivazione dei cereali. Effettuando delle visite presso l'azienda e svolgendo diverse interviste e colloqui con gli imprenditori che la gestiscono, è stato possibile raccogliere un'elevata quantità di dati aziendali, di carattere economico ed agronomico. Successivamente, è stata avviata un'analisi esplorativa dei dati. Tale analisi ha permesso di mettere a punto una metodologia di analisi della redditività del caso di studio, che verrà descritta nel Paragrafo 5.2. L'analisi effettuata presso tale azienda rappresenta un singolo caso di studio, dal momento che nella regione Marche non esistono al momento dei casi analoghi. Nonostante esso non sia statisticamente rappresentativo, il singolo caso di studio fornisce comunque un indispensabile contributo al progresso scientifico, fornendo una visione approfondita di una realtà che opera in un settore ancora poco sviluppato e non abbastanza studiato, ossia quello dell'agricoltura di precisione in Italia.

### 5.2 Descrizione della metodologia di analisi utilizzata

L'analisi prende in considerazione la produzione di frumento duro e di mais da granella, entrambe condotte adottando tecnologie di agricoltura di precisione. Per quanto riguarda il frumento duro, verrà preso in esame il periodo 2013÷2019, mentre per il mais lo studio interesserà l'orizzonte temporale 2016÷2019, in quanto prima del 2016 l'azienda non seminava mais da granella. È stato individuato: un periodo "pre-innovazione", dal 2013 al 2017 per il frumento e dal 2016 al 2017 per il mais; un anno "di transizione", ovvero il 2018

per ambedue le colture; un periodo “post-innovazione”, ossia il 2019 per entrambe le colture. Questa suddivisione temporale è stata determinata dal fatto che, nel 2018, l’azienda oggetto di studio ha effettuato consistenti investimenti in agricoltura di precisione, innalzando notevolmente il “livello di precisione” aziendale rispetto a quello che già caratterizzava il periodo antecedente al 2018.

La presente indagine si articola in tre step (Figura 5-1):

1. Dapprima, è stato definito un questionario per la raccolta puntuale dei dati utili alla misurazione delle performance aziendali.
2. Successivamente, l’analisi economica consente di valutare la sostenibilità dell’agricoltura di precisione attraverso:
  - a) Analisi della redditività economica;
  - b) Indicatori economici;
  - c) Break even analysis;
  - d) Analisi di sensitività.
3. Infine, viene investigata la percezione e il livello di utilizzo dell’azienda degli incentivi forniti dalle principali politiche di innovazione, a livello regionale e non solo.

### 1- Raccolta Dati

- Elaborazione di un questionario di indagine

### 2- Analisi economica

- Analisi della redditività economica
- Indicatori economici
- Break even analysis
- Analisi di sensitività

### 3- Analisi delle politiche di innovazione

- Percezione ed utilizzo da parte dell’azienda degli incentivi per acquisto tecnologie di Agricoltura di Precisione

**Figura 5-1: Step di svolgimento dell’indagine (Fonte: elaborazione propria)**

In particolare, nel presente paragrafo viene illustrata la metodologia adottata per analizzare la redditività economica del caso di studio, ovvero il conto economico riclassificato per l’impresa agricola. Il conto economico è lo strumento che consente di

mettere in atto il controllo di gestione, ossia permette di misurare il successo delle operazioni svolte nel periodo amministrativo considerato. Nello specifico, i valori e gli indici ottenuti consentono di valutare l'efficienza e l'efficacia della gestione, ovvero rispettivamente il rapporto tra benefici ottenuti e sacrifici sostenuti e quello tra soddisfazione ottenuta e soddisfazione attesa. Grazie alla tenuta della contabilità generale dell'impresa, si giunge alla determinazione del risultato di esercizio o reddito netto (Torquati, 2015).

Il reddito netto è da intendersi come (Torquati, 2015):

- un valore residuale condizionato dalle scelte passate e dalle prospettive di gestione;
- un valore fortemente influenzato dagli ammortamenti;
- un importo a cui possono concorrere fenomeni straordinari rispetto alla gestione ordinaria, come sopravvenienze attive e/o passive.

Per tutti questi motivi, il reddito netto non sempre rappresenta l'indice maggiormente significativo in termini di controllo di gestione dell'azienda agricola, per cui diventa fondamentale prendere in analisi anche e soprattutto quegli indicatori di redditività ai quali si giunge nelle varie tappe del percorso logico del conto economico. Il conto economico prevede una serie di saldi parziali, ottenuti a partire dai "ricavi totali" mediante progressive sottrazioni delle diverse voci di costo, fino a giungere alla determinazione del "reddito netto" (Tabella 5-1).

***Tabella 5-1: Conto economico riclassificato per l'impresa agricola***

<b>CONTO ECONOMICO RICLASSIFICATO PER L'IMPRESA AGRICOLA</b>
Ricavi Totali (RT)
- Costi Variabili (CV)
Valore Aggiunto (VA)
- Costo del Personale (L)
Margine Operativo Lordo (MOL)
- Deprezzamento del Capitale (QC)
Earnings Before Interests and Taxes (EBIT)
- Selling, General and Administrative Expenses (SG&A)
Reddito Operativo (RO)
- Interessi (QI)
+ Gains – Losses
Earnings Before Taxes (EBT)
- Imposte

I ricavi totali (RT) sono il risultato della somma delle seguenti componenti positive di reddito:

- “Vendite”, ovvero i ricavi derivanti dalla vendita del prodotto principale della coltura (nel nostro caso, la granella), ma anche dell’eventuale prodotto secondario (nel nostro caso, la paglia). Quindi, per ogni prodotto, si va a moltiplicare la quantità totale venduta per il prezzo di vendita unitario.
- “Pagamenti UE (PAC)”, ossia l’importo dei pagamenti diretti PAC ricevuti per la coltura.
- “Altri ricavi”, ovvero qualunque altra voce di ricavo legata alla coltura, ad esempio gli eventuali indennizzi assicurativi ottenuti a seguito di danni da avversità atmosferiche.

I costi variabili (CV) includono tutte le voci di spesa che variano al variare delle quantità prodotte. Vengono esclusi soltanto i costi variabili relativi al lavoro ed alla commercializzazione, i quali saranno conteggiati successivamente (Agliati, 2002). Occupandoci di colture agrarie, per CV intendiamo i costi variabili colturali, ovvero i costi sostenuti per l’acquisto degli input impiegati nel ciclo colturale (semente, fertilizzanti, agrofarmaci, gasolio ed eventuale acqua di irrigazione) ed i costi eventualmente affrontati nella coltivazione per il ricorso a servizi di contoterzismo e per il pagamento di premi assicurativi.

A questo punto, siamo in grado di determinare il primo saldo:

$$\text{Ricavi Totali (RT)} - \text{Costi Variabili (CV)} = \text{Valore Aggiunto (VA)}$$

Il valore aggiunto (VA) è la misura dell’incremento di valore che si ottiene producendo e vendendo beni e servizi, grazie all’impiego di lavoro e capitale, a partire da risorse primarie iniziali. In sintesi, il VA è una misura dell’incremento lordo del valore risultante dall’attività economica di trasformazione delle materie prime iniziali in prodotto finale.

Il costo del personale (L) è dato dalla somma dei costi del lavoro, sia fissi che variabili (Agliati, 2002). Nello specifico, si vanno a sommare il costo totale dei salariati fissi e dei salariati avventizi impiegati nel ciclo colturale.

A questo punto, è possibile determinare il secondo saldo:

$$\text{Valore Aggiunto (VA)} - \text{Costo del Personale (L)} = \text{Margine Operativo Lordo (MOL)}$$

Il margine operativo lordo (MOL) è un indicatore di redditività che evidenzia il reddito di un’azienda basato solo sulla sua gestione operativa, ovvero senza considerare la gestione

finanziaria, la gestione fiscale ed il deprezzamento, e quindi ammortamento, del capitale investito. Il MOL rappresenta un'approssimazione dei flussi di cassa aziendali e quindi dell'autofinanziamento potenziale dell'impresa.

Per deprezzamento del capitale (QC) si intende la quota di capitale all'interno della quota di ammortamento, escludendo quindi la quota di interesse (QI) (Agliati, 2002). In particolare, per ogni macchina agricola e tecnologia impiegata per la coltura di interesse, si stila il relativo piano di ammortamento applicando il procedimento finanziario. Così facendo, è possibile calcolare, per ogni anno analizzato, il totale delle QC aziendali ed il totale delle QI aziendali.

È ora possibile determinare il terzo saldo:

Margine Operativo Lordo (MOL) – Deprezzamento del Capitale (QC) = Earnings Before Interests and Taxes (EBIT)

L'EBIT, detto anche risultato ante oneri finanziari, esprime il risultato aziendale prima che vengano conteggiati gli oneri finanziari e le imposte.

Per costi generali si intendono tutti i costi fissi, in quanto invariati rispetto alle quantità prodotte, strettamente connessi alle attività produttive (escluse le quote di deprezzamento del capitale perché già considerate a parte) (Agliati, 2002). Un esempio di costi generali sono i canoni di abbonamento a software utilizzati per la gestione agronomica ed economica delle attività agricole aziendali. I costi amministrativi sono rappresentati da tutte le spese aziendali non riconducibili ad uno specifico costo di produzione (Agliati, 2002). Alcuni esempi di costi amministrativi sono le bollette e le imposte e tasse (vanno escluse soltanto le imposte sul reddito, le quali saranno considerate successivamente) (Agliati, 2002). Per costi di commercializzazione si intendono tutti i costi relativi alla commercializzazione dei prodotti, sia fissi che variabili (Agliati, 2002). Un esempio di costi di commercializzazione sono le quote di deprezzamento del capitale, nel caso in cui esso venga usato per le attività di commercializzazione. Valutare il costo di commercializzazione è importante ai fini analitici, soprattutto nelle “filiera corte” perché la distribuzione sul mercato del prodotto spesso rappresenta una leva più efficace nel generare reddito rispetto alle attività produttive propriamente dette (Agliati, 2002). La somma totale di costi generali, amministrativi e di commercializzazione viene definita Selling, General and Administrative Expenses (SG&A).

A questo punto, è possibile determinare il quarto saldo:

Earnings Before Interests and Taxes (EBIT) – Selling, General and Administrative Expenses (SG&A) = Reddito Operativo (RO), detto anche Margine Operativo Netto (MON)

Il RO è il risultato della gestione caratteristica dell'impresa, prima della gestione straordinaria e finanziaria. Nella piccola impresa, spesso accade che il RO non sia molto superiore al reddito netto finale poiché in essa generalmente la gestione operativa prevale su quella finanziaria.

Per interessi (QI) si intendono le quote di interesse incluse nelle quote di ammortamento. Va considerato anche un tasso di interesse per calcolare la remunerazione dell'eventuale parte di capitale autofinanziata dall'impresa ("costo opportunità") (Agliati, 2002).

Con la dicitura Gains and Losses si intendono rispettivamente gli eventuali profitti e le eventuali perdite derivanti da attività economiche e/o finanziarie non legate alla struttura produttiva, ovvero non legate al capitale su cui si basa l'impresa (Agliati, 2002). Per cui, nel nostro caso, essendo l'analisi finalizzata a valutare la redditività delle singole colture cerealicole, non verranno presi in esame gli eventuali Gains and Losses.

È ora possibile determinare il quinto saldo:

$$\text{Reddito Operativo (RO)} - \text{Interessi (QI)} + \text{Gains} - \text{Losses} = \text{Earnings Before Taxes (EBT)}$$

L'EBT, anche chiamato risultato ante imposte, è un indicatore economico importante per conoscere la redditività dell'impresa prima dell'applicazione delle imposte sui redditi. Perciò, si rivela particolarmente utile per poter mettere a confronto tra loro delle imprese che operano sotto legislazioni fiscali differenti.

Per imposte si intendono solo quelle sui redditi (in Italia, attualmente, IRES e IRAP) poiché le altre sono state conteggiate in precedenza (Agliati, 2002).

In conclusione, è possibile determinare il sesto ed ultimo saldo:

$$\text{Earnings Before Taxes (EBT)} - \text{Imposte} = \text{Reddito Netto (RN)}, \text{ detto anche Reddito d'Impresa o Profitto d'Impresa o Risultato di Esercizio.}$$

Nella presente ricerca, per la precisione, il Reddito Netto (RN) viene sempre determinato direttamente a partire dall'EBIT, sottraendo a questo gli interessi (QI). Infatti, in una realtà aziendale come quella del nostro caso di studio, dove la cerealicoltura non è l'unica attività agricola svolta, sebbene sia l'indirizzo produttivo prevalente, non è stato possibile quantificare le SG&A e le imposte imputabili alle sole colture cerealicole.

Una volta completata l'analisi di ricavi, costi ed indicatori, ovvero di tutti quei valori determinati mediante il conto economico fin qui descritto, la ricerca prosegue con una break even analysis. Quest'ultima fornisce una visione economica generale del processo di gestione delle variabili aziendali che interagiscono con il mercato. Essa consiste in un metodo che consente di conoscere come modificare i livelli di output (ossia, delle quantità

prodotte o vendute e quindi, nel nostro caso, della resa produttiva) o di prezzo di vendita o di costi di produzione, per raggiungere il punto di pareggio (break even point, BEP) tra costi e ricavi (il quale coincide con un reddito netto uguale a zero). In questo modo, diventa possibile comprendere come le variabili considerate impattano sui risultati economici aziendali, ovvero vengono identificati i loro effetti in termini di reddito, così da poterne derivare delle indicazioni gestionali coerenti con i propri obiettivi (Fratocchi & Moretti, 2000). Nello specifico, sia per il frumento duro (2013÷2019) che per il mais da granella (2016÷2019), verrà calcolato, anno per anno, il BEP resa produttiva e il BEP prezzo di vendita. Perciò, verrà impostata l'equazione economica generale dell'azienda, in modo da imporre la condizione di uguaglianza tra costi e ricavi:

$$\text{Costi Totali} = \text{Ricavi Totali}$$

ovvero

$$\text{Costi Fissi} + \text{Costi Variabili} * \text{Resa} = \text{Prezzo} * \text{Resa}$$

dove:

- i “Costi Fissi” rappresentano la somma di tutte le voci di costi fissi sostenute in quell'anno per la produzione della coltura in esame. Vengono espressi in euro per ettaro coltivato (€/ha);
- i “Costi Variabili” rappresentano la somma di tutte le voci di costi variabili sostenute in quell'anno per la produzione della coltura in esame. Vengono espressi in euro per tonnellata di prodotto (granella) (€/t);
- la “Resa” rappresenta la resa produttiva della coltura in esame, espressa in tonnellate di prodotto (granella) per ettaro coltivato (t/ha);
- il “Prezzo” rappresenta il prezzo di vendita del prodotto (granella), espresso in euro per tonnellata di prodotto venduto (€/t).

A questo punto, per determinare il BEP resa produttiva, si risolverà l'equazione con incognita “Resa”, sostituendo le variabili “Costi Fissi”, “Costi Variabili” e “Prezzo” con il loro valore effettivo (verificatosi in quell'anno per la coltura). Quindi, confrontando, per il periodo analizzato, il trend assunto dal BEP con quello della resa produttiva media effettiva, sarà possibile valutare il contributo che la resa produttiva ha apportato al successo economico dell'impresa. Infatti, per ogni anno, quanto più la resa effettiva sarà superiore rispetto al BEP resa, tanto più l'azienda sarà stata efficiente dal punto di vista delle quantità prodotte. Per cui, sarà possibile stabilire se la convenienza nel puntare ad un incremento delle rese al fine di aumentare la redditività aziendale. Infine, per calcolare il BEP prezzo di vendita, ossia per dare un giudizio sull'importanza del prezzo di vendita ai fini del successo

economico dell'impresa, si partirà dal risolvere la suddetta equazione in funzione dell'incognita "Prezzo", proseguendo poi con modalità identiche a quelle appena descritte per il BEP resa produttiva.

La ricerca si conclude con un'analisi di sensitività condotta sui risultati del conto economico del periodo "post-innovazione" (ovvero, del 2019), sia per il frumento duro che per il mais, al fine di valutare l'efficacia economica e finanziaria degli investimenti innovativi effettuati nel 2018. L'analisi di sensitività, in generale, consente di prendere in considerazione una serie di alternative, intese come scelte imprenditoriali, con la finalità di individuare quali di esse possano permettere di raggiungere gli obiettivi economici prefissati (Fratocchi & Moretti, 2000). Nella nostra ricerca, l'obiettivo economico sarà quello di giungere ad un reddito netto (RN) del periodo "post-innovazione" (ovvero, il RN del 2019) che sia maggiore o uguale al RN del periodo "pre-innovazione" (ossia, il RN medio 2013÷2017 per il frumento duro e il RN medio 2016÷2017 per il mais). Quindi, verranno esaminate le scelte imprenditoriali atte a conseguire tale obiettivo. In pratica, nel conto economico del 2019, *ceteris paribus*, verranno fatti variare singolarmente i seguenti parametri, fino a quando non si giungerà al valore desiderato di RN 2019:

- "produttività della terra", ovvero la resa produttiva media (t/ha);
- "prezzo di vendita" (€/t);
- "costo dell'unità di prodotto", inteso come i costi variabili (CV) sostenuti per ottenere un'unità di prodotto (€/t);
- "scala di produzione", ossia la superficie destinata alla coltura in esame (ha).

In termini matematici, si può ricondurre il tutto alla risoluzione della seguente disequazione, ponendo come incognita il parametro da modificare:

$$\text{Reddito Netto "post-innovazione"} \geq \text{Reddito Netto "pre-innovazione"}$$

ovvero

$$\text{Ricavi Totali 2019} - \text{Costi Totali 2019} \geq \text{Reddito Netto "pre-innovazione"}$$

ovvero

$$(P * PT - CF - CU * PT) * SP \geq RN * SP$$

dove:

- "P" è il prezzo di vendita 2019 (€/t);
- "PT" è la produttività della terra 2019 (t/ha);
- "CF" sono i costi fissi 2019 (€/ha);
- "CU" è il costo dell'unità di prodotto 2019 (€/t);
- "SP" è la scala di produzione 2019 (ha);

- “RN” è il reddito netto “pre-innovazione” (€/ha).

I risultati dell’analisi di sensitività consentiranno di esaminare gli effetti delle innovazioni introdotte sulla redditività del periodo “post-innovazione” e, soprattutto, indicheranno chiaramente su quali leve si potrà realisticamente agire per eventualmente migliorare tale redditività. Infatti, in caso di un periodo “post-innovazione” caratterizzato da una redditività inferiore a quella del periodo “pre-innovazione”, l’analisi di sensitività rivelerà, *ceteris paribus*, di quanto si dovrebbe incrementare la resa produttiva o il prezzo di vendita o la superficie coltivata oppure di quanto andrebbero diminuiti i costi variabili di produzione, al fine di condurre il RN fino ad almeno pareggiare la redditività target.

### 5.2.1 Descrizione del questionario di indagine

Al fine di raccogliere le informazioni necessarie a sviluppare l’analisi della sostenibilità economico-ambientale (in particolare della redditività) del caso di studio, è stato predisposto un questionario di indagine (visionabile in appendice al presente lavoro di tesi) che è stato sottoposto, sottoforma di intervista, ai titolari dell’impresa. Si tratta di un questionario qualitativo, ovvero volto non solo a raccogliere i necessari dati economici ed agronomici, ma anche ad indagare approfonditamente in merito agli aspetti strutturali, organizzativi e manageriali dell’impresa.

Il questionario prevede un totale di trenta domande, ripartite su quattro sezioni distinte:

- A) “Informazioni generali sull’azienda” – questa sezione ha permesso di raccogliere quelle informazioni che delineassero la struttura aziendale e la sua organizzazione. Nello specifico, essa contiene complessivamente tredici quesiti, i quali riguardano soprattutto: la figura dei titolari dell’azienda, la forma giuridica dell’azienda, il suo orientamento tecnico-economico, il suo carattere innovativo, la forma di conduzione e quindi l’organizzazione del lavoro e, infine, i terreni coltivati.
- B) “Analisi economica dell’agricoltura di precisione” – questa sezione ha consentito di raccogliere le informazioni e i dati riguardanti la sfera economica dell’azienda, necessari ad analizzare la redditività sia del frumento duro che del mais. La sezione si compone di sette quesiti in totale, ognuno dei quali consiste in una tabella. Nonostante ciò, grazie alla metodologia dell’intervista, per ogni dato raccolto, è stato possibile carpire dagli imprenditori una serie di informazioni correlate. Prima di tutto, l’indagine è stata incentrata sugli investimenti in capitale effettuati nel tempo dall’azienda (sia in tecnologie di AP che non) per la coltivazione dei cereali. Poi, si è proseguito con la rilevazione, prima dei costi di produzione e, poi, dei ricavi relativi

al frumento duro. Dopodiché, si è fatto lo stesso per i costi ed i ricavi per la produzione del mais da granella.

- C) “Impatto ambientale dell’agricoltura di precisione” – questa sezione è stata predisposta per la raccolta di informazioni inerenti alla sostenibilità ambientale delle attività agricole aziendali, con un particolare focus sui possibili effetti dell’agricoltura di precisione. La sezione consiste complessivamente in quattro quesiti. I primi due sono strutturati sottoforma di domande aperte e domande a risposta multipla, mentre gli ultimi due sono costituiti da tabelle finalizzate a raccogliere i dati relativi ai consumi di input colturali (semente, fertilizzanti, agrofarmaci, gasolio ed acqua di irrigazione), prima del frumento duro e poi del mais.
- D) “Politiche di innovazione per l’agricoltura di precisione” – questa sezione indaga il ruolo delle politiche nel settore dell’agricoltura di precisione. La sezione è articolata in sei quesiti in totale:
- il quesito 25 (“Finanziamento degli investimenti in tecnologie di AP realizzati dall’azienda”) ha permesso di esaminare il grado di conoscenza degli imprenditori relativamente alle politiche per l’innovazione in agricoltura e ha consentito di raccogliere informazioni in merito all’adesione dell’impresa a tali politiche, sia nel passato che nel presente, al fine di finanziare gli investimenti in tecnologie di AP;
  - il quesito 26 (“Futuri investimenti in tecnologie di AP in azienda”) ha permesso di indagare in merito all’intenzione degli imprenditori di effettuare nuovi investimenti innovativi da qui a cinque anni, chiedendo anche se ci fosse già la volontà di tentare l’adesione a delle politiche che potessero finanziare tali investimenti;
  - grazie ai quesiti 27 e 28 (rispettivamente “Azienda che non si avvale di piattaforme cloud” e “Azienda che si avvale di piattaforme cloud”), è stato possibile individuare il ruolo delle piattaforme digitali per il supporto decisionale eventualmente utilizzate in azienda, analizzando i loro punti di forza e di debolezza e traendo, quindi, dei suggerimenti per sviluppi futuri in tale ambito;
  - il quesito 29 (“Suggerimenti per strategie future in AP”) ha permesso di raccogliere i suggerimenti dei titolari al fine di migliorare le strategie promosse dalle istituzioni per favorire la diffusione delle tecnologie di AP nelle aziende agricole;

- il quesito 30 (“Adattamento dell’azienda all’AP”) ha consentito di indagare la difficoltà di passare dall’utilizzo di tecniche tradizionali all’uso di tecniche innovative, individuando precisamente quali difficoltà hanno incontrato gli imprenditori nella suddetta “transizione” e focalizzando l’attenzione anche sulle strategie adottate per ovviare a tali problematiche.

### 5.3 Descrizione del caso di studio

In questo paragrafo, grazie ad informazioni raccolte non solo mediante la Sezione A del questionario di indagine, ma anche tramite le restanti tre sezioni, viene descritto il caso di studio, costituito dall’azienda agricola “Agricolt Brandoni S.n.c.”, ubicata in Contrada Addolorata, 35 – 62019 Recanati (MC). L’azienda è stata fondata nel 1984 dai fratelli Brandoni (Tommaso e Graziano), entrambi periti agrari, con lo scopo principale di razionalizzare le attività agricole esercitate sui terreni di famiglia. Più recentemente, anche Alessandro Brandoni (geometra, figlio di Tommaso) è divenuto socio, e successivamente anche amministratore, dell’impresa. L’azienda ha attualmente un’estensione di circa 400 ettari complessivi, i quali ricadono in parte nel comune di Recanati (MC) ed in parte in quello di Castelfidardo (AN). L’orientamento tecnico-economico prevalente dell’azienda è da sempre quello cerealicolo. Ad ogni modo, sin dall’avvio dell’impresa, i titolari hanno cercato di diversificare il più possibile le loro attività agricole, in particolare per garantirsi delle consistenti integrazioni al limitato reddito derivante dalla produzione di commodities. Nello specifico, al momento vengono coltivate anche leguminose, destinate all’industria di trasformazione, ed erba medica, destinata all’industria della disidratazione. Inoltre, nel 2008 è stata realizzata una serra in cui l’azienda ha avviato un’attività vivaistica specializzata nella produzione di piante in vaso di actinidia a polpa gialla e a polpa rossa. Dei suddetti 400 ettari, circa 180 ettari sono di proprietà dei Brandoni e circa 220 ettari sono presi in affitto. Negli anni Settanta, i fratelli Brandoni hanno ereditato dal padre circa 35 ettari di proprietà, dopodiché hanno perseguito una strategia di incremento delle dimensioni aziendali fino al raggiungimento di quelle attuali, le quali sono piuttosto stabili ormai da diversi anni. Circa tre quarti della superficie totale consiste in terreni pianeggianti mentre il resto si localizza su collina dolce. Tutti i terreni di pianura e circa 50 ettari di quelli collinari sono irrigui. La ripartizione colturale dei circa 400 ettari prevede generalmente: oltre 200 ettari, in pianura, di colture cerealicole (soprattutto frumento duro, a seguire mais da granella e, in piccola quota, anche sorgo da granella); 70÷90 ettari pianeggianti di leguminose da industria (ovvero la superficie di pianura non destinata a cereali); circa 100 ettari collinari di erba medica

(destinata all'industria della disidratazione). La rotazione colturale della porzione collinare prevede anche, in avvicendamento con l'erba medica, frumento duro e sorgo. L'intera superficie aziendale è condotta in regime di produzione integrata. L'azienda può essere definita "innovativa" in quanto si fonda, ormai da tempo, su un'adozione sempre più intensiva di tecnologie di agricoltura di precisione. Infatti, i titolari hanno iniziato ad investire in tecnologie di AP sin dal 2003, spinti dalla volontà di ottimizzare la gestione dei processi di produzione agricola, leva fondamentale per incrementare la redditività nel settore agricolo, e dalla convinzione che il futuro dell'agricoltura non potesse prescindere dall'innovazione, ovvero dall'adozione delle migliori tecnologie disponibili. Per la gestione delle colture estensive, l'azienda si avvale di due salariati fissi, ai quali, nel periodo corrispondente alla stagione irrigua del mais, si aggiungono due salariati avventizi, in modo da far fronte all'incremento del fabbisogno di manodopera che si viene a creare. I titolari si occupano prettamente della sfera manageriale, sia sotto l'aspetto economico che agronomico, e dedicano molto tempo all'organizzazione di cicli di attività formative volte ad istruire adeguatamente i propri dipendenti sulle tecnologie di AP che vengono progressivamente introdotte in azienda. Nel 2018, come già anticipato nel Paragrafo 5.2, è stato attuato un processo di "trasformazione tecnologica", il quale ha innalzato notevolmente il "livello di precisione" aziendale. Questa spinta innovativa è stata innescata dalla decisione di mappare tutti gli appezzamenti coltivati, per cui si è venuta a creare la necessità di adeguare il parco macchine ai protocolli più moderni (in particolare, al protocollo ISOBUS) e all'introduzione del drone. Il parco macchine aziendale attualmente a disposizione è descritto nella Tabella 5-2 ed anche in Figura 5-2, Figura 5-3, Figura 5-4 e Figura 5-5.

**Tabella 5-2: Parco macchine aziendale attualmente a disposizione**

<b>Macchina/Tecnologia</b>	<b>Anno acquisto</b>	<b>Valore a nuovo (€)</b>	<b>Vita utile (anni)</b>	<b>AP o non AP</b>	<b>Frumento (F) e/o Mais (M)</b>
<i>Trattrice AGCO Challenger 765C (ISOBUS con guida satellitare)</i>	2011	200.000	15	AP	F e M
<i>Trattrice AGCO Fendt 211 (ISOBUS con guida satellitare)</i>	2015	63.000	15	AP	Macchine escluse dal calcolo degli ammortamenti in quanto eccedenti rispetto all'effettivo fabbisogno per la cerealicoltura.
<i>Trattrice John Deere 6155R (ISOBUS con guida satellitare)</i>	2018	107.000	15	AP	
<i>Irroratrice semovente</i>	2018	200.000	15	AP	F e M

<i>Mazzotti MAF 5400 (con guida satellitare)</i>					
<i>Seminatrice sodo John Deere 752 (ISOBUS)</i>	2018	67.000	15	AP	F
<i>Seminatrice precisione Monosem (ISOBUS)</i>	2018	37.000	15	AP	M
<i>Spandiconcime Sulky (ISOBUS)</i>	2018	24.000	15	AP	F
<i>Drone Parrot</i>	2018	5.000	10	AP	F e M
<i>Sistemi controllo satellitare e rateo variabile ISOBUS con terminali a bordo macchina – Trimble AG</i>	2019	40.000	10	AP	F e M
<i>Gruppi filtraggio per irrigazione a goccia</i>	2015	35.000	20	non AP	M
<i>Preparatore Lemken Kompaktor</i>	2018	43.000	15	non AP	F e M

---



*Figura 5-2: Seminatrice da sodo ISOBUS*



*Figura 5-3: Seminatrice di precisione ISOBUS*

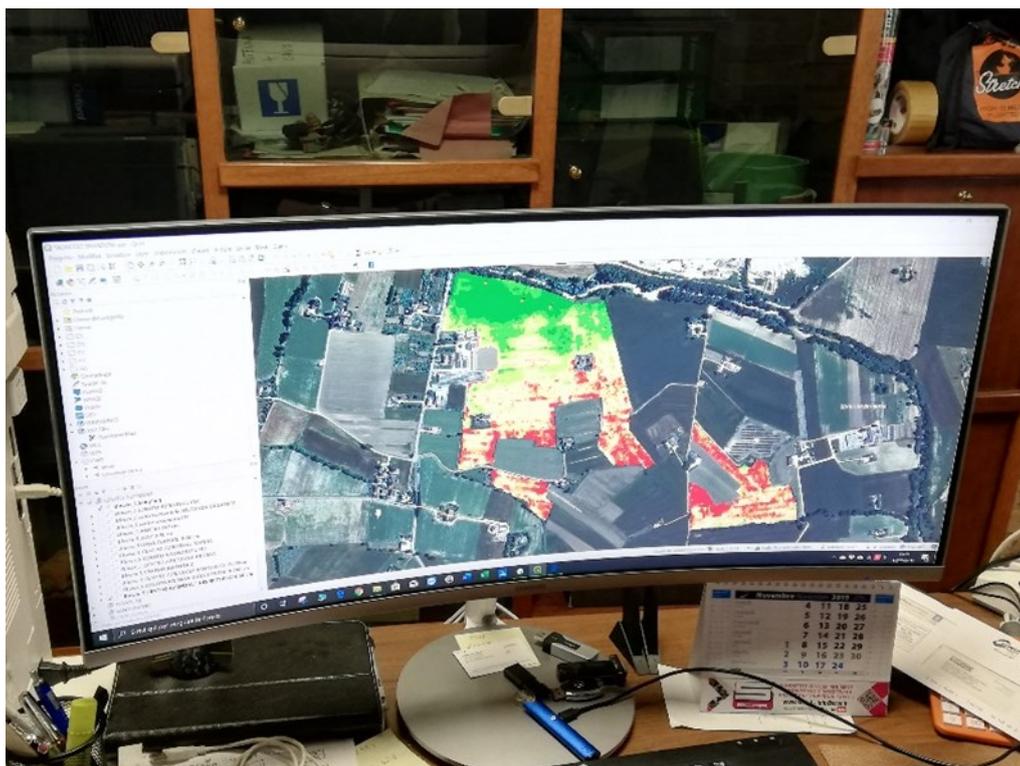


*Figura 5-4: Spandiconcime centrifugo ISOBUS*



*Figura 5-5: Drone Parrot*

Gli investimenti in macchine agricole dotate di tecnologie di AP effettuati nel 2018, sono stati finanziati, per il 40% dell'importo totale, mediante l'adesione alla Misura 4.1 ("sostegno a investimenti nelle aziende agricole") del PSR Marche 2014÷2020. Prima di tutto, i terreni sono stati sottoposti all'indagine ARP (Automatic Resistivity Profiling), la quale ha rilevato in continuo la resistività elettrica apparente del suolo, georeferenziando i dati raccolti. La resistività elettrica apparente è stata rilevata per i primi 2 metri di profondità del suolo e la sua grande utilità sta nel fatto che è correlata a diversi parametri pedologici, tra i quali spicca la tessitura. Di conseguenza, è stato possibile mappare tutti i terreni aziendali, suddividendoli in zone omogenee per tessitura. Inoltre, l'individuazione di tali aree omogenee ha permesso di eseguire analisi del terreno puntuali, campionando nel miglior modo possibile, per cui l'azienda ormai ha a disposizione anche una mappatura dei propri appezzamenti basata sui seguenti parametri pedologici: sostanza organica, capacità idrica di campo, pH e capacità di scambio cationico. Basandosi su questa mappatura, i titolari sono in grado di realizzare la mappa di prescrizione sia per l'eventuale fertilizzazione di fondo che per la semina a rateo variabile. Dopodiché, grazie all'analisi delle immagini scattate dal drone in volo, vengono realizzate anche le mappe di prescrizione per la fertilizzazione di copertura a rateo variabile e per i trattamenti fitosanitari a rateo variabile, cioè differenziando le dosi di fertilizzanti e di agrofarmaci in funzione dello "stato di salute" della vegetazione (sulla base dell'indice NDVI). Infine, le macchine agricole a disposizione restituiscono una mappa di applicazione, la quale permette di prendere visione dei risultati effettivi dell'operazione colturale eseguita e, così, apportare eventuali "correzioni" ai parametri impostati per il funzionamento della macchina stessa. Per quanto concerne le colture cerealicole, la raccolta è l'unica operazione per cui l'azienda si avvale di contoterzismo e i titolari si affidano ad un contoterzista che è in grado di fornire le mappe di produzione. Queste sono fondamentali per verificare la corretta pianificazione dell'intera gestione colturale, mentre non sono sfruttate come elemento di partenza per la realizzazione delle mappe di prescrizione, in quanto le mappe di produzione potrebbero fornire indicazioni non affidabili per il ciclo colturale seguente. Inoltre, per una "precisione" ancora maggiore, il drone viene sfruttato non solo per la realizzazione delle mappe di prescrizione, ma viene fatto volare con costanza, in modo da monitorare graficamente l'evoluzione storica del singolo appezzamento. La Figura 5-6 mostra un esempio di mappatura dei terreni aziendali.



**Figura 5-6: Esempio di mappatura dei terreni aziendali**

Da sempre, l'azienda punta a produzioni di qualità e, da un paio di anni, riesce a farlo con ancora più attenzione. Infatti, nel 2018 è stato realizzato un sistema di stoccaggio aziendale per le granelle di cereali, con annesso impianto di essiccazione. Nello specifico, l'essiccazione mediante aria calda (con scambiatore di calore) e lo stoccaggio in silobag (in atmosfera modificata) permettono di vendere granelle di elevata qualità, sia sotto il punto di vista commerciale che fitosanitario. Inoltre, a questi investimenti in capitale, l'azienda ha affiancato anche un proprio sistema di tracciabilità delle produzioni, ovvero ad ogni documento di trasporto di un lotto di granella venduto, viene associato un codice QR, tramite il quale, grazie ai sistemi di georeferenziazione, è possibile prendere visione di tutta la "storia" del prodotto (dalla sua semina alla sua vendita) direttamente sul sito web di "Agricolt Brandoni". Vengono così resi noti anche i risultati dell'analisi multiresiduale della granella, la quale, nella stragrande maggioranza dei casi, viene "autocertificata" a "residuo zero" in quanto i residui di tutti i principi attivi presenti in commercio risultano essere assenti o comunque ampiamente al di sotto dei limiti di legge. Una procedura identica viene adottata anche per il contenuto in micotossine.

## 5.4 Risultati e discussioni

In questo paragrafo, viene affrontata l'analisi della sostenibilità economico-ambientale del caso di studio. Nello specifico, nel Paragrafo 5.4.1 si analizza la redditività del frumento duro. A seguire, nel Paragrafo 5.4.2 viene analizzata la redditività del mais. Quindi, nel Paragrafo 5.4.3 viene realizzata un'analisi comparativa tra i risultati ottenuti per il frumento duro e quelli ottenuti per il mais. Infine, il Paragrafo 5.4.4 riguarda la discussione dei risultati derivanti dalla Sezione D del questionario di indagine (“Politiche di innovazione per l'agricoltura di precisione”).

### 5.4.1 *Analisi della redditività del frumento duro*

Nel presente paragrafo, prima di tutto, si prendono in analisi i dati aziendali relativi al frumento duro, raccolti mediante la Sezione A e la Sezione B del questionario di indagine. Dopodiché, grazie ai dati raccolti con la Sezione B e la Sezione C del questionario, si analizzano prima i costi e i ricavi, e poi gli indicatori economici, risultanti dal conto economico del frumento duro. Infine, i risultati del conto economico vengono valutati tramite una break even analysis e un'analisi di sensitività, come descritto nel Paragrafo 5.2.

#### 5.4.1.1 Dati aziendali sul frumento duro

L'azienda, ogni anno, coltiva mediamente 80÷90 ettari di frumento duro e ottiene una resa produttiva che, in media, si attesta sulle 5,5 t/ha di granella. Dal 1993, l'azienda pratica l'agricoltura conservativa e la semina del frumento duro viene eseguita con la seminatrice da sodo, alla quale, però, spesso viene fatta precedere una grossolana erpicatura, al fine di agevolare l'avanzamento della suddetta seminatrice su terreni pesanti come quelli marchigiani. Da più di trent'anni, non vengono effettuate concimazioni di fondo. Comunque, da quando i terreni aziendali sono stati mappati, si è iniziato, in maniera mirata, a compensare alcune piccole carenze di sostanza organica del suolo, evidenziate proprio dall'indagine ARP. Quindi, gli apporti di elementi nutritivi vanno unicamente ricondotti a circa 120 unità di azoto per ettaro, che vengono tutte fornite mediante fertilizzazione di copertura, frazionando il totale in due interventi; il primo apporto è a dosi indifferenziate e viene eseguito in forma liquida con l'irroratrice semovente, mentre il secondo apporto viene effettuato con un concime granulare distribuito a rateo variabile con lo spandiconcime centrifugo. Per quanto riguarda la distribuzione degli agrofarmaci, il primo intervento consiste in un diserbo totale in presemina, dopodiché viene eseguito un intervento di diserbo in post-emergenza ed un trattamento fungicida in spigatura. La tecnica colturale si conclude

con la raccolta che, come anticipato nel Paragrafo 5.3, è l'unica operazione colturale che viene affidata ad un contoterzista.

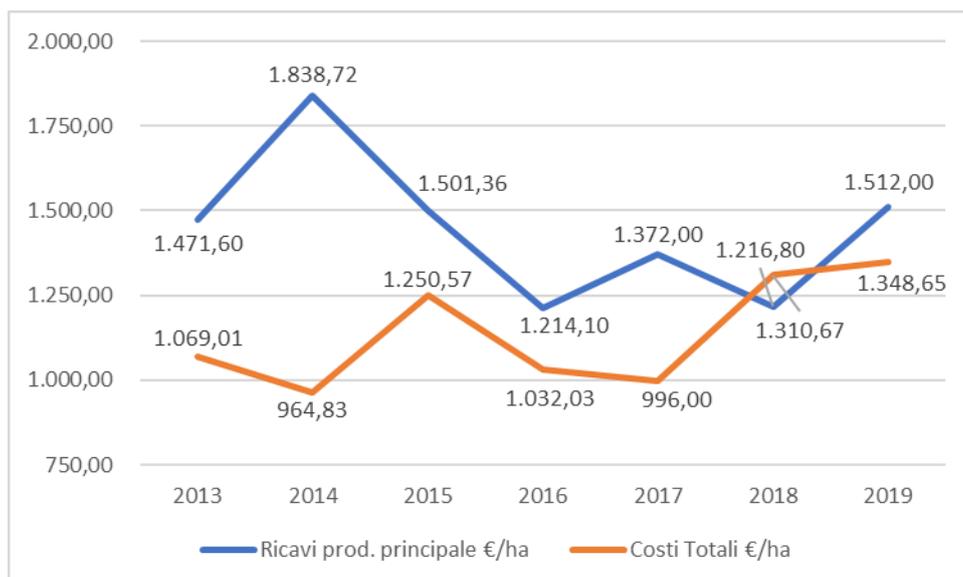
In Tabella 5-3 sono riportati i dati relativi a superfici e rese produttive medie verificatesi per il frumento duro nel periodo 2013÷2019. In termini di superfici coltivate, si evidenzia un trend evolutivo decrescente, con un massimo di 116 ettari nel 2014, fino ai 77 ettari del 2019. La superficie seminata annualmente a frumento duro, però, non è influenzata dal “livello di precisione” aziendale e neanche dal suo innalzamento nel tempo, ma varia in funzione delle dinamiche di rotazione colturale ed in funzione della domanda di prodotto. Infatti, tutta la granella prodotta viene conferita (ad un prezzo di vendita stabilito per contratto) ad una ditta sementiera, proprio per essere destinata, dopo le opportune lavorazioni, a semente (le varietà coltivate sono elencate nella Tabella 5-3). La resa produttiva media è leggermente altalenante negli anni, in parte a seconda delle varietà seminate, ma soprattutto in base all'andamento meteorologico stagionale. A tal proposito, va segnalato che il minimo storico di produzione per ettaro, rilevato nel 2015, è da imputare prevalentemente a danni da grandine. La resa media del 2019 è in linea con la media storica (5,6 t/ha contro 5,5 t/ha), per cui si deduce che l'evoluzione tecnologica attuata nel 2018 non ha avuto effetti diretti sulle quantità prodotte ma va sottolineato che, al contrario, i parametri qualitativi della granella prodotta sono sensibilmente migliorati, sia dal punto di vista commerciale (sono incrementati i valori di peso ettolitrico e di tenore proteico) che fitosanitario (è stata riscontrata una minore incidenza di attacchi da parte di agenti fitopatogeni). Anche l'evoluzione nella gestione del post-raccolta avviata nel 2018, come anticipato nel Paragrafo 5.3, ha contribuito ai miglioramenti qualitativi appena descritti.

**Tabella 5-3: FRUMENTO DURO - Superfici (ha) e Rese medie (t/ha)**

<b>Anno</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<i>Superficie (ha)</i>	96,50	116,00	50,00	94,00	90,00	88,00	77,00
<i>Varietà seminate</i>	Achille, Spartaco, Rusticano, San Carlo	Achille, Spartaco, Minosse, San Carlo	Achille, San Carlo	Achille, Duromax, San Carlo, Ettore	Achille, Ettore, Adone	Achille, Adone, Minosse	Achille, San Carlo, Ettore
<i>Resa media (t/ha)</i>	5,20	6,40	4,90	5,70	5,60	5,20	5,60

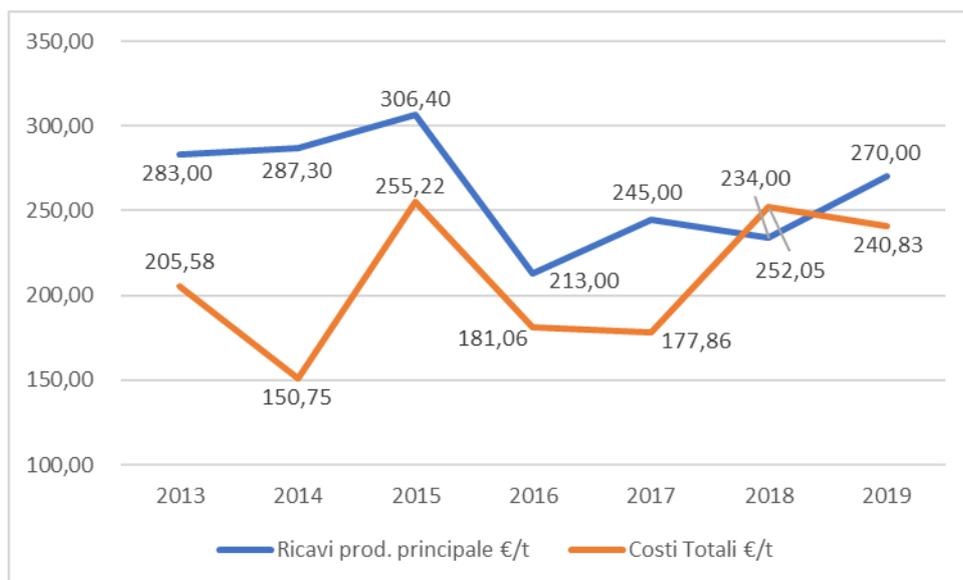
#### 5.4.1.2 Costi e Ricavi del frumento duro

La Figura 5-7 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, dei ricavi derivanti dalla vendita della granella di frumento duro (esclusi i contributi PAC e gli eventuali indennizzi assicurativi) e dei costi totali sostenuti per la produzione di tale coltura, entrambi espressi in euro per ettaro di frumento duro coltivato. L'ammontare dei ricavi varia principalmente in funzione del prezzo di vendita della granella, tutta destinata alla produzione di semente, in quanto la resa produttiva media si mantiene piuttosto costante nel tempo (l'andamento della resa produttiva media è stato descritto nel Paragrafo 5.4.1.1). Dalla Figura 5-7 si evince che il trend evolutivo dei ricavi è decrescente, mentre i costi totali di produzione hanno un trend evolutivo in ascesa; emerge chiaramente che nel 2018 la curva dei costi totali supera quella dei ricavi e che nel 2019, nonostante che la differenza tra ricavi e costi totali sia positiva, l'importo dei costi totali raggiunge il suo massimo, a fronte di un innalzamento dei ricavi. Tale incremento dei costi totali a partire dal 2018 va imputato alla "trasformazione tecnologica" attuata dall'azienda proprio nel 2018. Infatti, nel 2018 l'azienda ha realizzato numerosi investimenti in tecnologie di agricoltura di precisione, innalzando notevolmente il suo "livello di precisione" rispetto a quello che caratterizzava il periodo 2013÷2017. Quindi, il 2018 va considerato anno "di transizione" dal periodo "pre-innovazione" 2013÷2017 al periodo "post-innovazione" che inizia dal 2019, ovvero dal momento in cui tutti i nuovi investimenti in capitale sono entrati pienamente in funzione. Inoltre, è fondamentale sottolineare come alla trasformazione tecnologica non corrisponda un ritorno immediato in termini di ricavi e quindi di redditività, considerando l'incremento dei costi totali. Viceversa, l'andamento negativo dei ricavi a partire dal 2014, come già detto in precedenza, è imputabile non tanto alle rese produttive, quanto ai prezzi di vendita della semente di frumento duro, i quali registrano una forte volatilità come per gran parte delle commodities agricole. In particolare, dal 2014 (preso come anno di riferimento per il periodo "pre-innovazione") al 2019, i ricavi fanno registrare una variazione negativa di circa il 18%, mentre per i costi totali si verifica una variazione positiva di circa il 40% (come già detto, va sottolineato che tale incremento dei costi totali va imputato all'ammortamento degli investimenti in capitale effettuati nel 2018). Ad ogni modo, nel 2019 si può osservare una crescita dei ricavi rispetto al 2018, da imputare proprio ad un maggiore prezzo di vendita della semente. Il trend che i ricavi, e quindi il reddito netto, assumeranno negli anni a venire permetterà di quantificare l'effetto dell'evoluzione tecnologica attuata sull'incremento della redditività aziendale.



**Figura 5-7: FRUMENTO DURO - Ricavi prodotto principale (€/ha) e Costi Totali (€/ha)**

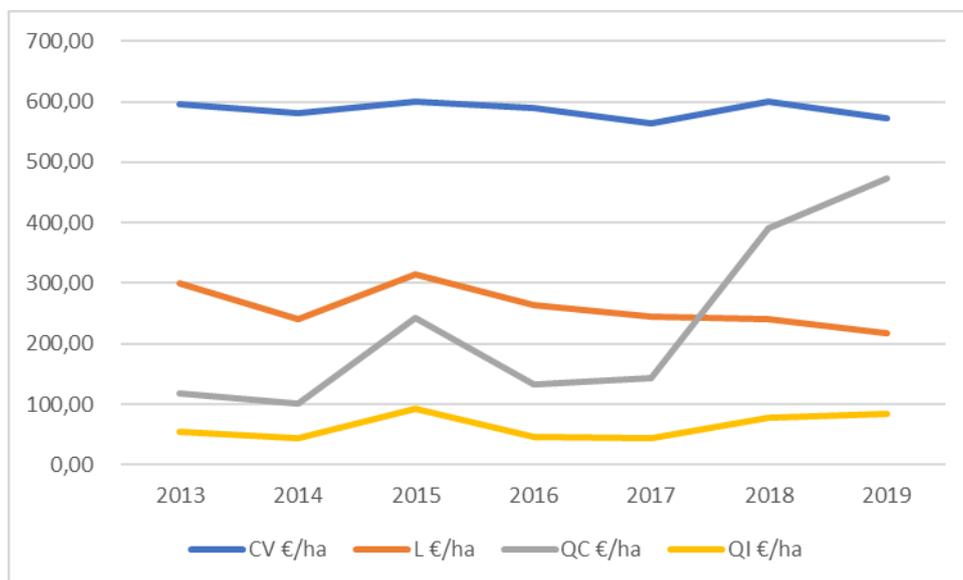
La Figura 5-8 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, dei ricavi derivanti dalla vendita della granella (semente) di frumento duro (esclusi i contributi PAC e gli eventuali indennizzi assicurativi) e dei costi totali sostenuti per la produzione tale coltura, entrambi espressi in euro per tonnellata di granella di frumento duro venduta. In questo caso, i ricavi, essendo espressi in €/t, corrispondono esattamente al prezzo di vendita della granella e testimoniano l'andamento altalenante tipico della volatilità di mercato sopracitata. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-7, in quanto la buona costanza della resa produttiva media rende l'andamento dei ricavi e dei costi totali espressi in €/t molto simile a quello ottenuto con valori espressi in €/ha. Nonostante ciò, va evidenziato che gli imprenditori si attendono un andamento crescente del prezzo di vendita negli anni a venire, come diretta conseguenza dei miglioramenti qualitativi riscontrati sulle granelle a seguito della trasformazione tecnologica (come descritto nel Paragrafo 5.4.1.1). Infatti, si presume che il trend decrescente dei ricavi verrà invertito proprio facendo leva sull'aumento del prezzo di vendita, anche perché, come già detto nel Paragrafo 5.4.1.1, l'innovazione non incide in maniera significativa sulla resa produttiva media.



**Figura 5-8: FRUMENTO DURO - Ricavi prodotto principale (€/t) e Costi Totali (€/t)**

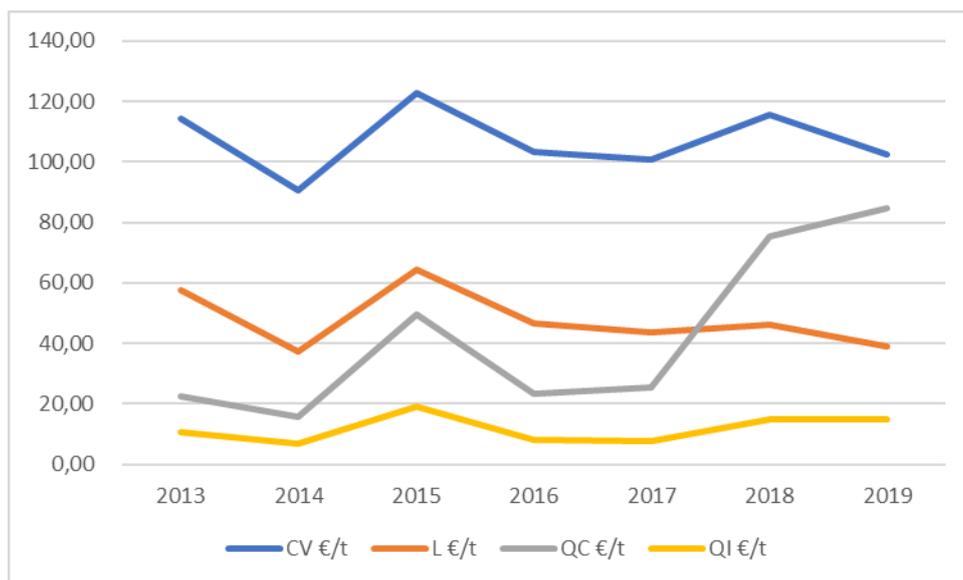
La Figura 5-9 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, delle singole categorie di costo che concorrono alla definizione dei costi totali, tutte espresse in euro per ettaro di frumento duro coltivato. I costi variabili (CV) mostrano una lieve flessione nel tempo, tantoché dal 2014 al 2019 fanno registrare una variazione negativa di poco superiore all'1%; comunque rappresentano la principale voce di costo per tutto il periodo oggetto di analisi. Il costo del personale (L) tende, in maniera evidente, a decrescere nel tempo. Infatti, l'evoluzione tecnologica portata avanti dall'impresa consegue anche nell'efficientamento delle risorse umane coinvolte nel processo produttivo. Nello specifico, nel 2019 si registra un costo del lavoro (L) sceso di oltre il 9% rispetto al 2014. Il deprezzamento del capitale (QC) tende a crescere negli anni ed è evidente come la curva incrementi fortemente la sua pendenza nel passaggio dal 2017 al 2018. Infatti, come già anticipato, il 2018 è l'anno "di transizione", nel quale i cospicui investimenti in capitale conseguono in un consistente aumento dell'importo delle quote di ammortamento e, in particolare, delle quote di capitale (QC) che ne fanno parte. Nel 2019, si rileva un importo totale del deprezzamento del capitale (QC) più che triplicato rispetto al 2014, anzi quasi quadruplicato. Gli interessi (QI), ovvero le quote di interesse incluse nelle quote di ammortamento, restano sempre l'ultima categoria per importanza tra i costi, nonostante quasi raddoppino nel 2019 rispetto al 2014. Nel 2015, si registra una crescita dell'importo di ogni categoria di costo, seppur con intensità differenti, rispetto al 2014. Questo fenomeno è dovuto: per i costi fissi (L, in quanto derivante interamente da salariati fissi, QC e QI) alla ridotta superficie di frumento duro coltivata nel 2015 in confronto a quella mediamente seminata (50 ettari contro una media storica pari a

circa 87 ettari); per i costi variabili (CV) alla ridotta resa produttiva media ottenuta nel 2015, a seguito di danni da grandine, in confronto alla media storica (4,9 t/ha contro una media storica pari a circa 5,5 t/ha).



**Figura 5-9: FRUMENTO DURO - Categorie di costo (€/ha)**

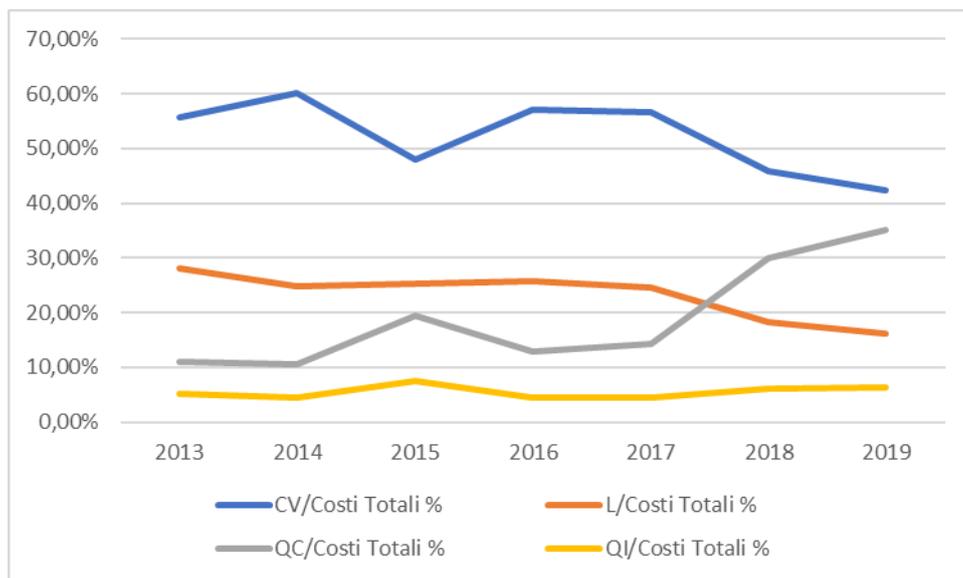
La Figura 5-10 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, delle singole categorie di costo che concorrono alla definizione dei costi totali, tutte espresse in euro per tonnellata di granella di frumento duro venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-9, in quanto la buona costanza della resa produttiva media rende l'andamento delle diverse categorie di costo espresse in €/t molto simile a quello ottenuto con valori espressi in €/ha. Nonostante ciò, la Figura 5-10 accentua le variazioni nel tempo delle diverse categorie di costo. In particolare, risulta particolarmente evidente come i costi variabili (CV) raggiungano il loro minimo nel 2014, in corrispondenza del picco massimo di resa produttiva, ed il loro massimo nel 2015, quando si rileva il minimo storico di resa produttiva (a causa dei danni da grandine). Per cause analoghe, è ben visibile un calo dei CV dal 2018 al 2019.



**Figura 5-10: FRUMENTO DURO - Categorie di costo (€/t)**

La Figura 5-11 conferma che i costi variabili (CV) rappresentano, per tutto il periodo oggetto di analisi, la principale categoria di costo, con un'incidenza sui costi totali pari, in media, a circa la loro metà. Giova osservare, comunque, che i costi variabili fanno registrare, come ci si aspettava, una flessione seppur debole nel settennio, per cui da un livello massimo di circa il 60% nel 2014, i CV decrescono nel 2019 ad un valore minimo di circa il 42%. Il lavoro (L) è la seconda categoria di costo per importanza nel periodo 2013÷2017 e la terza nel 2018÷2019, incidendo mediamente sui costi totali per circa il 23%; da un'incidenza del 25% circa nel 2014, si passa ad un valore minimo di circa il 16% nel 2019. Il lavoro è, quindi, quella voce di costo che sembra ridursi maggiormente proprio a seguito dell'introduzione delle nuove tecnologie di AP nel 2018, introduzione che evidentemente ha portato ad una velocizzazione delle operazioni produttive con margini di errore minimi (preparazione del terreno, semina, fertilizzazione, trattamenti fitosanitari), efficientando la gestione delle risorse umane che, così, possono essere destinate ad altre attività interne all'azienda stessa. Il deprezzamento del capitale (QC) rappresenta la terza categoria di costo per importanza nel periodo 2013÷2017 e la seconda, scalzando L, nel 2018÷2019, con un'incidenza sui costi totali che, in media, è pari a circa il 19%, facendo registrare un valore minimo di circa 11% nel 2014 e massimo di circa 35% nel 2019. Gli interessi (QI) sono, per tutto il periodo analizzato, l'ultima voce di costo per importanza e, mediamente, incidono sui costi totali per circa il 5%; nel 2014, essi incidono per il 4% circa mentre nel 2019 per il 6% circa. Nell'anno "di transizione" (2018) e nel periodo "post-innovazione" (2019) si

registrano i valori minimi di incidenza di CV ed L sui costi totali, in quanto si registrano i valori massimi di incidenza di QC (derivanti dai cospicui investimenti in capitale).

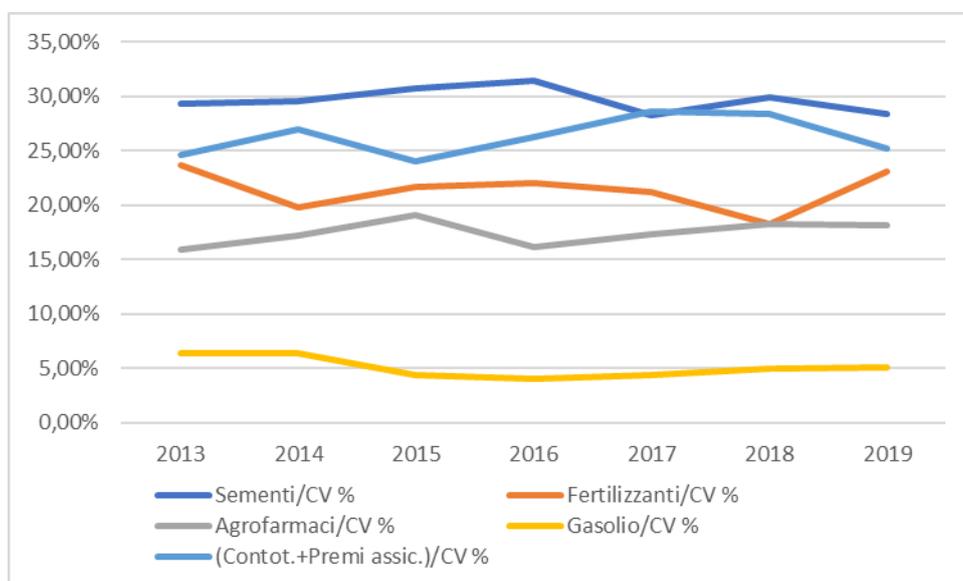


**Figura 5-11: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Costi Totali**

La Figura 5-12 mostra, nel periodo 2013÷2019, l'incidenza percentuale sui costi variabili (CV) delle singole voci di costo che li compongono. Il costo delle sementi rappresenta, per quasi tutto il periodo oggetto di analisi, la principale voce di costo, incidendo mediamente sui CV per circa il 30%. Nel 2019, si registra un costo delle sementi (163 €/ha) diminuito del 5% circa rispetto al 2014 (172 €/ha). Per il frumento duro, è stato possibile raccogliere anche i dati economici ed agronomici relativi agli input colturali impiegati nel 2020, in quanto la loro utilizzazione è già stata pienamente completata; però, dato che il ciclo colturale del frumento non si è ancora concluso, non si è potuto eseguire un'analisi della redditività completa sul 2020. Nel 2020, il costo delle sementi (176,58 €/ha) è aumentato di circa il 3% rispetto al 2014. Nonostante ciò, dalla Tabella 5-4 si evince che la quantità di semente distribuita per ettaro, dal 2014 al 2019 è rimasta invariata (225 kg/ha) mentre è diminuita di oltre il 3% dal 2014 al 2020. Perciò, è possibile affermare che l'evoluzione tecnologica attuata nel 2018 ha permesso di ridurre la quantità di semente e che l'incremento del costo per ettaro è imputabile solamente alla volatilità del prezzo di tale input sul mercato. Il costo complessivamente sostenuto per acquistare servizi di contoterzismo (raccolta del frumento duro) e pagare premi assicurativi (per eventi atmosferici e grandine) rappresenta piuttosto stabilmente la seconda voce di costo variabile per importanza, incidendo mediamente sui CV per circa il 26%; la variazione negativa che si registra nel 2019 rispetto al 2014 non ha nulla

a che vedere con le innovazioni introdotte in azienda nel 2018. Il costo dei fertilizzanti costituisce piuttosto stabilmente la terza voce di costo variabile per importanza, incidendo mediamente per circa il 21% sui CV. Il costo dei fertilizzanti, rispetto al 2014 (115 €/ha), nel 2019 cresce di un 15% circa (132,00 €/ha) mentre resta invariato a 115 €/ha nel 2020. Tuttavia, vale la pena osservare che il costo dei fertilizzanti non è stazionario nel tempo, bensì fa registrare una dinamica leggermente decrescente. Inoltre, va detto che tale costo dipende dal prezzo di vendita del fertilizzante sul mercato mentre sono le quantità di concime distribuito ad essere condizionate, almeno in parte, dalla trasformazione tecnologica aziendale. A tal proposito, dalla Tabella 5-4 si evince che la quantità di concime (interamente costituito da unità di azoto), rispetto al 2014 (120 kg/ha), aumenta di oltre il 12% nel 2019 e di oltre il 7% nel 2020. Infatti, l'indagine ARP ha evidenziato la necessità di incrementare gli apporti azotati. Il costo degli agrofarmaci è la quarta voce per importanza tra i CV per quasi tutto il periodo analizzato, con un'incidenza sul totale dei CV pari, in media, a circa il 17%. Dal 2014 (100 €/ha), il costo degli agrofarmaci aumenta del 4% nel 2019 (104 €/ha) mentre diminuisce del 9% nel 2020 (91 €/ha). Anche nel caso degli agrofarmaci, però, il costo è fortemente dipendente dal prezzo dei prodotti fitosanitari sul mercato, per cui è possibile giudicare gli effetti dell'evoluzione tecnologica aziendale solamente sulle quantità distribuite di fitofarmaci. È, infatti, evidente come si sia verificato un abbattimento delle quantità di agrofarmaci utilizzate; dal 2014 (4,01 kg/ha), è avvenuta una variazione negativa di circa il 38% nel 2019 (2,50 kg/ha) e di circa il 53% nel 2020 (1,90 kg/ha). Di conseguenza, è possibile affermare che l'introduzione dell'irroratrice semovente, con distribuzione a rateo variabile, ha permesso di limitare fortemente l'uso di fitofarmaci. Nonostante ciò, tale abbattimento va sicuramente imputato anche alla continua evoluzione che interessa il settore agrochimico, per la quale sul mercato troviamo prodotti che si applicano a dosi sempre più ridotte. L'ultima voce di costo variabile per importanza è stabilmente costituita dal costo del gasolio, con un'incidenza sui CV, in media, di poco superiore al 5%. Anche in questo caso, il risparmio di circa il 22% generatosi nel 2019 (29 €/ha) e di circa il 53% nel 2020 (17,50 €/ha) rispetto al 2014 (37 €/ha), in termini monetari non è un aspetto pienamente esaustivo. Infatti, il prezzo del gasolio agricolo è fortemente volatile. Invece, possiamo osservare con soddisfazione che, grazie alle nuove tecnologie di AP introdotte nel 2018, si è generato un risparmio evidente in termini quantitativi. Si registra, infatti, una flessione dal 2014 (57 litri/ha) al 2019 (43 litri/ha) di circa il 25% e di circa il 28% al 2020 (41 litri/ha). Tale abbattimento delle quantità di gasolio consumate,

osservabile chiaramente in Tabella 5-4, si traduce in indiscutibili benefici ambientali in termini di riduzione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) prodotta dai sistemi agricoli.



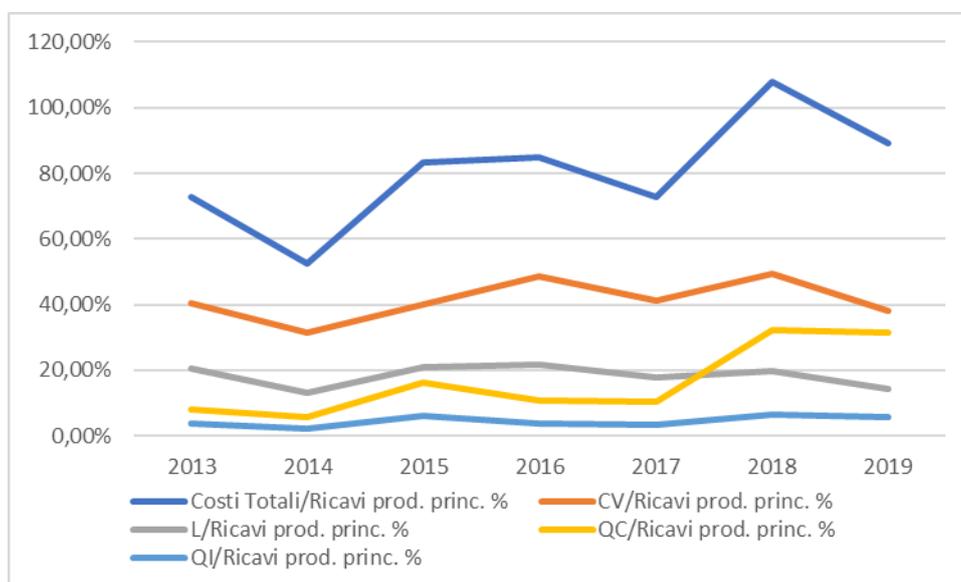
**Figura 5-12: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle singole voci di CV sul totale dei CV**

**Tabella 5-4: FRUMENTO DURO - Quantità di input impiegate e relativo Costo (€/ha)**

Anno	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Sementi (kg/ha)</i>	215,03	225,00	225,00	231,91	230,00	230,11	225,00	218,00
<i>Costo sementi (€/ha)</i>	175,00	172,00	185,00	185,00	160,00	180,00	163,00	176,58
<i>Fertilizzanti (kg/ha)</i>	120,62	120,00	120,00	121,28	120,00	136,36	135,00	129,00
<i>Costo fertilizzanti (€/ha)</i>	141,00	115,00	130,00	130,00	120,00	110,00	132,00	115,00
<i>Agrofarmaci (kg/ha)</i>	4,04	4,01	4,00	3,51	3,50	3,98	2,50	1,90
<i>Costo agrofarmaci (€/ha)</i>	95,00	100,00	115,00	95,00	98,00	110,00	104,00	91,00
<i>Gasolio (litri/ha)</i>	47,00	57,00	43,00	44,00	43,00	44,00	43,00	41,00

Costo gasolio (€/ha)	38,00	37,00	26,00	24,00	25,00	30,00	29,00	17,50
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

La Figura 5-13 mostra, nel periodo 2013-2019, l'incidenza percentuale dei costi totali, e delle singole categorie di costo, sui ricavi. I costi totali rappresentano mediamente circa l'80% dei ricavi (valore minimo di circa il 52% nel 2014 e valore di circa 89% nel 2019). I costi variabili (CV) sono la categoria di costo che incide più di tutte sui ricavi, in media per il 41% circa (valore minimo di circa il 32% nel 2014 e valore di circa il 38% nel 2019). Il costo del personale (L) rappresenta la seconda voce per importanza dal 2013 al 2017, per poi scendere in terza posizione negli ultimi due anni, e incide mediamente sui ricavi per circa il 18% (valore minimo di circa il 13% nel 2014 e valore di circa il 14% nel 2019). Il deprezzamento del capitale (QC) è la terza categoria per importanza dal 2013 al 2017, per poi scavalcare L negli ultimi due anni, e incide sui ricavi, in media, per il 16% circa (valore minimo di circa il 6% nel 2014 e valore di circa 31% nel 2019). Gli interessi (QI) si posizionano ultimi per importanza per tutto il periodo analizzato ed incidono mediamente sui ricavi per circa il 4% (valore minimo di circa il 2% nel 2014 e valore di circa 6% nel 2019). Questo grafico conferma la veridicità delle considerazioni fatte a commento delle precedenti figure, in particolare è chiaramente osservabile come nel 2014 si sia giunti al valore massimo di reddito netto (RN), mentre nel 2018 a quello minimo e, addirittura, negativo.



**Figura 5-13: FRUMENTO DURO - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Ricavi prodotto principale**

In Tabella 5-5 vengono riportati tutti i ricavi relativi al frumento duro. Come già specificato, però, nella ricerca vengono presi in esame soltanto i ricavi da granella (chiamati

“ricavi da prodotto principale”) poiché solo per la granella esiste un mercato di riferimento. Inoltre, quelli da granella sono gli unici ricavi a poter subire l’influenza delle tecnologie di AP utilizzate nelle operazioni colturali. Nonostante ciò, si intuisce facilmente come soprattutto i pagamenti PAC contribuiscano in maniera rilevante alla definizione del totale delle componenti positive di reddito.

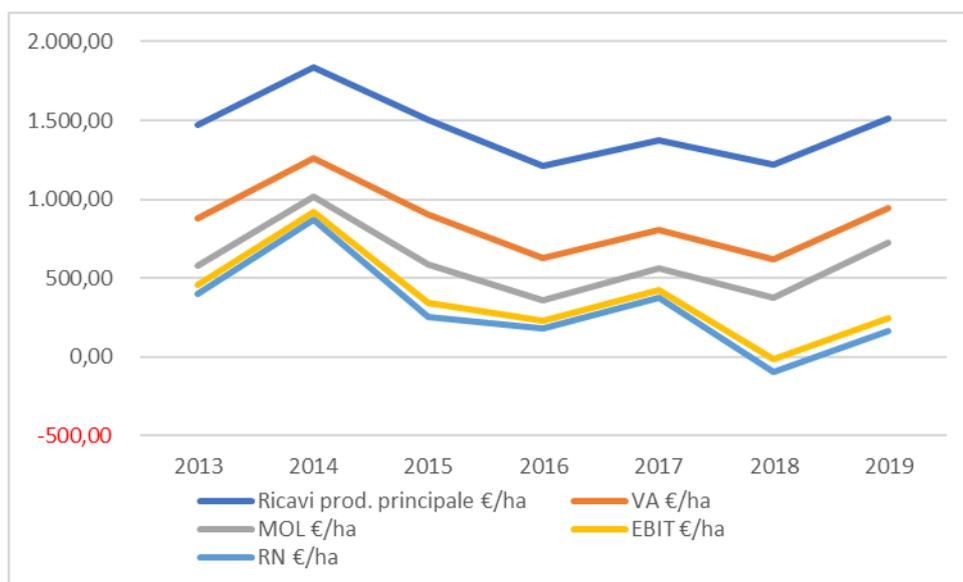
**Tabella 5-5: FRUMENTO DURO - Ricavi Totali (€/ha)**

<b>Anno</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<i>Ricavi granella (€/ha)</i>	1.471,60	1.838,72	1.501,36	1.214,10	1.372,00	1.216,80	1.512,00
<i>Ricavi paglia (€/ha)</i>	25,00	25,00	47,30	25,00	25,00	25,00	40,58
<i>PAC (€/ha)</i>	458,00	396,00	412,00	409,00	405,00	405,00	462,86
<i>Indennizzi assicurativi (€/ha)</i>	-	-	175,20	-	-	-	54,68
<b>TOTALE (€/ha)</b>	<b>1.954,60</b>	<b>2.259,72</b>	<b>2.135,86</b>	<b>1.648,10</b>	<b>1.802,00</b>	<b>1.646,80</b>	<b>2.070,12</b>

#### 5.4.1.3 Indicatori economici del frumento duro

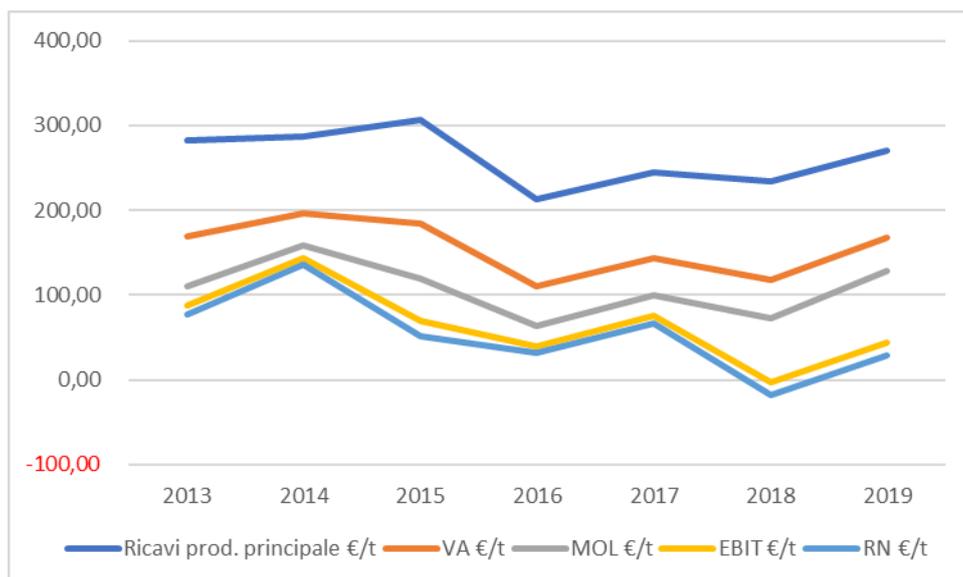
La Figura 5-14 mostra l’andamento, nel periodo 2013÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del frumento duro, espressi in euro per ettaro di frumento duro coltivato. Il divario tra la curva dei ricavi e la curva del valore aggiunto (VA) è il maggiore in assoluto, in quanto, come già detto nel Paragrafo 5.4.1.2, i costi variabili (CV) rappresentano la principale categoria di costo per tutto il periodo analizzato. Invece, lo scarto minimo in assoluto si osserva tra la curva dell’EBIT (Earnings Before Interests and Taxes, ossia il risultato ante oneri finanziari) e quella del reddito netto (RN), poiché gli interessi (QI) sono l’ultima categoria di costo per tutto l’arco temporale studiato. Tutte le curve in Figura 5-14 mostrano un andamento simile tra loro e soprattutto simile a quello dei ricavi, per cui si deduce che il valore annuale dei diversi indicatori economici varia in funzione dei ricavi più che in base ai costi. Questa affermazione vale anche negli anni 2018 e 2019, nei quali però la curva dell’EBIT si distanzia maggiormente da quella del margine operativo lordo (MOL) rispetto agli anni precedenti. Questo fenomeno è dovuto all’aumento consistente del deprezzamento del capitale (QC) verificatosi a seguito degli ingenti

investimenti in capitale effettuati nel 2018. Ed è proprio per questo motivo che il 2018 è l'unico anno in cui si registra un RN negativo. La stretta correlazione tra gli indicatori economici ed i ricavi viene confermata dal fatto che, alla variazione negativa fatta registrare dai ricavi nel 2019 rispetto al 2014 (-18% circa), corrisponde anche una flessione degli indicatori: -25% circa per il VA, -29% circa per il MOL, -73% circa per l'EBIT e, infine, -81% circa per il RN.



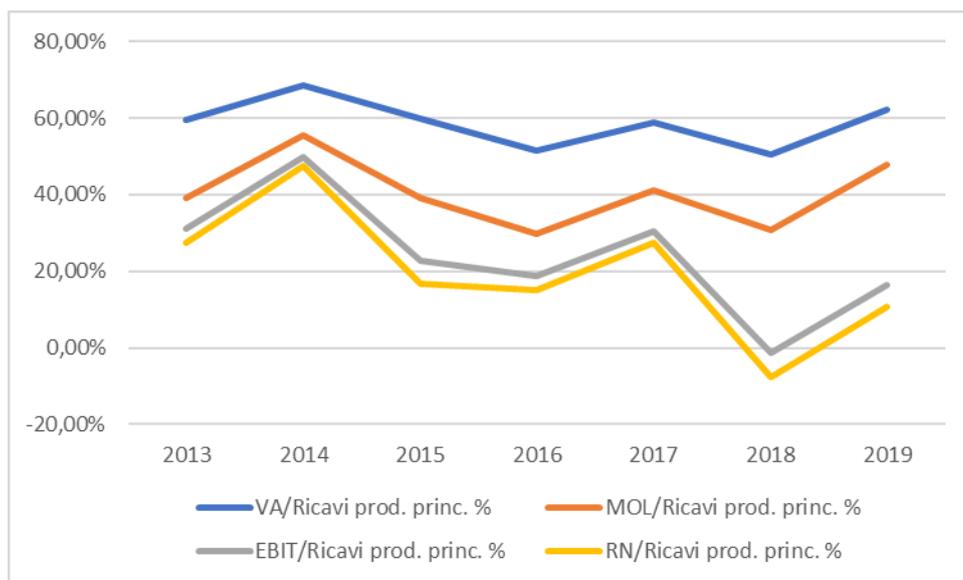
**Figura 5-14: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (€/ha)**

La Figura 5-15 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del frumento duro, espressi in euro per tonnellata di granella di frumento duro venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle tratte dalla Figura 5-14, in quanto la buona costanza della resa produttiva media rende l'andamento degli indicatori espressi in €/t molto simile a quello ottenuto con valori espressi in €/ha.



**Figura 5-15: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (€/t)**

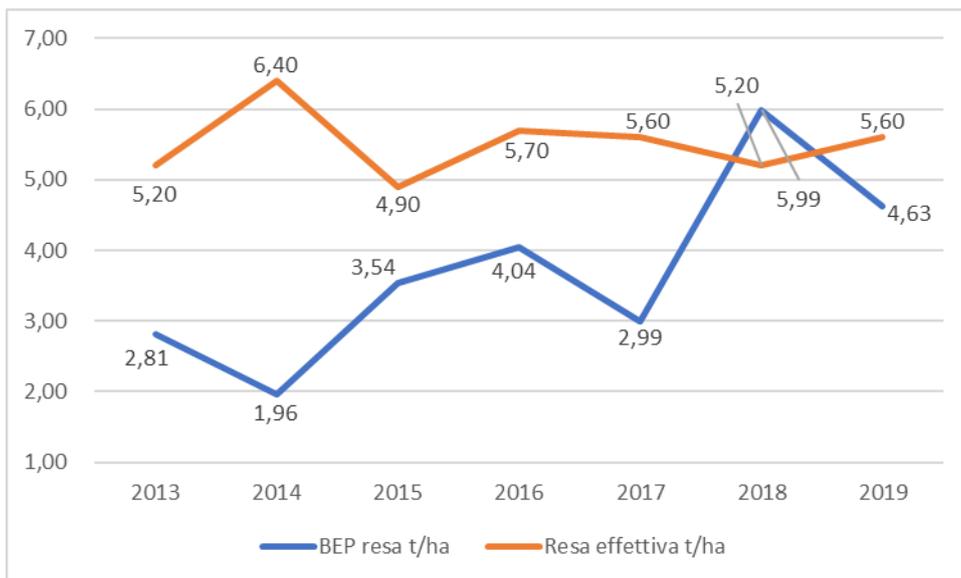
La Figura 5-16 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del frumento duro, espressi in percentuale sui ricavi. Il valore aggiunto (VA) rappresenta mediamente il 59% circa dei ricavi (valore massimo di circa il 68% nel 2014 e valore di circa 62% nel 2019). Il margine operativo lordo (MOL), ovvero la redditività conseguente alla sola gestione operativa aziendale (il MOL è un'approssimazione dei flussi di cassa aziendali e quindi dell'autofinanziamento potenziale dell'impresa), rappresenta mediamente circa il 40% dei ricavi (valore massimo di circa il 55% nel 2014 e valore di circa 48% nel 2019). L'EBIT, che rappresenta il risultato d'impresa prima che vengano conteggiati gli oneri finanziari, è mediamente il 24% circa dei ricavi (valore massimo di circa il 50% nel 2014 e valore di circa 16% nel 2019). Il reddito netto (RN), ovvero il profitto d'impresa, è, in media, circa il 20% dei ricavi (valore massimo di circa il 48% nel 2014 e valore di circa 11% nel 2019). A conferma di quanto osservato nelle figure precedenti, la Figura 5-16 mostra un evidente calo dell'EBIT e del RN nel 2018, a seguito dell'evoluzione tecnologica messa in atto dall'impresa.



**Figura 5-16: FRUMENTO DURO - Indicatori economici (% sui Ricavi prodotto principale)**

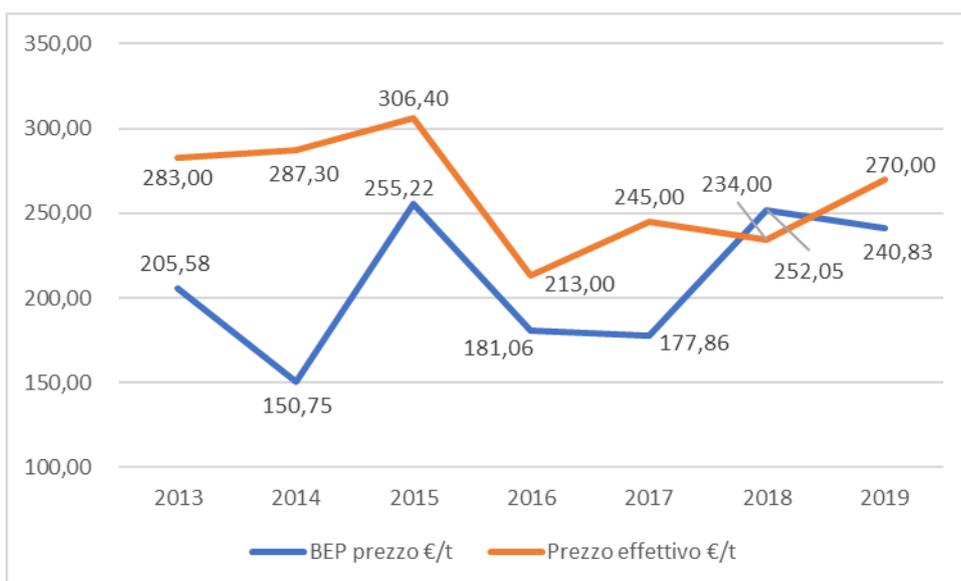
#### 5.4.1.4 Break even analysis del frumento duro

La Figura 5-17 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, del break even point (BEP) resa produttiva e della resa media effettiva, entrambi espressi in tonnellate di granella di frumento duro prodotte per ettaro. È evidente come la resa media effettiva superi ampiamente il BEP in tutti gli anni tranne che nel 2018. Infatti, solo nel 2018 si è registrato un reddito netto (RN) negativo e, per ottenere il pareggio di bilancio, sarebbero state necessarie 5,99 t/ha di resa media invece che le 5,2 t/ha effettivamente prodotte. Nei restanti anni, la resa media effettiva è stata sempre ampiamente sufficiente per garantire un RN positivo, ossia l'azienda è stata molto efficiente dal punto di vista delle quantità prodotte per ettaro. Perciò, è possibile affermare che non ci sarebbe stato alcun motivo valido per puntare ad un aumento delle rese, anzi una tale strategia avrebbe potuto generare effetti indesiderati come un aumento dei costi di produzione. Il divario tra le due curve è tanto più ampio quanto più è elevato il RN dell'anno.



**Figura 5-17: FRUMENTO DURO - BEP resa (t/ha) e Resa effettiva (t/ha)**

La Figura 5-18 mostra l'andamento, nel periodo 2013÷2019, del BEP prezzo e del prezzo effettivo, entrambi espressi in euro per tonnellata di frumento duro venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-17. Infatti, solo nel 2018 il BEP supera il prezzo effettivo (252,05 €/t contro 234,00 €/t), in quanto si tratta dell'unico anno in cui si è verificato un reddito netto (RN) negativo. Comunque, al contrario di quanto affermato a commento del BEP resa produttiva, è sempre auspicabile puntare ad un incremento del prezzo di vendita, magari grazie all'aumento della qualità del prodotto.



**Figura 5-18: FRUMENTO DURO - BEP prezzo (€/t) e Prezzo effettivo (€/t)**

#### 5.4.1.5 Analisi di sensitività del frumento duro

La Tabella 5-6 mostra i risultati dell'analisi di sensitività condotta sul conto economico del frumento duro, secondo la metodologia descritta nel Paragrafo 5.2. Emerge che, se volessimo ottenere un reddito netto (RN) 2019 maggiore o uguale a quello medio del periodo 2013÷2017 (ovvero un RN di almeno 417,07 €/ha), dovremmo raggiungere (*ceteris paribus*): una resa produttiva pari a circa 6,54 t/ha (rispetto alle 5,60 t/ha effettive) oppure un prezzo di vendita di circa 315,31 €/t (rispetto ai 270,00 €/t effettivi) o dei costi variabili pari a circa 56,97 €/t (rispetto ai 102,29 €/t effettivi) oppure una superficie coltivata di circa 141,24 ha (rispetto ai 77,00 ha effettivi). Quindi, è evidente come, nel periodo “post-innovazione”, gli auspicati effetti positivi dell'innovazione in termini di redditività, per manifestarsi richiedano un arco temporale superiore ad un solo anno. Infatti, è ipotizzabile che le nuove tecnologie di AP introdotte in azienda possano portare, nel tempo, ad incrementare il prezzo di vendita (a seguito dell'aumento della qualità del prodotto) e/o a ridurre i costi variabili di produzione (grazie all'ottimizzazione della gestione degli input colturali). Invece, la resa produttiva dipende quasi esclusivamente da fattori varietali e pedoclimatici, mentre un'estensione delle superfici coltivate è difficilmente ipotizzabile in quanto le dinamiche del mercato fondiario ne ostacolano l'attuazione (sebbene l'attuale struttura aziendale, in termini soprattutto di lavoro e capitale, potrebbe anche sostenere un incremento della scala produttiva).

**Tabella 5-6: FRUMENTO DURO - Analisi di sensitività**

	<b>Produttività della terra (t/ha)</b>	<b>Prezzo di vendita (€/t)</b>	<b>Costo dell'unità di prodotto (€/t)</b>	<b>Scala di produzione (ha)</b>
<i>Importo effettivo</i>	5,60	270,00	102,29	77,00
<i>Importo target</i>	6,54	315,31	56,97	141,24
<i>Variazione %</i>	+16,79%	+16,78%	-44,31%	+83,43%

#### 5.4.2 Analisi della redditività del mais

Nel presente paragrafo, per prima cosa, vengono presi in esame i dati aziendali relativi al mais da granella, raccolti mediante la Sezione A e la Sezione B del questionario di indagine. Poi, grazie ai dati raccolti con la Sezione B e la Sezione C del questionario, si analizzano prima i costi e i ricavi, e poi gli indicatori economici, risultanti dal conto economico del mais da granella. Per concludere, i risultati del conto economico vengono valutati tramite una break even analysis e un'analisi di sensitività, come descritto nel Paragrafo 5.2.

#### 5.4.2.1 Dati aziendali sul mais

L'azienda, ogni anno, coltiva mediamente 40÷50 ettari di mais da granella e ottiene una resa produttiva che, in media, si attesta sulle 13,6 t/ha di granella (in irriguo). Seguendo i principi dell'agricoltura conservativa, viene eseguita la minima lavorazione, dopodiché viene realizzata la semina di precisione del mais. Come già anticipato nel Paragrafo 5.4.1.1 per il frumento duro, anche per il mais non vengono effettuate concimazioni di fondo. Quindi, gli apporti di elementi nutritivi vanno unicamente ricondotti a circa 200 unità di azoto per ettaro, che vengono tutte fornite in copertura mediante fertirrigazione, frazionando il totale in singole dosi di circa 30 unità di azoto per ettaro. Infatti, nel periodo primaverile, quando i fabbisogni idrici sono minimi o nulli, il fertilizzante viene diluito in minimi volumi di acqua, mentre in estate si distribuisce l'acqua di irrigazione necessaria. Per quanto concerne la distribuzione degli agrofarmaci, il primo intervento consiste in un diserbo totale in presemina, dopodiché viene eseguito un intervento di diserbo in post-emergenza ed un trattamento insetticida per il controllo della piralide del mais. Grazie all'evoluzione della gestione del post-raccolta (descritta nel Paragrafo 5.3), non si sono resi più necessari trattamenti fungicidi su mais. Da quasi un decennio, è stata introdotta l'irrigazione localizzata del mais e, attualmente, sono presenti dei sensori di umidità nel suolo, i quali, combinando i dati rilevati con quelli misurati dalla capannina meteorologica aziendale, permettono di ottimizzare la gestione della risorsa idrica. In media, si eseguono due apporti idrici settimanali nella stagione estiva, con quantitativi di acqua calibrati in funzione dell'evapotraspirazione misurata. L'umidità ottimale e costante che si riesce a mantenere a livello radicale evita che le piante di mais entrino in stress, per cui si riscontrano effetti positivi anche in termini fitosanitari. I campi di mais vengono suddivisi in settori irrigui che singolarmente hanno una superficie di circa 3 ettari, per cui sia l'irrigazione che la fertirrigazione si eseguono standardizzate su di essi. Ovvero, per ogni settore irriguo, vengono apportati un volume univoco di acqua e dosi omogenee di fertilizzanti. La tecnica colturale si conclude con la raccolta che, come anticipato nel Paragrafo 5.3, è l'unica operazione colturale che viene affidata ad un contoterzista.

In Tabella 5-7 sono riportati i dati relativi a superfici e rese produttive medie verificatesi per il mais da granella nel periodo 2016÷2019 (in Tabella 5-7 vengono anche elencate le varietà coltivate; negli anni antecedenti al 2016, l'azienda coltivava mais da trinciato, destinando il prodotto ad impianti per la produzione di biogas). In termini di superfici coltivate, si evidenzia un trend evolutivo in ascesa, con un minimo di 15 ettari nel 2016, fino ai 70 ettari del 2018 e i 59 ettari del 2019. La superficie seminata annualmente a mais, però, non è influenzata dal "livello di precisione" aziendale e neanche dal suo innalzamento nel

tempo, ma varia in funzione delle dinamiche di rotazione colturale ed in funzione della domanda di prodotto. Infatti, tutta la granella prodotta viene conferita (ad un prezzo di vendita stabilito per contratto) ad un mangimificio. La resa produttiva media è altalenante negli anni, in parte a seconda delle varietà seminate, ma soprattutto in base all'andamento meteorologico stagionale. A tal proposito, va segnalato che, nel 2017 ma soprattutto nel 2019, si sono verificati danni da grandine. La resa media del 2019 è leggermente inferiore alla media storica (13,2 t/ha contro 13,6 t/ha), per cui si deduce che l'evoluzione tecnologica attuata nel 2018 non ha avuto effetti diretti sulle quantità prodotte ma va sottolineato che, al contrario, i parametri qualitativi della granella prodotta sono sensibilmente migliorati, sia dal punto di vista commerciale (sono incrementati i valori di peso ettolitrico e di tenore proteico) che fitosanitario (è stata riscontrata una minore incidenza di attacchi da parte di agenti fitopatogeni e soprattutto non si rilevano micotossine). Anche l'evoluzione nella gestione del post-raccolta avviata nel 2018, come anticipato nel Paragrafo 5.3, ha contribuito ai miglioramenti qualitativi appena descritti, per il mais ancor più che per il frumento duro.

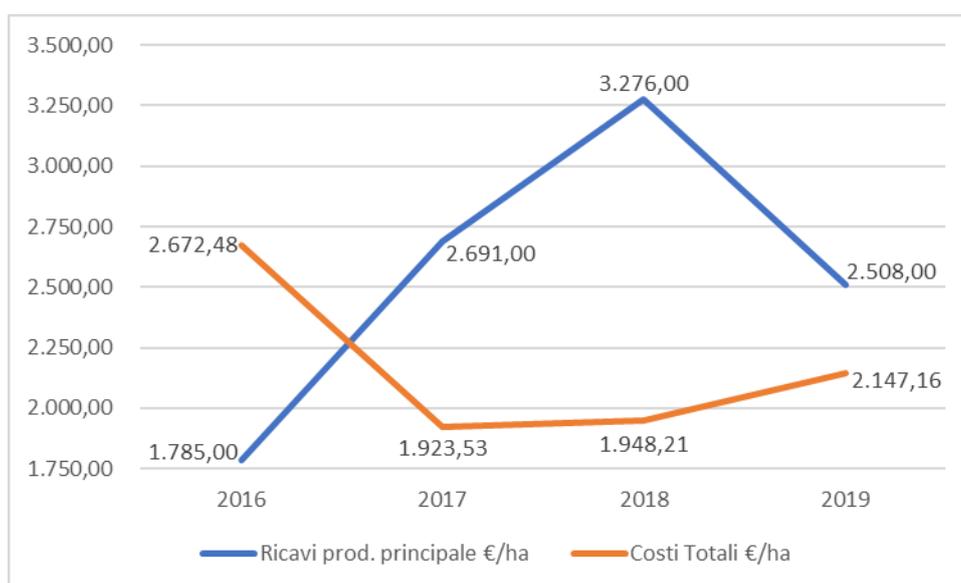
**Tabella 5-7: MAIS - Superfici (ha) e Rese medie (t/ha)**

<b>Anno</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<i>Superficie (ha)</i>	15,00	41,00	70,00	59,00
<i>Varietà seminate</i>	P1114, SY Hydro	SY Hydro, SY Antex	SY Hydro, SY Antex, P0937, P1535	SY Antex, SY Fuerza, SY Carioca, P1611, P1454
<i>Resa media (t/ha)</i>	11,90	13,80	15,60	13,20

#### 5.4.2.2 Costi e Ricavi del mais

La Figura 5-19 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, dei ricavi derivanti dalla vendita della granella ottenuta dalla coltivazione del mais (esclusi i contributi PAC e gli eventuali indennizzi assicurativi) e dei costi totali sostenuti per la produzione di tale coltura, entrambi espressi in euro per ettaro di mais coltivato. L'ammontare dei ricavi varia sia in funzione del prezzo di vendita del prodotto che in funzione della resa produttiva media. Dalla Figura 5-19 si evince che i ricavi presentano un trend evolutivo in ascesa, sebbene esso si tratti di un andamento piuttosto volatile, mentre i costi totali di produzione hanno un trend

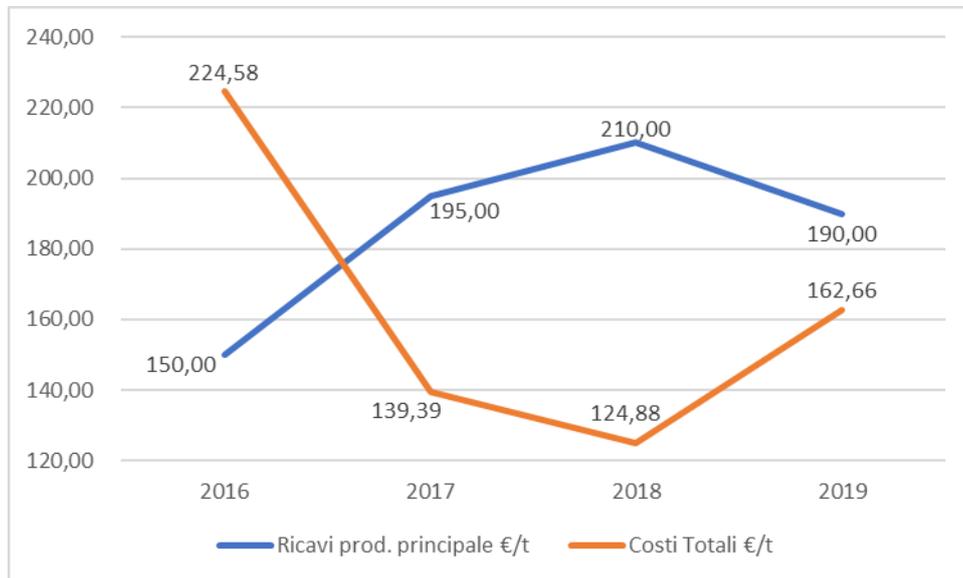
evolutivo decrescente. Nel 2016, si è verificato il valore minimo sia di prezzo di vendita (150,00 €/t) che di resa produttiva media (11,9 t/ha); nel 2018, si è verificato il valore massimo sia di prezzo di vendita (210,00 €/t) che di resa produttiva media (15,6 t/ha). Ad ogni modo, dalla Figura 5-19 emerge chiaramente che nel 2016 la curva dei costi totali supera quella dei ricavi. Tale incremento dei costi totali per ettaro va imputato alla ridotta superficie coltivata a mais nel 2016 (15 ettari contro la media 2016÷2019 pari a circa 46,25 ettari), ma anche ai bassi prezzo di vendita e resa produttiva media citati sopra. Dal grafico emerge anche che la “trasformazione tecnologica” attuata dall’azienda nel 2018, contrariamente a quanto accadeva per il frumento duro, non ha generato un reddito netto negativo. Al contrario, nel 2018 la forbice tra ricavi e costi totali è più ampia rispetto al 2017. Comunque, nel 2019 si può osservare un assottigliamento della suddetta forbice, a seguito sia di una diminuzione dei ricavi che di una crescita dei costi totali. I ricavi, dal 2017 (preso come anno di riferimento per il periodo “pre-innovazione”) al 2019 fanno registrare una flessione di circa il 7%, mentre per i costi totali si rileva una crescita di circa il 12%. Il trend che i ricavi, e quindi il reddito netto, assumeranno negli anni a venire permetterà di quantificare l’effetto dell’evoluzione tecnologica attuata sull’incremento della redditività aziendale.



**Figura 5-19: MAIS - Ricavi prodotto principale (€/ha) e Costi Totali (€/ha)**

La Figura 5-20 mostra l’andamento, nel periodo 2016÷2019, dei ricavi derivanti dalla vendita della granella ottenuta dalla coltivazione del mais (esclusi i contributi PAC e gli eventuali indennizzi assicurativi) e dei costi totali sostenuti per la produzione di tale coltura, entrambi espressi in euro per tonnellata di granella di mais venduta. In questo caso, i ricavi,

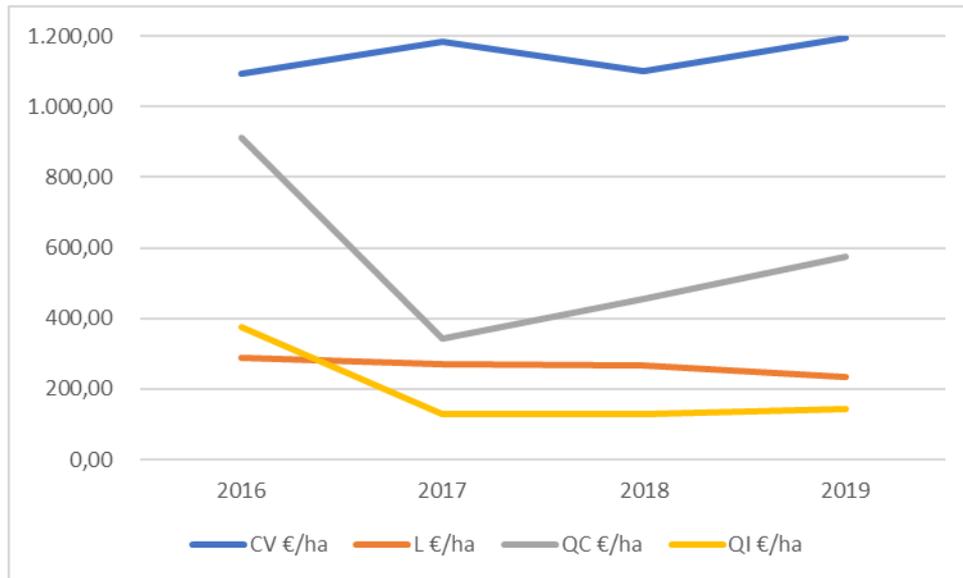
essendo espressi in €/t, corrispondono esattamente al prezzo di vendita della granella e testimoniano l'andamento altalenante tipico della volatilità di mercato. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-19.



**Figura 5-20: MAIS - Ricavi prodotto principale (€/t) e Costi Totali (€/t)**

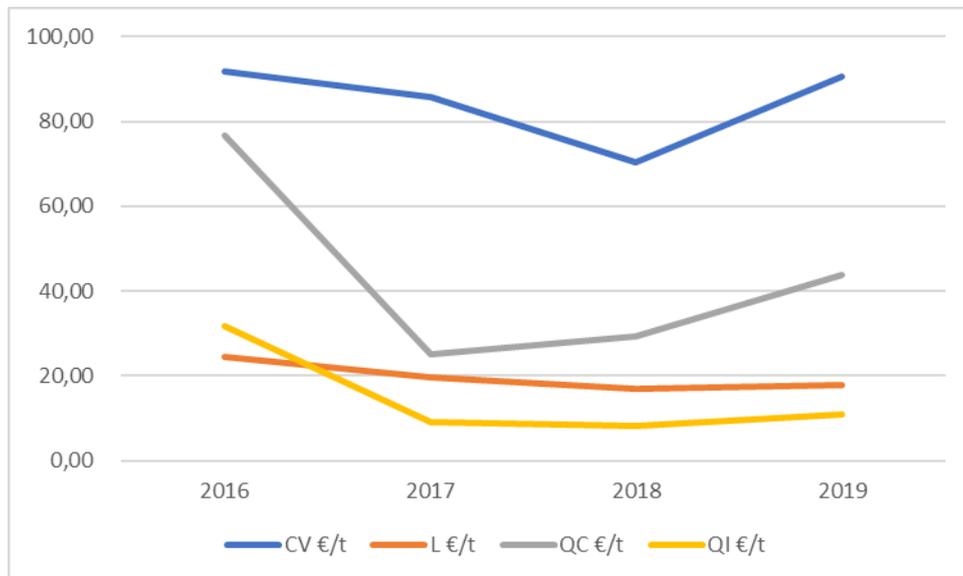
La Figura 5-21 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, delle singole categorie di costo che concorrono alla definizione dei costi totali di produzione del mais da granella, tutte espresse in euro per ettaro di mais coltivato. I costi variabili (CV) sono in leggera crescita nel tempo e rappresentano la principale voce di costo per tutto il periodo oggetto di analisi. Ad ogni modo, dal 2017 al 2019, l'incremento dei CV è di poco superiore all'1%. Il costo del personale (L) tende a decrescere nel tempo e, dal 2017 al 2019, si registra una flessione pari ad oltre il 13%. Infatti, l'evoluzione tecnologica portata avanti dall'impresa consegue anche nell'efficiamento delle risorse umane coinvolte nel processo produttivo. Nel 2016, come già anticipato, è stata seminata una ridotta superficie di mais rispetto al 2015 e, di conseguenza, si è generato un consistente aumento dell'importo delle quote di ammortamento per ettaro e, in particolare, delle quote di capitale (QC) che ne fanno parte. Anche gli interessi (QI), ovvero le quote di interesse incluse nelle quote di ammortamento, che si mantengono piuttosto costanti nel tempo, nel 2016 (a seguito della scarsa superficie coltivata a mais) abbandonano l'ultima posizione per importanza tra le categorie di costo, superando l'importo di L. A questo punto, appare evidente come il picco massimo di costi totali avvenuto nel 2016 sia dovuto principalmente alle lievitate quote di ammortamento, ovvero a dei costi fissi. La trasformazione tecnologica messa in atto nel 2018 porta ad una crescita, nel 2019 rispetto al 2017, di circa il 68% per QC e di circa il 12% per QI, ma gli

effetti di questi aumenti vengono mitigati, rispetto al 2016, dall'ampliamento delle superfici coltivate a mais.



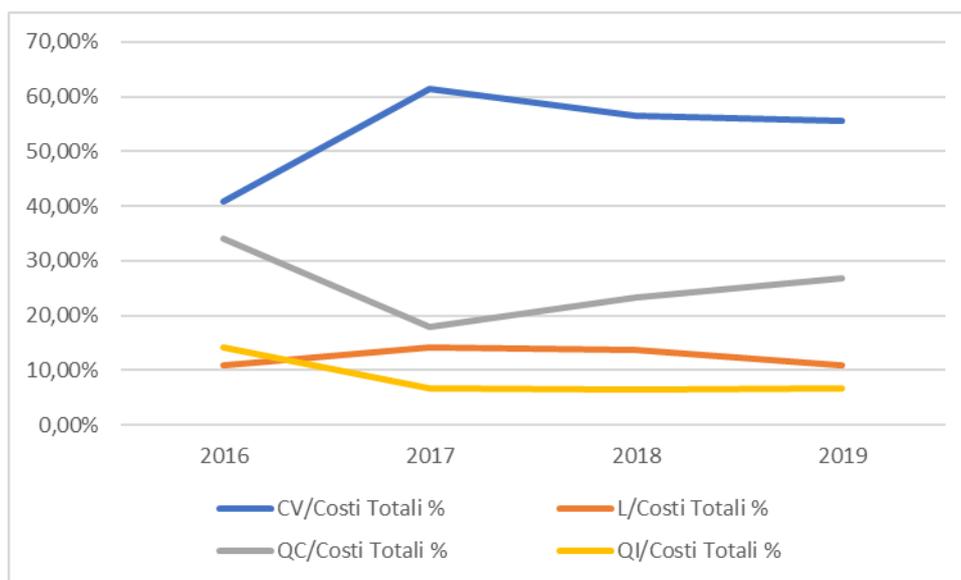
**Figura 5-21: MAIS - Categorie di costo (€/ha)**

La Figura 5-22 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, delle singole categorie di costo che concorrono alla definizione dei costi totali di produzione del mais da granella, tutte espresse in euro per tonnellata di granella di mais venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-21.



**Figura 5-22: MAIS - Categorie di costo (€/t)**

La Figura 5-23 conferma che i costi variabili (CV) sostenuti per la coltivazione del mais da granella rappresentano, per tutto il periodo oggetto di analisi, la principale categoria di costo, con un'incidenza sui costi totali che è mediamente di circa il 56%. I costi variabili fanno registrare la loro incidenza massima nel 2017 (circa il 61%), mentre nel 2019 si registra un valore di circa il 56%. Il costo del lavoro (L) è il quarto per importanza nel 2016 ed il terzo nel triennio 2017÷2019, incidendo mediamente sui costi totali per circa il 15%; il valore massimo si verifica nel 2017 ed è del 14% circa, mentre nel 2019 è pari a circa 11%. Il deprezzamento del capitale (QC) è stabilmente la seconda voce di costo per importanza, con un'incidenza sui costi totali, in media, del 22% circa; il valore minimo si colloca nel 2017 ed è del 18% circa, mentre è pari a circa il 27% nel 2019. Gli interessi (QI) sono stabilmente l'ultima categoria per importanza, ad eccezione del 2016 (anno in cui scavalca L), incidendo mediamente sui costi totali per circa un 8%; si ha il valore minimo nel 2017, pari a circa il 7%, incidenza che si conferma invariata nel 2019. Nell'anno 2016 si registrano i valori minimi di incidenza di CV ed L sui costi totali, in quanto si registrano i valori massimi di incidenza di QC e di QI (dovuti alla minima superficie coltivata a mais nel 2016).

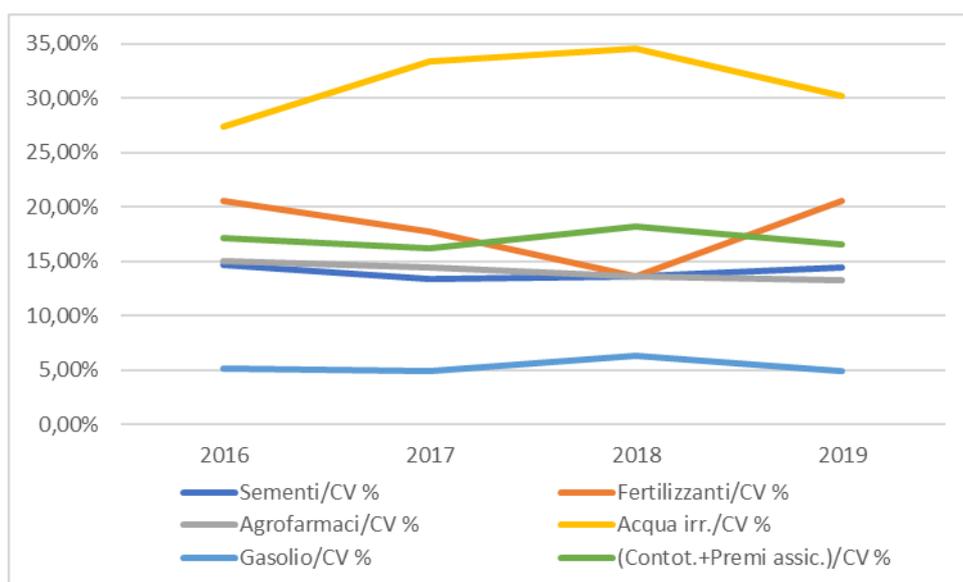


**Figura 5-23: MAIS - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Costi Totali**

La Figura 5-24 mostra, per la coltivazione del mais da granella nel periodo 2016÷2019, l'incidenza percentuale che le singole voci che compongono i costi variabili (CV) hanno sul totale dei CV. Il costo dell'acqua di irrigazione rappresenta, per tutto il periodo oggetto di analisi, la principale voce di costo variabile, incidendo mediamente sui CV per circa il 31%. Va sottolineato come il costo dell'acqua di irrigazione subisca, dal 2017 (395 €/ha) al 2019 (361 €/ha), una variazione negativa pari a circa il 9%. Questa importante flessione è legata al

processo di trasformazione tecnologica messo in atto nel 2018, in particolare perché la puntuale mappatura dei terreni aziendali ed il loro costante monitoraggio, oltre che l'ottimizzazione della gestione delle diverse operazioni colturali, influiscono indirettamente, ma senza dubbio positivamente, sulla capacità di ritenzione idrica del suolo. Di conseguenza, è stato possibile limitare lo sfruttamento della risorsa idrica, come confermato anche dai dati riportati in Tabella 5-8. Infatti, la riduzione del costo è andata di pari passo con quella dei volumi di acqua apportati perché l'azienda si approvvigiona da un consorzio di bonifica a tariffe che sono rimaste invariate negli anni. Nello specifico, rispetto al 2017 (5.731,71 m<sup>3</sup>/ha), nel 2019 il volume di acqua è sceso di quasi il 31% (3.960 m<sup>3</sup>/ha). Il costo dei fertilizzanti è, più o meno stabilmente, la seconda voce di costo variabile per importanza, con un'incidenza sui CV che, in media, è di circa il 18%. Il costo dei fertilizzanti fa registrare una variazione positiva di circa il 17% dal 2017 (210 €/ha) al 2019 (246 €/ha). Nonostante ciò, dal grafico emerge un trend evolutivo in decrescita e, inoltre, va ricordato come tale costo sia fortemente dipendente dal prezzo sul mercato dei fertilizzanti. La Tabella 5-8 mostra un incremento di circa un 8% della quantità di fertilizzante (interamente costituita da unità di azoto) nel 2019 (228 kg/ha) rispetto al 2017 (210 kg/ha). Infatti, l'indagine ARP ha evidenziato la necessità di incrementare gli apporti azotati. Il costo complessivamente sostenuto per acquistare servizi di contoterzismo (raccolta del mais da granella) e pagare premi assicurativi (per eventi atmosferici e grandine) è, piuttosto stabilmente, la terza voce di costo variabile per importanza, incidendo mediamente sui CV per circa il 17%. Inoltre, va detto che l'incremento di circa il 3% verificatosi per tali spese nel 2019 rispetto al 2017 non è sicuramente legato all'evoluzione tecnologica aziendale. Il costo degli agrofarmaci ed il costo delle sementi hanno un'incidenza sui CV simile: il costo degli agrofarmaci incide mediamente per circa il 14%, così come il costo delle sementi. Calcolando, però, la variazione tra il 2017 ed il 2019, il costo degli agrofarmaci fa registrare una flessione di circa il 6%, passando da 170 €/ha a 159 €/ha, mentre il costo delle sementi cresce del 9% circa, dai 158 €/ha iniziali ai 173 €/ha finali. Nonostante ciò, come si evince dalla Tabella 5-8, la dinamica descritta per i fitofarmaci viene invertita in termini di quantità distribuite in campo, per cui si registra un aumento di circa un 8% nel 2019 (19,5 kg/ha) rispetto al 2017 (18,05 kg/ha). Comunque, il maggiore utilizzo di agrofarmaci nel 2019 è esclusivamente imputabile a condizioni meteorologiche sfavorevoli, le quali hanno determinato la necessità di maggiori trattamenti fitosanitari. Al contrario, la crescita del costo delle sementi va di pari passo con l'incremento delle dosi di semente. Infatti, le innovazioni introdotte (semina a rateo variabile) mirano ad una crescita delle densità di semina, al fine di aumentare le rese

produttive; nello specifico, è avvenuto un incremento di circa il 6% nel 2019 (24 kg/ha) rispetto al 2017 (22,56 kg/ha). L'ultima voce di costo variabile per importanza è rappresentata dal costo del gasolio, con un'incidenza media sui CV pari a circa il 5%. Nonostante il costo del gasolio sia rimasto invariato tra il 2017 ed il 2019 (58 €/ha in entrambi gli anni), dai dati in Tabella 5-8 constatiamo una flessione in termini quantitativi pari ad un 17% nel 2019 (83 litri/ha) rispetto al 2017 (100 litri/ha). La riduzione delle quantità di gasolio consumate si traduce in indiscutibili benefici ambientali in termini di riduzione di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) prodotta dai sistemi agricoli.



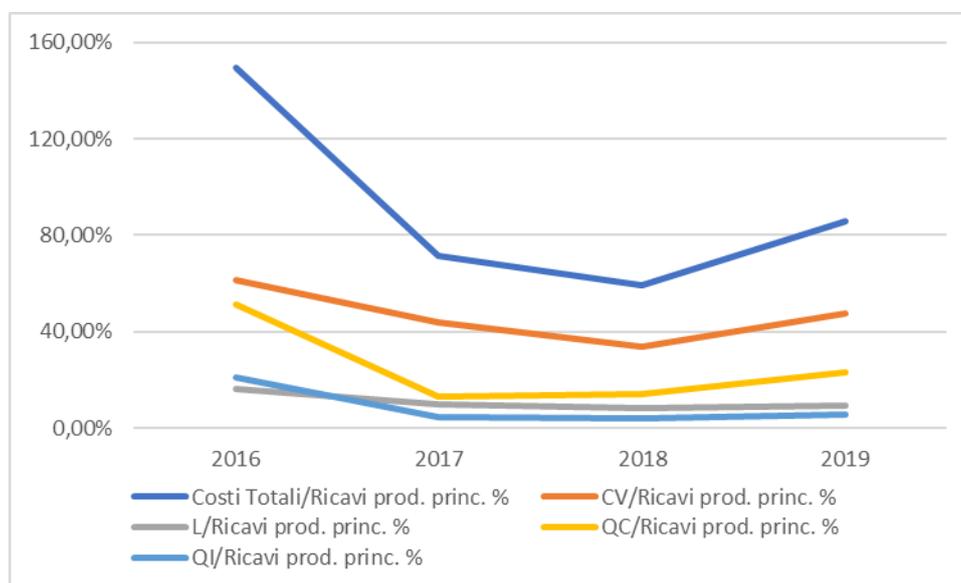
**Figura 5-24: MAIS - Incidenza percentuale delle singole voci di CV sul totale dei CV**

**Tabella 5-8: MAIS - Quantità di input impiegati e relativo Costo (€/ha)**

Anno	2016	2017	2018	2019
Sementi (kg/ha)	22,67	22,56	22,43	24,00
Costo sementi (€/ha)	160,00	158,00	150,00	173,00
Fertilizzanti (kg/ha)	196,00	210,00	210,00	228,00
Costo fertilizzanti (€/ha)	225,00	210,00	150,00	246,00
Agrofarmaci (kg/ha)	18,00	18,05	18,00	19,50
Costo agrofarmaci (€/ha)	165,00	170,00	150,00	159,00
Acqua irrigazione (m <sup>3</sup> /ha)	3.200	5.731,71	4.200	3.960
Costo acqua irrigazione (€/ha)	300,00	395,00	380,00	361,00

<i>Gasolio (litri/ha)</i>	103,00	100,00	103,00	83,00
<i>Costo gasolio (€/ha)</i>	56,00	58,00	70,00	58,00

La Figura 5-25 mostra, per la coltivazione del mais da granella nel periodo 2016÷2019, l'incidenza percentuale dei costi totali, e delle singole categorie di costo, sui ricavi. I costi totali rappresentano mediamente il 92% circa dei ricavi (valore di circa il 71% nel 2017 e di 86% circa nel 2019). I costi variabili (CV) sono la categoria di costo che incide più di tutte sui ricavi, in media per circa il 47% dei ricavi (valore di circa il 44% nel 2017 e di circa il 48% nel 2019). Il costo del personale (L) è, piuttosto stabilmente, la terza voce di costo per importanza e incide mediamente per l'11% circa sui ricavi (valore di circa il 10% nel 2017 e di circa il 9% nel 2019). Il deprezzamento del capitale (QC) è stabilmente la seconda categoria di costo per importanza, incidendo mediamente per circa il 25% sui ricavi (valore minimo di circa il 13% nel 2017 e valore di circa il 23% nel 2019). Gli interessi (QI) sono, abbastanza stabilmente, l'ultima voce di costo per importanza ed incidono mediamente per il 9% circa sui ricavi (valore di circa il 5% nel 2017 e di circa il 6% nel 2019). Questo grafico conferma la veridicità delle considerazioni fatte a commento delle precedenti figure, in particolare è chiaramente osservabile come nel 2018 si sia giunti al valore massimo di reddito netto (RN), mentre nel 2016 a quello minimo e, addirittura, negativo.



**Figura 5-25: MAIS - Incidenza percentuale delle categorie di costo sui Ricavi prodotto principale**

In Tabella 5-9 vengono riportati tutti i ricavi relativi al mais. Come già specificato, però, nella ricerca vengono presi in esame soltanto i ricavi da granella (chiamati “ricavi da

prodotto principale”) poiché solo per la granella esiste un mercato di riferimento. Oltretutto, quelli da granella sono gli unici ricavi a poter subire l’influenza delle tecnologie di AP utilizzate nelle operazioni colturali. Ad ogni modo, è facilmente intuibile come soprattutto i pagamenti PAC contribuiscano in maniera consistente alla definizione del totale delle componenti positive di reddito.

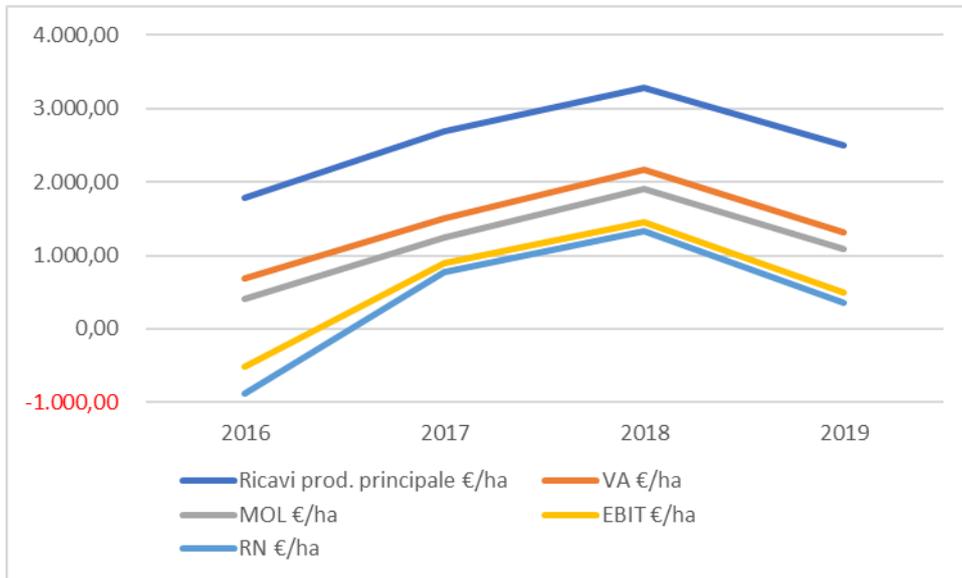
**Tabella 5-9: MAIS - Ricavi Totali (€/ha)**

<b>Anno</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
<i>Ricavi granella (€/ha)</i>	1.785,00	2.691,00	3.276,00	2.508,00
<i>PAC (€/ha)</i>	409,00	400,00	390,00	390,00
<i>Indennizzi assicurativi (€/ha)</i>	-	429,39	-	406,36
<b>TOTALE (€/ha)</b>	<b>2.194,00</b>	<b>3.520,39</b>	<b>3.666,00</b>	<b>3.304,36</b>

#### 5.4.2.3 Indicatori economici del mais

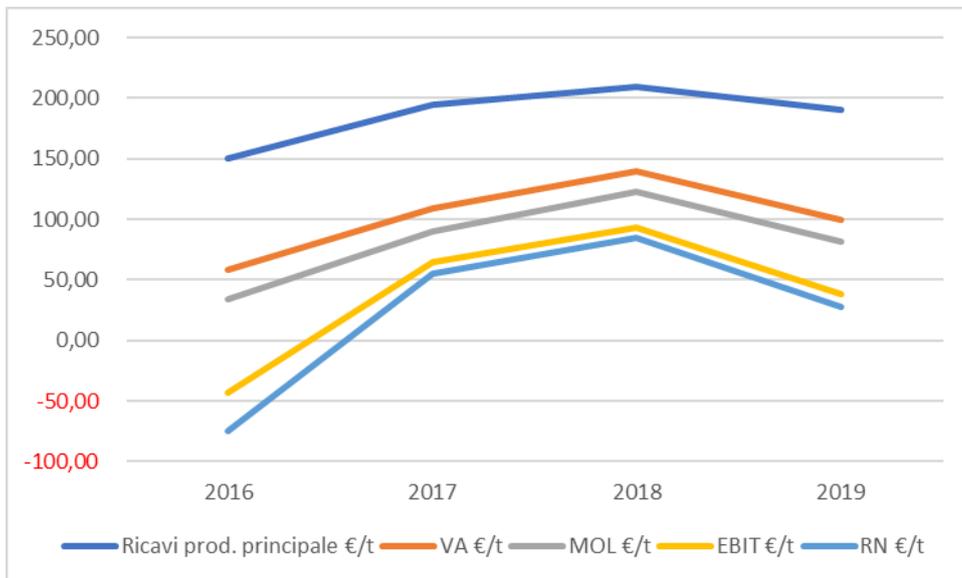
La Figura 5-26 mostra l’andamento, nel periodo 2016÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del mais da granella, espressi in euro per ettaro di mais coltivato. Il divario tra la curva dei ricavi e la curva del valore aggiunto (VA) è il maggiore in assoluto, in quanto, come già detto nel paragrafo 5.4.2.2, i costi variabili (CV) rappresentano la principale categoria di costo per tutto il periodo analizzato. Invece, lo scarto minimo in assoluto si osserva tra la curva dell’EBIT (Earnings Before Interests and Taxes, ossia il risultato ante oneri finanziari) e quella del reddito netto (RN), poiché gli interessi (QI) sono l’ultima categoria di costo per tutto l’arco temporale studiato. Tutte le curve in Figura 5-26 mostrano un andamento simile tra loro e soprattutto simile a quello dei ricavi, per cui si deduce che il valore annuale dei diversi indicatori economici varia in funzione dei ricavi più che in base ai costi. Questa affermazione vale anche per l’anno 2016, nel quale però la curva dell’EBIT si distanzia maggiormente da quella del margine operativo lordo (MOL) rispetto agli anni successivi. Questo fenomeno è dovuto alla minima superficie coltivata a mais proprio nel 2016, che lo ha portato ad essere l’unico anno in cui si è verificato un EBIT, e quindi anche un RN, negativo. La stretta correlazione tra gli indicatori economici ed i ricavi viene confermata dal fatto che, alla variazione negativa fatta registrare dai ricavi nel 2019 rispetto al 2017 (-7% circa), corrisponde anche una flessione degli

indicatori: -13% circa per il VA, -13% circa per il MOL, -44% circa per l'EBIT e, infine, -53% circa per il RN.



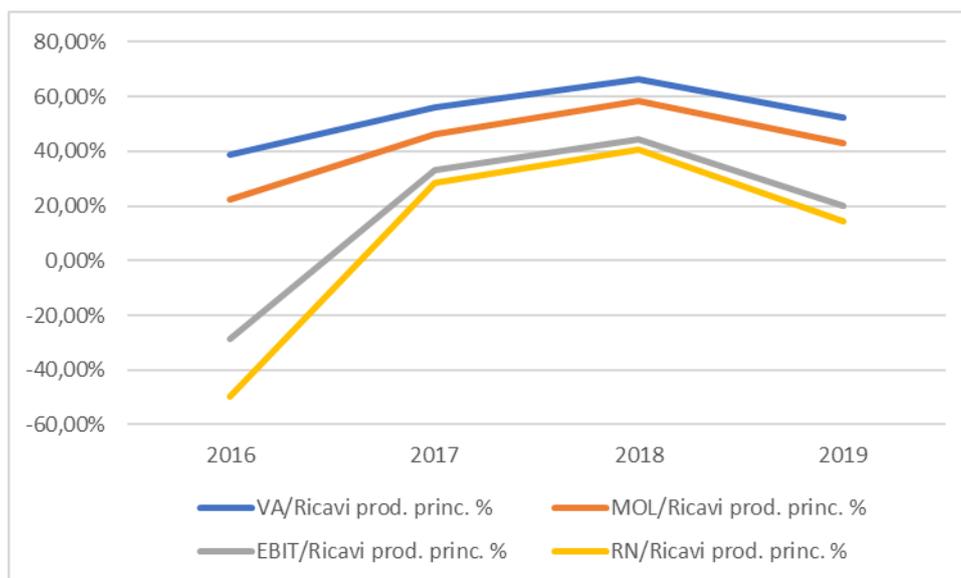
**Figura 5-26: MAIS - Indicatori economici (€/ha)**

La Figura 5-27 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del mais da granella, espressi in euro per tonnellata di granella di mais venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle tratte dalla Figura 5-26.



**Figura 5-27: MAIS - Indicatori economici (€/t)**

La Figura 5-28 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, degli indicatori economici derivanti dal conto economico del mais da granella, espressi in percentuale sui ricavi. Il valore aggiunto (VA) rappresenta mediamente il 53% circa dei ricavi (valore di circa il 56% nel 2017 e di circa il 52% nel 2019). Il margine operativo lordo (MOL), ovvero la redditività conseguente alla sola gestione operativa aziendale (il MOL è un'approssimazione dei flussi di cassa aziendali e quindi dell'autofinanziamento potenziale dell'impresa), rappresenta mediamente circa il 42% dei ricavi (valore di circa il 46% nel 2017 e di circa il 43% nel 2019). L'EBIT, che rappresenta il risultato d'impresa prima che vengano conteggiati gli oneri finanziari, è mediamente il 17% circa dei ricavi (valore di circa il 33% nel 2017 e di circa il 20% nel 2019). Il reddito netto (RN), ovvero il profitto d'impresa, è, in media, circa l'8% dei ricavi (valore di circa il 29% nel 2017 e di circa il 14% nel 2019). A conferma di quanto osservato nelle figure precedenti, la Figura 5-28 mostra un EBIT, e quindi un RN, negativo nel 2016, a seguito della minima superficie coltivata a mais in quell'anno.

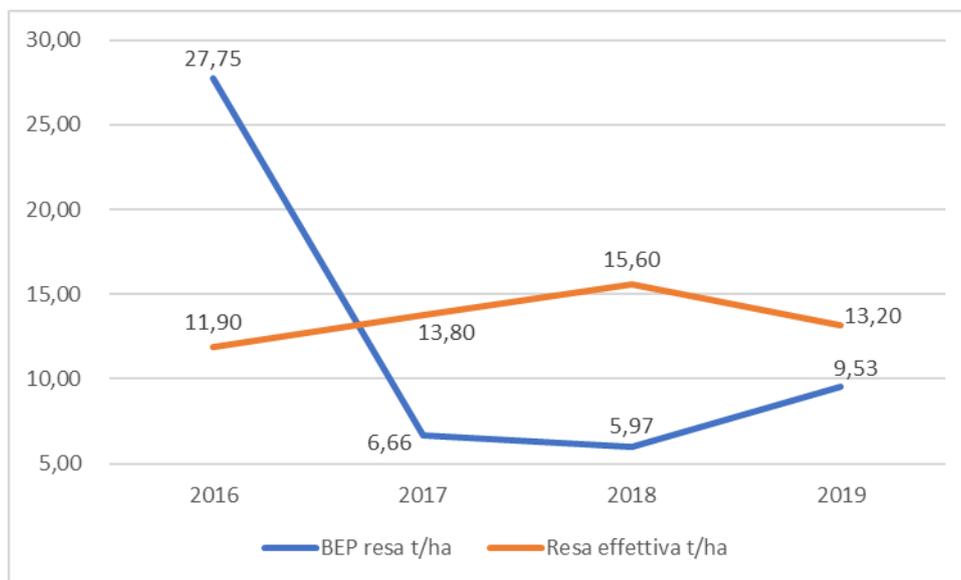


**Figura 5-28: MAIS - Indicatori economici (% sui Ricavi prodotto principale)**

#### 5.4.2.4 Break even analysis del mais

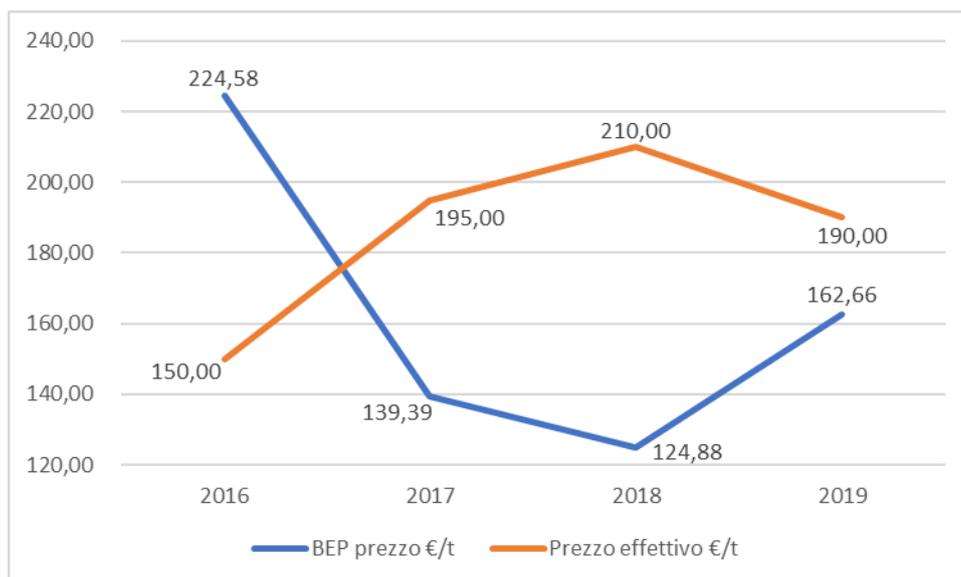
La Figura 5-29 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, del break even point (BEP) resa produttiva e della resa media effettiva, entrambi espressi in tonnellate di granella di mais prodotte per ettaro. È evidente come la resa media effettiva venga ampiamente superata dal BEP nel 2016. Infatti, solo nel 2016 si è registrato un reddito netto (RN) negativo e, per ottenere il pareggio di bilancio, sarebbero state necessarie 27,75 t/ha di resa media invece che le 11,9 t/ha effettivamente prodotte. Nei restanti anni, la resa media effettiva è stata sempre ampiamente sufficiente per garantire un RN positivo, il che vuol dire che l'azienda è

stata molto efficiente in termini di quantità prodotte per ettaro. Di conseguenza, si può affermare che non ci sarebbe stata alcuna motivazione valida per mirare ad un incremento delle rese, anche perché una tale strategia avrebbe potuto comportare effetti indesiderati come la crescita dei costi di produzione. Il divario tra le due curve è tanto più ampio quanto più è elevato il RN dell'anno.



**Figura 5-29: MAIS - BEP resa (t/ha) e Resa effettiva (t/ha)**

La Figura 5-30 mostra l'andamento, nel periodo 2016÷2019, del BEP prezzo e del prezzo effettivo, entrambi espressi in euro per tonnellata di granella di mais venduta. Da questo grafico emergono considerazioni analoghe a quelle fatte a riguardo della Figura 5-29. Infatti, solo nel 2016 il BEP supera il prezzo effettivo (224,58 €/t contro 150,00 €/t), in quanto si tratta dell'unico anno in cui si è verificato un reddito netto (RN) negativo. Ad ogni modo, contrariamente a quanto detto a commento del BEP resa produttiva, è sempre auspicabile mirare ad incrementare il prezzo di vendita, per esempio grazie all'aumento della qualità del prodotto.



**Figura 5-30: MAIS - BEP prezzo (€/t) e Prezzo effettivo (€/t)**

#### 5.4.2.5 Analisi di sensitività del mais

La Tabella 5-10 mostra i risultati dell'analisi di sensitività condotta sul conto economico del mais da granella. Rispetto alla metodologia descritta nel Paragrafo 5.2, si è deciso di escludere l'anno 2016 da questa analisi, in quanto i relativi risultati economici avrebbero generato delle risultanze contraddittorie rispetto alla situazione reale. Quindi, emerge che, se volessimo ottenere un reddito netto (RN) 2019 maggiore o uguale a quello del 2017 (ovvero un RN di almeno 767,47 €/ha), dovremmo raggiungere (*ceteris paribus*): una resa produttiva pari a circa 15,35 t/ha (rispetto alle 13,20 t/ha effettive) oppure un prezzo di vendita di circa 220,81 €/t (rispetto ai 190,00 €/t effettivi) o dei costi variabili pari a circa 59,68 €/t (rispetto ai 90,49 €/t effettivi) oppure una superficie coltivata di circa 135,89 ha (rispetto ai 59,00 ha effettivi). Perciò, è evidente come, nel periodo "post-innovazione", gli auspicati effetti positivi dell'innovazione in termini di redditività, per concretizzarsi appieno richiedano un arco temporale maggiore di un singolo anno. Infatti, si può ipotizzare che le nuove tecnologie di AP introdotte in azienda possano consentire, nel tempo, di incrementare la resa produttiva (grazie alle maggiori densità di semina, conseguenti all'adozione della semina a rateo variabile) e/o di aumentare il prezzo di vendita (grazie all'incremento della qualità del prodotto) e/o di ridurre i costi variabili di produzione (a seguito dell'ottimizzazione della gestione degli input colturali). Invece, la crescita delle superfici coltivate è difficilmente perseguibile in quanto le dinamiche del mercato fondiario ne ostacolano l'attuazione (sebbene l'attuale struttura aziendale, in termini soprattutto di lavoro e capitale, potrebbe anche sostenere un incremento della scala produttiva).

**Tabella 5-10: MAIS - Analisi di sensitività**

	<b>Produttività della terra (t/ha)</b>	<b>Prezzo di vendita (€/t)</b>	<b>Costo dell'unità di prodotto (€/t)</b>	<b>Scala di produzione (ha)</b>
<i>Importo effettivo</i>	13,20	190,00	90,49	59,00
<i>Importo target</i>	15,35	220,81	59,68	135,89
<i>Variazione %</i>	+16,29%	+16,22%	-34,05%	+130,32%

#### 5.4.3 *Analisi comparativa tra frumento duro e mais*

Il presente paragrafo si pone l'obiettivo di esaminare ulteriormente i risultati ottenuti dall'analisi economico-ambientale dell'agricoltura di precisione fin qui condotta, mettendo a confronto le evidenze relative al frumento duro con quelle relative al mais. In particolare, le variazioni delle principali voci del conto economico, e non solo, verificatesi a seguito della "trasformazione tecnologica" attuata dall'azienda nel 2018, sono riassunte in Tabella 5-11 per il frumento duro ed in Tabella 5-12 per il mais. Come già anticipato nei precedenti paragrafi, il 2014 è stato preso come anno di riferimento per il "periodo pre-innovazione" del frumento duro, mentre per il mais è stato scelto il 2017. Invece, il 2019 rappresenta il "periodo post-innovazione" per entrambe le colture. In realtà, per alcune voci riguardanti il frumento duro, è stato possibile determinare anche la variazione avvenuta nel 2020 rispetto al 2014 (cfr. Paragrafo 5.4.1.2), ovvero si è potuto ampliare il "periodo post-innovazione" a due anni invece che uno.

I ricavi derivanti dalla vendita della granella sono scesi per entrambe le colture. Tale decremento, però, va imputato ad avversità che si sono verificate nel 2019 e quindi l'agricoltura di precisione non ha avuto alcun effetto. Infatti, una piccola quota delle superfici coltivate a frumento duro è stata colpita da una grandinata, mentre una consistente parte della superficie di mais è stata allettata dal vento. Quindi, si sono ridotte le rese produttive e la qualità delle granelle, con una conseguente riduzione anche del prezzo di vendita. La riduzione in termini di redditività è stata compensata dagli indennizzi assicurativi riscossi (cfr. Paragrafo 5.4.1.2 e Paragrafo 5.4.2.2). In conclusione, andamento meteorologico permettendo, grazie alle innovazioni introdotte, i titolari si attendono un incremento sia delle rese produttive che della qualità del prodotto, così da invertire tale trend negativo dei ricavi.

Emerge che i costi totali sono lievitati per ambedue le colture ma tale dinamica era del tutto prevedibile ed inevitabile, in quanto è dovuta quasi esclusivamente all'aumento delle

quote di ammortamento scaturito a seguito degli acquisti in capitale innovativo effettuati nel 2018.

I costi variabili (CV) hanno fatto registrare piccolissime variazioni. Infatti, la finalità dell'agricoltura di precisione non è sempre quella di ridurre le quantità di input colturali consumati, anzi è soprattutto quella di ottimizzarne l'utilizzo, così da generare effetti positivi in termini di rese produttive e di qualità del prodotto e quindi in termini di ricavi. Inoltre, va ricordato che tali costi dipendono fortemente dal prezzo di mercato degli input, che è spesso volatile e che non può essere influenzato dalle tecniche di agricoltura di precisione, per cui è sicuramente più efficace focalizzare l'attenzione sulle quantità di input impiegati. Prendendo in esame le sementi, è interessante soprattutto notare come il frumento duro sia stato interessato da un trend in flessione delle quantità, mentre il mais ha visto incrementare le dosi di semina. Infatti, per il frumento duro l'AP ha generato un'ottimizzazione nell'uso delle sementi, mentre per il mais l'obiettivo è quello di aumentare le densità di semina al fine di incrementare le rese produttive. Le quantità di fertilizzanti (rappresentate interamente da unità di azoto per entrambe le colture) sono aumentate poiché l'indagine ARP ha evidenziato la necessità di superiori apporti azotati, i quali sono stati distribuiti in maniera mirata in campo. Le quantità di agrofarmaci sono fortemente diminuite nel frumento duro, sia grazie alle nuove tecnologie di AP (irroratrice semovente con distribuzione a rateo variabile basata su mappe di prescrizione) che grazie all'evoluzione del mercato agrochimico verso prodotti applicabili a dosi sempre più basse. Il mais, invece, ha fatto registrare un incremento dei fitofarmaci distribuiti, ma ciò è imputabile esclusivamente ad un andamento meteorologico stagionale avverso che ha caratterizzato il 2019. Restando sul mais, gli apporti irrigui sono diminuiti. Infatti, l'evoluzione tecnologica aziendale ha determinato effetti positivi, sia diretti che indiretti, sulla capacità di ritenzione idrica dei suoli e soprattutto sulla gestione operativa dell'irrigazione (cfr. Paragrafo 5.3 e Paragrafo 5.4.2.1). Ambedue le colture hanno fatto registrare un consistente abbattimento dei consumi di gasolio, in quanto le nuove macchine hanno una migliore capacità operativa rispetto alle precedenti e, inoltre, sono tutte equipaggiate con i più avanzati sistemi di guida satellitare, i quali permettono di limitare al massimo le sovrapposizioni. Va sottolineato come tale risparmio sul gasolio si rifletta molto positivamente sulla sostenibilità ambientale dell'agricoltura di precisione, in quanto consegue in una riduzione delle quantità di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) immessa in atmosfera dal sistema agricolo. Le variazioni riguardanti il costo della raccolta tramite contoterzismo ed i premi assicurativi (per eventi atmosferici e grandine) sono determinate esclusivamente dalle dinamiche di contrattazione.

Le variazioni riguardanti gli indicatori economici (VA, MOL, EBIT e RN), essendo essi dei saldi del conto economico, sono strettamente connesse a quelle dei ricavi e dei costi, per cui gli eventuali effetti dell'agricoltura di precisione coincidono con quelli esaminati in questo paragrafo proprio per i ricavi e per i costi.

Il costo del personale (L) si è ridotto sia per il frumento duro che per il mais, in quanto le innovazioni introdotte conseguono in indiscutibili vantaggi in termini di efficientamento delle risorse umane coinvolte nel processo produttivo.

In conclusione, si è verificato un consistente aumento del valore delle quote di ammortamento, date dalla somma del deprezzamento del capitale (QC) con gli interessi (QI). Tale incremento è dovuto ai numerosi acquisti in tecnologie di AP realizzati dall'azienda nel 2018, per cui si tratta di costi inevitabilmente da sostenere per poter innovare l'azienda.

***Tabella 5-11: FRUMENTO DURO - Effetti economico-ambientali dell'agricoltura di precisione***

<b>FRUMENTO DURO</b>	<b>Variazione % 2014-2019</b>
Ricavi Totali (Ricavi granella + PAC + Ind. assic.)	-9%
Resa produttiva media	-13%
Costi Variabili (CV)	-1%
Costo sementi	+3% *
Quantità sementi	-3% *
Costo fertilizzanti	0% *
Quantità fertilizzanti	+8% *
Costo agrofarmaci	-9% *
Quantità agrofarmaci	-53% *
Costo gasolio	-53% *
Quantità gasolio	-28% *
Costo del Personale (L)	-9%

LEGENDA: \* variazione % 2014-2020.

**Tabella 5-12: MAIS - Effetti economico-ambientali dell'agricoltura di precisione**

<b>MAIS</b>	<b>Variazione % 2017-2019</b>
Ricavi Totali (Ricavi granella + PAC + Ind. assic.)	-6%
Resa produttiva media	-4%
Costi Variabili (CV)	+1%
Costo sementi	+9%
Quantità sementi	+6%
Costo fertilizzanti	+17%
Quantità fertilizzanti	+9%
Costo agrofarmaci	-6%
Quantità agrofarmaci	+8%
Costo acqua irrigazione	-9%
Quantità acqua irrigazione	-31%
Costo gasolio	0%
Quantità gasolio	-17%
Costo del Personale (L)	-13%

#### *5.4.4 Ruolo delle politiche di innovazione nel caso di studio*

Questo paragrafo prende in esame le informazioni raccolte mediante la Sezione D del questionario di indagine, ossia quella intitolata “Politiche di innovazione per l’agricoltura di precisione” (cfr. Paragrafo 5.2.1).

In risposta al quesito 25 (“Finanziamento degli investimenti in tecnologie di AP realizzati dall’azienda”), i titolari hanno mostrato un ottimo grado di conoscenza in merito alle politiche regionali, nazionali ed europee volte a finanziare investimenti in tecnologie innovative per l’agricoltura. Come anticipato nel Paragrafo 5.3, nel 2018 essi hanno aderito alla Misura 4 del PSR Marche 2014÷2020 per finanziare parzialmente sia l’acquisto del capitale macchine innovativo che la realizzazione degli impianti fissi per l’essiccazione e lo stoccaggio delle granelle. Nello specifico, anche grazie al requisito di “giovane agricoltore”,

è stata colta l'opportunità fornita dalla Sottomisura 4.1 "Sostegno a investimenti nelle aziende agricole", la quale, come illustrato nel Paragrafo 3.4, comprende tra gli investimenti ammissibili le macchine e le attrezzature agricole tecnologicamente avanzate e rapportate alle effettive esigenze aziendali, come ad esempio quelle che garantiscono la riduzione di concimi e fitofarmaci tramite l'adozione di sistemi di agricoltura di precisione. Entrando nel dettaglio, all'azienda è stato assegnato un finanziamento:

- pari al 40% dell'importo totale investito per le seguenti macchine agricole (cfr. Paragrafo 5.3): trattrice "John Deere 6155R", irroratrice semovente, seminatrice da sodo, seminatrice di precisione, spandiconcime, drone;
- pari al 50% dell'importo totale investito per la realizzazione degli impianti fissi per l'essiccazione e lo stoccaggio delle granelle (cfr. Paragrafo 5.3).

Per riassumere, il finanziamento complessivo ammonta a circa 800.000 euro. Comunque, gli imprenditori hanno tenuto a precisare che, nel pianificare un nuovo investimento, essi eseguono sempre una break even analysis finalizzata a giudicarne la sostenibilità economica anche nel caso in cui dovessero far ricorso per intero all'autofinanziamento. In una scala da 1 a 5 (che va da "per niente" a "estremamente"), i titolari sono estremamente soddisfatti della quota di finanziamento ricevuta (giudizio di 5), mentre sono mediamente soddisfatti sia della facilità di presentazione della domanda di finanziamento che del tempo intercorso tra presentazione della domanda e liquidazione del finanziamento (giudizio di 3 per entrambi gli aspetti). L'azienda ha tentato anche l'adesione alla Misura 16.1 del PSR Marche 2014÷2020 (cfr. Paragrafo 3.4), ma con esito negativo. Nello specifico, i titolari avrebbero desiderato partecipare ad un Gruppo Operativo PEI-AGRI (GO) riguardante la sostenibilità ambientale e l'agricoltura conservativa.

Al quesito 26 ("Futuri investimenti in tecnologie di AP in azienda"), gli imprenditori hanno risposto dimostrandosi molto interessati all'adesione a politiche europee per l'innovazione e alla partecipazione a progetti internazionali di ricerca. In particolare, essi hanno recentemente aderito ad un progetto di formazione "Erasmus Extension" e ad un progetto "Horizon 2020" riguardante la robotica in agricoltura. Inoltre, come prossimo investimento in AP, l'azienda sta valutando l'acquisto della tecnologia "Precision Planting" (prodotta dalla società Trimble). Questo sistema innovativo farà sì che la seminatrice produrrà la mappa di prescrizione direttamente in campo, eseguendola quindi in tempo reale. Nello specifico, essa potrà interessare la semina del mais, in quanto si ipotizza che possa generare un'emergenza uniforme delle piantine, risolvendo quindi molti problemi legati a

questa critica fase fenologica. Le modalità di finanziamento di tale eventuale acquisto non sono ancora state prese in considerazione dai titolari.

Ai quesiti 27 e 28 (rispettivamente “Azienda che non si avvale di piattaforme cloud” e “Azienda che si avvale di piattaforme cloud”), gli imprenditori hanno risposto che gestiscono sia la sfera economica che quella agronomica con l’ausilio di software e piattaforme digitali. In tal modo, essi ricevono un supporto decisionale fondamentale nella moderna agricoltura. Comunque, sarebbero sicuramente attratti dalla disponibilità sul mercato di un software o di una piattaforma digitale che accorpasse la gestione delle varie tecnologie di AP utilizzate. Infatti, attualmente i principali punti di debolezza di questi DSS (Decision Support Systems) sono rappresentati proprio dal fatto che raramente sono in grado di “comunicare” tra loro. A tal proposito, i titolari sono entusiasti di aver aderito al suddetto progetto Horizon 2020, in quanto esso prevede anche la creazione di piattaforme digitali che interagiscano reciprocamente.

In risposta al quesito 29 (“Suggerimenti per strategie future in AP”), gli imprenditori hanno risposto che non ritengono sufficienti le strategie attualmente promosse dalle istituzioni per favorire la diffusione delle tecnologie di AP nelle aziende agricole. In particolare, essi ritengono fortemente limitante l’assenza di politiche dedicate specificatamente all’agricoltura digitale, soprattutto a livello regionale e nazionale. Tale riflessione conferma quanto emerso anche dal Paragrafo 3.4, dato che, per esempio, la Misura 4.1 del PSR Marche 2014÷2020 è inerente agli investimenti strutturali in generale e riguarda solo marginalmente le tecnologie innovative.

Al quesito 30 (“Adattamento dell’azienda all’AP”), i titolari hanno risposto che una delle maggiori difficoltà che incontrano da sempre nell’introdurre una nuova tecnologia di AP in azienda è data dalla mancanza di esperienze pregresse in zona, per cui l’applicazione di un’innovazione, inizialmente, presenta sempre delle incognite. Allo stesso tempo, ciò rappresenta una sfida continua, che stimola le capacità imprenditoriali, anche perché la strategia scelta è quella di tenere costantemente il passo dell’evoluzione tecnologica. Inoltre, un aggravio a tali difficoltà, fino a pochi anni fa, era dato dalla presenza di pochissimi rivenditori specializzati in AP nella regione Marche. Va aggiunto anche che i dipendenti erano preoccupati dall’affrontare per la prima volta l’adozione delle tecnologie di AP, ma il loro apprendimento si è poi rivelato molto rapido, anche grazie ai cicli di formazione regolarmente organizzati dai titolari, tantoché ora non riescono più a fare a meno di utilizzarle. Per tutti questi motivi, in una scala da 1 a 5 (che va da “per niente” a

“estremamente”), gli imprenditori ritengono mediamente difficoltosa (giudizio di 3) la “transizione” da tecniche tradizionali a tecnologie di AP.

## CONCLUSIONI

Ad oggi, l'agricoltura di precisione (AP) in Italia riscontra, da parte degli imprenditori agricoli, ancora un certo grado di resistività, dovuta alla difficoltà di comprendere che i vantaggi della tecnologia applicata all'agricoltura non sono immediati, ma i loro effetti si manifestano soprattutto nel lungo periodo. Il presente caso di studio, rappresentato dall'azienda cerealicola marchigiana "Agricolt Brandoni", ha permesso di valutare l'effetto nel tempo delle tecnologie di agricoltura di precisione, che hanno apportato un beneficio economico ed ambientale, dovuto all'efficientamento dell'utilizzo degli input colturali e dell'organizzazione delle attività aziendali. Infatti, se da una parte l'adozione di nuove tecnologie ha rappresentato per l'azienda un aumento dei costi fissi di ammortamento, derivanti dagli investimenti realizzati, dall'altra l'adozione di queste tecnologie ha garantito una maggiore efficienza ed una maggiore rapidità di esecuzione delle operazioni colturali.

La ricerca è iniziata con la definizione di un questionario di indagine, tramite il quale è stato possibile intervistare i titolari dell'azienda, al fine di raccogliere tutte le informazioni e tutti i dati necessari ad attuare l'analisi economico-ambientale. Quindi, è stato possibile analizzare la redditività economica sia del frumento duro, per il periodo 2013÷2019, che del mais, per il periodo 2016÷2019. Dal conto economico, realizzato annualmente per ognuna delle due colture, a partire dai ricavi, sottraendo progressivamente le diverse voci di costo, si sono ottenuti quattro indicatori economici: Valore Aggiunto (VA), Margine Operativo Lordo (MOL), Earnings Before Interests and Taxes (EBIT) e Reddito Netto (RN). Tutti questi indicatori sono risultati ampiamente positivi negli anni, ad eccezione di un solo anno per il frumento duro e di un solo anno per il mais. Ciò sta a significare che l'azienda pratica la cerealicoltura con un ottimo livello di efficienza economica, anche perché, quando si è verificata una redditività negativa, le cause erano prevalentemente costituite da un aumento dei costi di ammortamento relativi ad investimenti realizzati in capitale innovativo, ovvero in tecnologie di agricoltura di precisione. Nello specifico, nel 2018 l'azienda ha messo in atto una vera e propria "trasformazione tecnologica", innalzando notevolmente il livello di "precisione" che già la caratterizzava. La ricerca è proseguita, parallelamente per ambedue le colture target, con una break even analysis e, poi, con un'analisi di sensitività condotta sui

risultati del conto economico. In particolare, la break even analysis ha permesso di evidenziare ancor più chiaramente l'efficienza economica dell'azienda, specialmente dal punto di vista delle rese produttive e del prezzo di vendita delle granelle prodotte. Invece, l'analisi di sensitività ha consentito di valutare gli effetti sul conto economico dell'evoluzione tecnologica attuata nel 2018, facendo emergere che gli incrementi di qualità del prodotto e di resa produttiva che i titolari si attendono d'ora in avanti saranno presumibilmente le due leve che consentiranno di far lievitare i ricavi e, quindi, la redditività della cerealicoltura.

Dall'analisi è emerso che, a seguito dell'innalzamento del livello di AP, si è ridotto considerevolmente il costo del personale (L), sia per il frumento duro (-9%) che per il mais (-13%). Questi risparmi sono addirittura superiori al circa -6% riportato in letteratura (Bora, et al., 2012). Questo decremento del costo del lavoro va imputato all'efficientamento della gestione delle colture derivante dall'agricoltura di precisione, poiché le operazioni colturali vengono eseguite con maggiore efficienza e rapidità. Tutto ciò consegue in un efficientamento della gestione delle risorse umane, le quali, così, possono anche essere riallocate su altre attività produttive aziendali.

Dal presente lavoro di tesi, si evince anche che l'evoluzione tecnologica aziendale ha generato l'ottimizzazione della gestione degli input colturali. Infatti, nonostante i costi variabili (CV) siano rimasti quasi invariati, si può soltanto raramente affermare lo stesso anche per le quantità consumate degli input stessi. Nello specifico, la semina a rateo variabile ha ridotto la quantità di semente utilizzata per il frumento duro (-3%), mentre ha aumentato quella usata per il mais (+6%). Infatti, la distribuzione del seme di frumento è stata ottimizzata, mentre quella del seme di mais è stata intenzionalmente indirizzata verso un aumento delle densità di semina, al fine di incrementare la resa produttiva. Anche una ricerca condotta in Brasile sull'introduzione della semina a rateo variabile nella coltivazione del mais, per zone ad alta produttività (così come è possibile definire il contesto del nostro caso di studio), ha evidenziato un incremento della quantità di seme distribuito pari a +13% (Hörbe, et al., 2013). La nostra analisi, a seguito dell'introduzione della concimazione a rateo variabile, ha rilevato un incremento delle quantità di azoto apportato, sia per il frumento duro (+8%) che per il mais (+9%). Tali risultati sono in controtendenza con la letteratura, la quale evidenzia delle riduzioni in termini di azoto distribuito (Koch, et al., 2004) (Tekin, 2010) (Biggar, et al., 2013). Però, nel nostro caso di studio, è stata messa in atto una strategia di ottimizzazione della fertilizzazione azotata, in quanto l'esecuzione dell'indagine ARP (Automatic Resistivity Profiling) ha permesso di individuare

puntualmente le zone degli appezzamenti soggette a carenza di azoto, che così vengono ormai compensate in maniera mirata. Inoltre, nel caso del mais, l'incremento della quantità di azoto è, almeno in parte, correlato anche all'aumento della quantità di semente sopracitato. Le quantità di agrofarmaci sono considerevolmente diminuite nel frumento duro (-53%), sia grazie alle nuove tecnologie di AP (irroratrice semovente con distribuzione a rateo variabile basata su mappe di prescrizione) che grazie all'evoluzione del mercato agrochimico verso prodotti applicabili a dosi sempre più basse. Diversi autori affermano che l'agricoltura di precisione (in particolare, il diserbo chimico a rateo variabile) determina un risparmio in agrofarmaci in cerealicoltura (Gerhards & Sökefeld, 2003) (Timmermann, et al., 2003). Per il mais, invece, si è riscontrato un incremento dei fitofarmaci distribuiti (+8%), ma ciò è imputabile esclusivamente ad un andamento meteorologico stagionale avverso che ha caratterizzato il 2019. L'evoluzione tecnologica aziendale ha generato effetti positivi, sia diretti che indiretti, sulla capacità di ritenzione idrica dei suoli e soprattutto sulla gestione operativa dell'irrigazione del mais. Perciò, si è determinato un abbattimento dei volumi di acqua di irrigazione distribuiti (-31%) che va oltre le evidenze che emergono in letteratura, dove il risparmio di acqua di irrigazione su mais si quantifica al massimo in circa -26% (Sadler, et al., 2005) (Hedley & Yule, 2009) (Evans, et al., 2013). Sia il frumento duro che il mais hanno fatto registrare un rilevante decremento dei consumi di gasolio, quantificati rispettivamente in -28% e -17%, ossia dei risparmi che superano ampiamente, ad esempio, il -6,32% quantificato in una ricerca statunitense (Bora, et al., 2012). Ciò è stato possibile grazie alle nuove macchine agricole acquistate, le quali hanno una migliore capacità operativa rispetto alle precedenti e, tra l'altro, sono tutte equipaggiate con i più avanzati sistemi di guida satellitare, i quali consentono di limitare al massimo le sovrapposizioni. Va sottolineato come l'ottimizzazione della gestione degli input colturali appena discussa si rifletta molto positivamente sulla sostenibilità ambientale dell'agricoltura di precisione, in quanto può tradursi in una riduzione delle emissioni di gas serra imputate ai sistemi agricoli.

L'azienda agricola "Agricolt Brandoni", grazie alla progressiva applicazione di tecnologie di agricoltura di precisione, ha quindi raggiunto dei risultati positivi sia dal punto di vista economico che dal punto di vista ambientale. Inoltre, i titolari dell'azienda si attendono che le innovazioni introdotte conseguano, negli anni a venire, in incrementi sia di resa produttiva che di qualità del prodotto, aumentando così i ricavi e, perciò, anche la redditività della cerealicoltura.

Il questionario di indagine ha permesso anche di evidenziare anche l'importanza del ruolo delle politiche a sostegno degli investimenti innovativi. Infatti, nel 2018 l'azienda ha aderito

alla Misura 4 del PSR Marche 2014÷2020 per finanziare parzialmente sia l'acquisto del capitale macchine innovativo che la realizzazione degli impianti fissi per l'essiccazione e lo stoccaggio delle granelle. I titolari hanno evidenziato la loro soddisfazione per la quota di finanziamento ricevuta, mentre non hanno potuto dire lo stesso sia per il grado di difficoltà legato alla presentazione della domanda di finanziamento, che per il tempo intercorso tra presentazione della domanda e liquidazione del finanziamento. L'azienda ha tentato anche l'adesione alla Misura 16.1 del PSR Marche 2014÷2020, ma con esito negativo. In particolare, i titolari avrebbero desiderato partecipare ad un Gruppo Operativo PEI-AGRI (GO) riguardante la sostenibilità ambientale e l'agricoltura conservativa. Gli imprenditori si sono dimostrati molto interessati anche all'adesione a politiche europee per l'innovazione e alla partecipazione a progetti internazionali di ricerca. Tra l'altro, l'azienda sta già valutando l'acquisto di nuove tecnologie di AP. Nonostante ciò, i titolari auspicano un interesse sempre maggiore delle istituzioni pubbliche verso il settore dell'agricoltura di precisione. Nello specifico, ritengono che, ai fini di agevolare la diffusione dell'AP, si dovrebbero istituire delle politiche dedicate esclusivamente a questo settore, soprattutto a livello regionale e nazionale. Tale riflessione nasce, in particolare, dal fatto che, per esempio, la Misura 4.1 del PSR Marche 2014÷2020 è inerente agli investimenti strutturali in generale e riguarda solo marginalmente le tecnologie innovative.

In conclusione, i titolari hanno rivelato che una delle maggiori difficoltà che incontrano da sempre nell'introdurre una nuova tecnologia di AP in azienda è rappresentata dalla mancanza di esperienze pregresse in zona, per cui l'applicazione di un'innovazione presenta sempre delle incognite iniziali. Comunque, tutto ciò si traduce in uno stimolo continuo a mettere a frutto le proprie capacità imprenditoriali, anche perché la strategia scelta è quella di seguire costantemente l'evoluzione tecnologica del settore agricolo. Inoltre, almeno fino a pochi anni fa, gli imprenditori si trovavano ad operare in un contesto locale che era caratterizzato da una scarsissima presenza di rivenditori specializzati in AP. Infine, titolari attribuiscono una difficoltà media al percorso di "transizione" da tecniche tradizionali a tecnologie di AP, anche perché gli ostacoli appena descritti sono stati mitigati in positivo dal fatto che i dipendenti aziendali, nonostante fossero preoccupati dall'affrontare per la prima volta l'adozione delle tecnologie di AP, abbiano appreso le nuove competenze e abilità in maniera molto rapida e con un approccio sempre più entusiasta.

## BIBLIOGRAFIA

- Agliati, M., 2002. *Amministrazione e controllo nell'impresa agricola. Misurazione economica, valutazione e controllo della gestione*. s.l.:EGEA.
- Auernhammer, H. & Demmel, M., 2016. State of the art and future requirements. In: Q. Zhang, a cura di *Precision Agriculture Technology for Crop Farming*. s.l.:CRC Press (Taylor&Francis), pp. 299-346.
- Bacchetti, A. & Renga, F., 2018. *Il Glossario dell'Agricoltura 4.0*, s.l.: s.n.
- Basso, B., Bertocco, M., Sartori, L. & Martin, E. C., 2007. Analyzing the effects of climate variability on spatial pattern of yield in a maize-wheat-soybean rotation. *European Journal of Agronomy*, Issue 26, pp. 82-91.
- Bates, J., Brophy, N., Harfoot, M. & Webb, J., 2009. *Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC), Agriculture: methane and nitrous oxide*, s.l.: AEA Energy Environment.
- Biermacher, J. T. et al., 2009. The economic potential of precision nitrogen application with wheat based on plant sensing. *Agricultural Economics*, 40(4), pp. 397-407.
- Biggar, S. et al., 2013. *Greenhouse gas mitigation options and costs for agricultural land and animal production within the United States*, Washington, DC, USA: ICF International, Department of Agriculture Climate Change Program Office.
- Bisaglia, C., 2018. Agricoltura di precisione in Italia: un'opportunità di aggiornamento delle agrotecniche, di sviluppo professionale e di efficienza del settore. *Agriregionieuropa*, Issue 53.
- Blackmore, S., 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agriculture*, Issue 26, pp. 37-51.
- Blondlot, A., Gate, P. & Poilvé, H., 2005. Providing operational nitrogen recommendations to farmers using satellite imagery. In: J. V. Stafford, a cura di *Precision Agriculture '05*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, pp. 345-351.

- Bora, G. C., Nowatzki, J. F. & Roberts, D. C., 2012. Energy savings by adopting precision agriculture in rural USA. *Energy, Sustainability and Society*, 2(1), p. 22.
- Calcante, A., Lazzari, M. & Sartori, L., 2016. Sistemi di posizionamento globale e sistemi di guida delle macchine agricole. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 157-180.
- Casa, R. et al., 2016. Il telerilevamento in agricoltura di precisione. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 69-108.
- Casa, R. & Pisante, M., 2016. Definizione ed evoluzione storica dell'Agricoltura di Precisione. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 1-4.
- Casa, R. & Pisante, M., 2016. Diffusione dell'Agricoltura di Precisione nel mondo. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 4-5.
- Castrignanò, A. & Buttafuoco, G., 2016. La gestione della variabilità spaziale e temporale nell'agricoltura di precisione. Introduzione alla geostatistica. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 43-67.
- Castrignanò, A., Landrum, C. & De Benedetto, D., 2015. Delineation of Management Zones in Precision Agriculture by Integration of Proximal Sensing with Multivariate Geostatistics. Examples of Sensor Data Fusion. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Issue 80, pp. 39-45.
- Chamen, T., 2016. *Controlled Traffic Farming*. [Online] Available at: <http://www.controlledtrafficfarming.com/downloads/CTF-Uffington-Impact-Machinery-Soils-Crops.pdf> [Consultato il giorno 8 Maggio 2020].
- Chamen, W. C. T., 2005. Controlled traffic farming - its benefits and realization. *Revista de la Facultad de Agronomía - Universidad Nacional de La Plata, Argentina*, 106(1), pp. 107-129.
- Cillis, D., Pezzuolo, A., Marinello, F. & Sartori, L., 2018. Field-scale electrical resistivity profiling mapping for delineating soil condition in a nitrate vulnerable zone. *Applied Soil Ecology*, Issue 123, pp. 780-786.
- Commissione europea, 2005. *Oslo Manual 2005: Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, s.l.: s.n.

- Commissione europea, 2010. *EUROPA 2020 Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*, s.l.: s.n.
- Commissione europea, 2016. *A strategic approach to EU agricultural research & innovation - final paper*, s.l.: s.n.
- Commissione europea, 2020. *CORDIS European Commission*. [Online] Available at: <https://cordis.europa.eu/projects/it> [Consultato il giorno 27 Gennaio 2020].
- Dammer, K. H. & Adamek, R., 2012. Sensor-based insecticide spraying to control cereal aphids and preserve lady beetles. *Agronomy Journal*, 104(6), pp. 1694-1701.
- Erickson, B. & Widmar, D. A., 2015. *Precision agricultural services dealership survey results*, s.l.: s.n.
- Evans, R. G., LaRue, J., Stone, K. C. & King, B. A., 2013. Adoption of site-specific variable rate sprinkler irrigation systems. *Irrigation science*, 31(4), pp. 871-887.
- Finco, A., Bentivoglio, D. & Bucci, G., 2018. Lessons of Innovation in the Agrifood Sector: Drivers of Innovativeness Performances. *Economia agro-alimentare*, 20(2), pp. 181-192.
- Fleming, K. L., Westfall, D. G., Wiens, D. W. & Brodahl, M. C., 2000. Evaluating farmer defined management zone maps for variable rate fertilizer application. *Precision Agriculture*, Issue 2, pp. 201-215.
- Franzen, D. & Mulla, D., 2016. A history of precision agriculture. In: Q. Zhang, a cura di *Precision Agriculture Technology for Crop Farming*. Boca Raton FL (USA): CRC Press (Taylor & Francis), pp. 1-19.
- Fratocchi, L. & Moretti, A., 2000. *Decisioni operative nella gestione d'impresa*. s.l.:McGraw-Hill.
- Gerhards, R. & Sökefeld, M., 2003. Precision farming in weed control—system components and economic benefits. *Precision agriculture*, Volume 4, pp. 229-234.
- Gessler, P. E. et al., 2000. Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes. *Soil Science Society of America Journal*, Issue 64, pp. 2046-2056.
- Goldman Sachs, 2016. *Precision Farming: Cheating Malthus with Digital Agriculture*, s.l.: s.n.
- Guérif, M. & King, D., 2007. *Agriculture de précision*. s.l.:Editions Quae INRA.

- Hedley, C. B. & Yule, I. J., 2009. Soil water status mapping and two variable-rate irrigation scenarios. *Precision Agriculture*, 10(4), pp. 342-355.
- Hörbe, T. D. A., Amado, T. J. C., Ferreira, A. D. O. & Alba, P. J., 2013. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. *Precision Agriculture*, 14(4), pp. 450-465.
- ISPA, 2020. *International Society of Precision Agriculture*. [Online] Available at: <https://www.ispag.org/> [Consultato il giorno 8 Maggio 2020].
- Jensen, H. G., Jacobsen, L. B., Pedersen, S. M. & Tavella, E., 2012. Socioeconomic impact of widespread adoption of precision farming and controlled traffic systems in Denmark. *Precision Agriculture*, 13(6), pp. 661-677.
- Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, 2014. *Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers - Potential Support with the CAP 2014-2020*, s.l.: s.n.
- Koch, B. et al., 2004. Economic feasibility of variable-rate nitrogen application utilizing site-specific management zones. *Agronomy Journal*, 96(6), pp. 1572-1580.
- La Rua, J. & Evans, R., 2012. *Considerations for variable rate irrigation*. Colby, Kansas, USA, Proceedings of the 24th Annual Central Plains Irrigation Conference.
- Lammel, J., Wollring, J. & Reusch, S., 2001. Tractor based remote sensing for variable nitrogen fertilizer application. In: W. J. Horst, et al. a cura di *Plant Nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems*. s.l.:Kluwer Academic Publishers, pp. 694-695.
- Lark, R. M., 1998. Forming spatially coherent regions by classification of multivariate data. *International Journal of Geographical Information Science*, Issue 12, pp. 83-98.
- Lazzari, M., Calcante, A., Sartori, L. & Oberti, R., 2016. I sistemi di mappatura delle produzioni. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 181-199.
- Linsley, C. M. & Bauer, F. C., 1929. *Test your soils for acidity*, Urbana IL.: University of Illinois Circular 346.
- Lu, Y. C., Sadler, E. J. & Camp, C. R., 2005. Economic feasibility study of variable irrigation of corn production in southeast coastal plain. *Journal of Sustainable Agriculture*, 26(3), pp. 69-81.

- Maier, L. & Steenblik, R., 1995. Towards sustainable agriculture. *OECD Observer*, Issue 196, pp. 36-38.
- Mamo, M. et al., 2003. Spatial and temporal variation in economically optimum nitrogen rate for corn. *Agronomy Journal*, 95(4), pp. 958-964.
- MarketsandMarkets, 2018. *Smart Agriculture Market - Global Forecast to 2023*, s.l.: s.n.
- Matese, A. et al., 2015. Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. *Remote Sensing*, Issue 7, pp. 2971-2990.
- Mazzetto, F., Riedl, M. & Sacco, P., 2016. Sistemi informativi aziendali ed agricoltura di precisione. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 9-41.
- Mercer, W. B. & Hall, A. D., 1911. The experimental error of field trials. *Journal of Agricultural Science*, 4(2), pp. 107-132.
- Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, 2017. *Linee guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione in Italia*, s.l.: s.n.
- Ministero dello Sviluppo Economico (MISE), 2017. *Piano nazionale Industria 4.0 - Guida*, s.l.: s.n.
- Moore, I. D., Gessler, P. E. & Peterson, G. A., 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. *Soil Science Society of America Journal*, Issue 57, pp. 443-452.
- Morari, F., Castrignanò, A. & Pagliarin, C., 2009. Application of Multivariate Geostatistics in Delineating Management Zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. *Computers and Electronics in Agriculture*, Issue 68, pp. 97-107.
- Mulla, D. J., 2013. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, Issue 114, pp. 358-371.
- Oliver, M. A., 2010. An overview of geostatistics and precision agriculture. In: M. A. Oliver, a cura di *Geostatistical Applications for Precision Agriculture*. s.l.:Springer, pp. 1-34.
- Pierce, F. J. & Nowak, P., 1999. Aspects of precision agriculture. In: *Advances in agronomy*. s.l.:Academic press, pp. 1-85.
- Pisante, M., 2016. Linee guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione. *Terra e Vita*, 20 Ottobre, pp. 54-56.

- Priori, S. et al., 2016. Sensori e metodi per rilievi prossimali delle proprietà del suolo e della coltura. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 129-155.
- Raun, W. R. et al., 2001. In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. *Agronomy Journal*, 93(1), pp. 131-138.
- Raun, W. R. et al., 2002. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. *Agronomy Journal*, 94(4), pp. 815-820.
- Regolamento (UE) n. 1303/2013, s.d. s.l.:s.n.
- Renga, F., Bacchetti, A., Pezzolla, P. & Pavesi, M., 2019. *L'Agricoltura 4.0 in Italia: domanda e offerta a confronto*, s.l.: s.n.
- Rete Rurale Nazionale, 2018. *I Gruppi Operativi del PEI Agri. I Progetti italiani*, s.l.: s.n.
- Rete Rurale Nazionale, 2020. *Innovarurale*. [Online] Available at: <https://www.innovarurale.it/it/pei-agri/gruppi-operativi/bancadati-go> [Consultato il giorno 28 Gennaio 2020].
- Roland Berger, 2015. *Business opportunities in Precision Farming: Will big data feed the world in the future?*, s.l.: s.n.
- Sadler, E. J., Evans, R., Stone, K. C. & Camp, C. R., 2005. Opportunities for conservation with precision irrigation. *Journal of soil and water conservation*, 60(6), pp. 371-378.
- Sartori, L., Marinello, F., Pezzuolo, A. & Tarolli, P., 2016. Lavorazioni variabili del terreno e semina a dose variabile. In: R. Casa, a cura di *Agricoltura di Precisione*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 229-247.
- Schimmelpfennig, D. & Ebel, R., 2016. Sequential adoption and cost savings from precision agriculture. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, pp. 97-115.
- Science and Technology Options Assessment (STOA), 2016. *Precision agriculture and the future of farming in Europe*, s.l.: s.n.
- Sehy, U., Ruser, R. & Munch, J. C., 2003. Nitrous oxide fluxes from maize fields: relationship to yield, site-specific fertilization, and soil conditions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 99(1-3), pp. 97-111.

- Shockley, J. M., Dillon, C. R. & Stombaugh, T. S., 2011. A whole farm analysis of the influence of auto-steer navigation on net returns, risk and production practices. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 43(1), pp. 57-75.
- Solie, J. B. et al., 2002. *Real-time sensing and N fertilization with a field scale GreenSeeker™ applicator*. Minneapolis, MN, Proceedings of the 2002 International Conference in Precision Agriculture.
- Tekin, A. B., 2010. Variable rate fertilizer application in Turkish wheat agriculture: Economic assessment. *African Journal of Agricultural Research*, 5(8), pp. 647-652.
- Timmermann, C., Gerhards, R. & Kühbauch, W., 2003. The economic impact of site-specific weed control. *Precision Agriculture*, 4(3), pp. 249-260.
- Torquati, B., 2015. Il controllo di gestione. In: B. Torquati, a cura di *Economia e gestione dell'impresa agraria*. s.l.:Edagricole - New Business Media, pp. 287-332.
- Unione europea (UE), 2020. *Horizon 2020*. [Online] Available at: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en> [Consultato il giorno 27 Gennaio 2020].
- Vagnozzi, A., 2018. L'agricoltura di precisione: un pacchetto di innovazioni complesso e con molte potenzialità. *Agriregionieuropa*, Issue 53, pp. 7-8.
- West, G. H. & Kovacs, K., 2017. Addressing groundwater declines with precision agriculture: An economic comparison of monitoring methods for variable-rate irrigation. *Water*, 9(1), p. 28.
- Whipker, L. D. & Akridge, J. T., 2003. *2003 Precision Agricultural Services Dealership Survey Results*, West Lafayette, Indiana, USA: Center for Food and Agricultural Business, Purdue University.
- Zhang, N., Wang, M. & Wang, N., 2002. Precision agriculture - a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, Issue 36, pp. 113-132.

## APPENDICE – QUESTIONARIO DI INDAGINE



### UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE, ALIMENTARI ED AMBIENTALI

Sezione di Economia Agraria ed Estimo

#### **QUESTIONARIO DI INDAGINE SULLE AZIENDE AGRICOLE CHE ADOTTANO TECNOLOGIE DI AGRICOLTURA DI PRECISIONE**

**Responsabili della ricerca:** Prof.ssa Adele Finco  
Dott.ssa Deborah Bentivoglio  
Dott.ssa Giorgia Bucci  
Dott. Matteo Belletti

**Tesista rilevatore:** Riccardo Ciampichini

**Scopo del questionario:** La presente indagine mira ad analizzare la sostenibilità economica ed ambientale legata all'adozione di tecnologie di Agricoltura di Precisione (AP) da parte delle aziende agricole, con un particolare focus sulle politiche di innovazione che incentivano la diffusione di queste tecnologie in agricoltura.

Luogo e data dell'intervista:

---

Nome e cognome dell'intervistato:

---

**A) INFORMAZIONI GENERALI SULL'AZIENDA**

1. Denominazione dell'azienda: .....
2. Ubicazione dell'azienda: .....
3. Recapito aziendale (telefonico e/o e-mail): .....
4. Titolare dell'azienda: *(in caso di più titolari, ripetere la "domanda 4" per ognuno di essi)*
  - Nome e cognome del titolare: .....
  - Genere:            M                    F
  - Età (anni):        18÷25            26÷40            41÷60            oltre 60
  - Titolo di studio: .....
  - Da quanti anni dirige l'azienda:  meno di 1    1÷5    6÷10    11÷15    oltre 15
5. Forma giuridica dell'azienda:
  - individuale (*specificare* .....
  - societaria (*specificare ed eventualmente indicare n° soci* .....
  - cooperativa (con n° ..... soci)
  - altro (*specificare* .....
6. Orientamento tecnico-economico (Ote) prevalente dell'azienda:
  - seminativi                                    ortofloricolo                                    frutticolo
  - vitivinicolo                                    olivicolo                                        zootecnico
  - altro (*specificare* .....

- In caso di Ote "zootecnico":

ANNATA AGRARIA ..... / .....		
Tipologia di allevamento	Genotipo allevato	N° capi mediamente presenti

7. Adozione di tecnologie di AP in azienda:
  - Anno di inizio degli investimenti in tecnologie di AP: .....
  - Motivazioni principali della scelta di investire in tecnologie di AP:
    - .....
    - .....
    - .....

8. Forma di conduzione dell'azienda:

- conduzione diretta del coltivatore
- l'azienda si avvale esclusivamente di manodopera familiare:  sì  no
  - se "no", si avvale di:
    - manodopera esterna (per il ..... % del fabbisogno lavorativo totale)
    - contoterzismo (per il ..... % del fabbisogno lavorativo totale)
- conduzione in economia con salariati (con n° ..... salariati)
- l'azienda fa ricorso a contoterzismo:  sì  no
  - se "sì", per il ..... % del fabbisogno lavorativo totale
- altro (*specificare* .....

9. Nel caso in cui l'azienda faccia ricorso a contoterzismo:

- Tali servizi includono l'uso di tecnologie di AP:  sì  no
- Se "sì", quali sono le motivazioni di questa scelta:

.....  
 .....

10. Titolo di possesso dei terreni:

Titolo di possesso	SAT (ha)	SAU (ha)
Proprietà		
Affitto		
Altro ( <i>specificare</i> .....		
<b>Totale (ha)</b>		

11. Giacitura prevalente dei terreni:

- pianeggiante  collinare  mista

12. Dimensioni e forme prevalenti degli appezzamenti di terreno:

- piccoli irregolari  piccoli regolari  
 grandi irregolari  grandi regolari

13. Utilizzazione dei terreni:

ANNATA AGRARIA ..... / .....			
Coltura	Superficie (ha)	Metodo di produzione ("convenzionale", "produzione integrata", "biologico")	Uso tecnologie AP ("sì" o "no")
<b>Totale</b>			

**B) ANALISI ECONOMICA DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE**

14. Investimenti in tecnologie di AP realizzati dall'azienda:

Tecnologia di AP *	Anno acquisto	Valore a nuovo (€)	Note
	<b>TOTALE (€)</b>		

\* inclusa/e eventuale/i piattaforma/e cloud

15. Coltura ..... - COSTI VARIABILI:

<b>COSTI VARIABILI</b> <b>(€/ha)</b>	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>					<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>				
	<b>Macchina</b>	<b>Manodopera</b>	<b>Mezzo tecnico</b>		<b>TOTALE</b> <b>(€/ha)</b>	<b>Macchina</b>	<b>Manodopera</b>	<b>Mezzo tecnico</b>		<b>TOTALE</b> <b>(€/ha)</b>
	<b>costo totale</b> <b>(€)</b>	<b>costo totale</b> <b>(€)</b>	<b>quantità</b> <b>(u.m.)</b>	<b>costo</b> <b>unitario</b> <b>(€/u.m.)</b>		<b>costo totale</b> <b>(€)</b>	<b>costo totale</b> <b>(€)</b>	<b>quantità</b> <b>(u.m.)</b>	<b>costo</b> <b>unitario</b> <b>(€/u.m.)</b>	
<b>Operazioni colturali</b>										
a) Trinciatura residui colturali										
b) Lavorazione principale										
c) Lav.ne/i complementare/i										
d) Semina										
e) Fertilizzazione										
f) Irrigazione										
g) Diserbo										
h) Trattamento/i fitosanitari										
i) Altre cure colturali										
j) Raccolta										
k) Trasporto										
<b>TOTALE</b>										

“u.m.” sta per “unità di misura”, quindi specificare se si tratta di “kg” o “l” all’interno delle celle interessate.

Specificare per quali operazioni colturali si fa ricorso a contoterzismo:

.....

Specificare per quali operazioni colturali si adottano tecnologie di AP (anche in caso di contoterzismo):

.....

16. Coltura ..... - COSTI FISSI:

<b><i>COSTI FISSI</i> (€/ha)</b>	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>
Ammortamento, manutenzione e assicurazione		
Canone annuo piattaforma/e cloud		
Consulenze tecniche		
Spese amministrative e gestionali		
Spese generali		
Interessi passivi		
<b>TOTALE (€/ha)</b>		

17. Coltura ..... - RICAVI:

<b><i>RICAVI</i> (€/ha)</b>	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>			<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>		
	<b>Resa (t/ha)</b>	<b>Prezzo unitario (€/t)</b>	<b>TOTALE (€/ha)</b>	<b>Resa (t/ha)</b>	<b>Prezzo unitario (€/t)</b>	<b>TOTALE (€/ha)</b>
Prodotto principale						
Prodotto secondario						
Pagamenti diretti (PAC)						
Altri pagamenti (specificare .....)						
		<b>TOTALE (€/ha)</b>			<b>TOTALE (€/ha)</b>	

Specificare la destinazione di ognuno dei prodotti: .....

Ha riscontrato miglioramenti qualitativi del/i prodotto/i ascrivibili all'adozione delle tecnologie di AP:  sì  no

In entrambi i casi, come giustifica la sua risposta: .....

Se "sì", tali miglioramenti hanno consentito di incrementare il prezzo di vendita:  sì  no

18. Coltura ..... - COSTI VARIABILI:

<b>COSTI VARIABILI</b> (€/ha)	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>					<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>				
	<b>Macchina</b>	<b>Manodopera</b>	<b>Mezzo tecnico</b>		<b>TOTALE</b> (€/ha)	<b>Macchina</b>	<b>Manodopera</b>	<b>Mezzo tecnico</b>		<b>TOTALE</b> (€/ha)
	<b>costo totale</b> (€)	<b>costo totale</b> (€)	<b>quantità</b> (u.m.)	<b>costo unitario</b> (€/u.m.)		<b>costo totale</b> (€)	<b>costo totale</b> (€)	<b>quantità</b> (u.m.)	<b>costo unitario</b> (€/u.m.)	
<b>Operazioni colturali</b>										
a) Trinciatura residui colturali										
b) Lavorazione principale										
c) Lav.ne/i complementare/i										
d) Semina										
e) Fertilizzazione										
f) Irrigazione										
g) Diserbo										
h) Trattamento/i fitosanitari										
i) Altre cure colturali										
j) Raccolta										
k) Trasporto										
<b>TOTALE</b>										

“u.m.” sta per “unità di misura”, quindi specificare se si tratta di “kg” o “l” all’interno delle celle interessate.

Specificare per quali operazioni colturali si fa ricorso a contoterzismo:

.....

Specificare per quali operazioni colturali si adottano tecnologie di AP (anche in caso di contoterzismo):

.....

19. Coltura ..... - COSTI FISSI:

<b><i>COSTI FISSI</i> (€/ha)</b>	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>
Ammortamento, manutenzione e assicurazione		
Canone annuo piattaforma/e cloud		
Consulenze tecniche		
Spese amministrative e gestionali		
Spese generali		
Interessi passivi		
<b>TOTALE (€/ha)</b>		

20. Coltura ..... - RICAVI:

<b><i>RICAVI</i> (€/ha)</b>	<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>			<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>		
	<b>Resa (t/ha)</b>	<b>Prezzo unitario (€/t)</b>	<b>TOTALE (€/ha)</b>	<b>Resa (t/ha)</b>	<b>Prezzo unitario (€/t)</b>	<b>TOTALE (€/ha)</b>
Prodotto principale						
Prodotto secondario						
Pagamenti diretti (PAC)						
Altri pagamenti (specificare .....)						
		<b>TOTALE (€/ha)</b>			<b>TOTALE (€/ha)</b>	

Specificare la destinazione di ognuno dei prodotti: .....

Ha riscontrato miglioramenti qualitativi del/i prodotto/i ascrivibili all'adozione delle tecnologie di AP:  sì  no

In entrambi i casi, come giustifica la sua risposta: .....

Se "sì", tali miglioramenti hanno consentito di incrementare il prezzo di vendita:  sì  no

**C) IMPATTO AMBIENTALE DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE**

21. Iniziative di sostenibilità ambientale:

- L'azienda porta avanti iniziative di sostenibilità ambientale:     sì     no
- Se "sì", quali:  
.....  
.....
- Se "no", perché:  
.....  
.....

22. Benefici ambientali dell'AP:

- Secondo lei, l'adozione delle tecnologie di AP in azienda ha portato benefici ambientali:     sì     no
- Se "sì", sotto quale/i dei seguenti aspetti:  
 riduzione sementi  
 riduzione fertilizzanti  
 riduzione acqua di irrigazione  
 riduzione erbicidi  
 riduzione fungicidi  
 riduzione insetticidi  
 riduzione carburante (gasolio)  
 altro (*specificare* .....
- Se "no", perché:  
.....  
.....

23. Coltura ..... - CONSUMO TOTALE DI INPUT: (*a cura del rilevatore*)

<b>SEMENTE (kg/ha)</b>	
<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>

<b>FERTILIZZANTI (kg/ha)</b>	
<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>

<b>ACQUA DI IRRIGAZIONE (l/ha)</b>	
<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>

<b>ERBICIDI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>FUNGICIDI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>INSETTICIDI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>CARBURANTE (gasolio) (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

24. Coltura ..... - CONSUMO TOTALE DI INPUT: (a cura del rilevatore)

<b>SEMENTE (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>FERTILIZZANTI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>ACQUA DI IRRIGAZIONE (l/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>ERBICIDI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>FUNGICIDI (kg/ha)</b>	
Prima di AP (media periodo ..... - .....)	Con AP (media periodo ..... - .....)

<b>INSETTICIDI (kg/ha)</b>	
<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>

<b>CARBURANTE (gasolio) (kg/ha)</b>	
<b>Prima di AP (media periodo ..... - .....)</b>	<b>Con AP (media periodo ..... - .....)</b>

#### **D) POLITICHE DI INNOVAZIONE PER L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE**

25. Finanziamento degli investimenti in tecnologie di AP realizzati dall'azienda:

- È a conoscenza della disponibilità di politiche regionali, nazionali ed europee volte a finanziare investimenti in tecnologie di AP:     sì     no
- L'azienda ha aderito a politiche regionali, nazionali o europee per finanziare gli investimenti in tecnologie di AP:     sì     no
- Se "no", ha fatto ricorso a:
  - altre forme di finanziamento
  - autofinanziamento
  - entrambe le precedenti
- Se "sì", a quale/i delle sottoelencate ha aderito:
  - misura/e PSR (*specificare* .....
  - Piano nazionale Industria 4.0
  - bando/i per l'accesso ai finanziamenti MiPAAF e/o MiSE  
(*specificare* .....
  - programma/i europeo/i (*specificare* .....
  - altro (*specificare* .....
- Per ogni politica a cui l'azienda ha aderito, specificare:
  - Quali investimenti in tecnologie di AP ha finanziato:  
.....  
.....
  - Quota di finanziamento ricevuta: ..... %
  - In caso di quota inferiore al 100%, a quale/i forma/e di cofinanziamento ha fatto ricorso:
    - altre forme di finanziamento
    - autofinanziamento
    - entrambe le precedenti

- Per ogni politica a cui l'azienda ha aderito, in una scala da 1 a 5 (che va da “per niente” a “estremamente”), quanto è soddisfatto di:
  - Quota di finanziamento ricevuta:
    - 1     2     3     4     5
  - Facilità di presentazione della domanda di finanziamento:
    - 1     2     3     4     5
  - Tempo intercorso tra presentazione della domanda e liquidazione del finanziamento:
    - 1     2     3     4     5

26. Futuri investimenti in tecnologie di AP in azienda:

- Ha intenzione di effettuare nuovi investimenti in tecnologie di AP nei prossimi cinque anni:     sì     no
- Se “no”, perché:  
.....  
.....
- Se “sì”, quali e perché:  
.....  
.....
- Se “sì”, prevede di aderire a politiche regionali, nazionali o europee per finanziare tali futuri investimenti:     sì     no

27. Azienda che non si avvale di piattaforme cloud:

- È a conoscenza della disponibilità di piattaforme cloud che, integrate alle varie tecnologie di AP, forniscono supporto decisionale nella gestione colturale:  
 sì     no
- In ogni caso, ne avrebbe bisogno:     sì     no
- Se “no”, perché:  
.....  
.....
- Se “sì”, per quali colture ne avrebbe maggior bisogno:  
.....
- Se “sì”, sotto quale/i dei seguenti aspetti ne avrebbe maggior bisogno:
  - ottimizzazione della fertilizzazione
  - ottimizzazione dell'irrigazione
  - ottimizzazione della difesa fitosanitaria
  - ottimizzazione dell'intera gestione colturale
  - tracciabilità delle attività di produzione
  - altro (*specificare* .....
- Nello specifico, che cosa si aspetterebbe dalla piattaforma:  
.....  
.....

28. Azienda che si avvale di piattaforme cloud:

- Secondo lei, quali sono i punti di forza e di debolezza della/e piattaforma/e cloud usata/e dall'azienda:

.....  
.....

- Avrebbe bisogno di servizi aggiuntivi rispetto a quelli offerti dalla/e piattaforma/e attualmente in uso:     sì     no

- Se “no”, perché:

.....

- Se “sì”, quali servizi e perché:

.....  
.....

29. Suggerimenti per strategie future in AP:

- Ritiene sufficienti le strategie attualmente promosse dalle istituzioni per favorire la diffusione delle tecnologie di AP nelle aziende agricole:     sì     no

- In entrambi i casi, saprebbe fornire dei suggerimenti per migliorare tali strategie (in particolare, per quelle promosse dalle istituzioni locali/regionali):

.....  
.....  
.....

30. Adattamento dell'azienda all'AP:

- In una scala da 1 a 5 (che va da “per niente” a “estremamente”), quanto è stata difficile la transizione dall'adozione di tecniche tradizionali all'adozione di tecnologie di AP:

1     2     3     4     5

- Nello specifico, quali sono state le maggiori difficoltà che ha incontrato:

.....  
.....

- Come ha ovviato a tali problematiche:

.....  
.....

*L'intervistato vuole rimanere anonimo?*                     sì     no

*Rispondendo “no”, l'intervistato autorizza il trattamento dei suoi dati personali per finalità di ricerca scientifica, ai sensi del Decreto legislativo 30 giugno 2003, n. 196 “Codice in materia di protezione dei dati personali” e s.m.i. e del Regolamento (UE) n. 2016/679 “General Data Protection Regulation (GDPR)”.*