

Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture

A cura di Luigi Biagini e Simone Severini (Editori)



Project Book
2025

© 2025 Team di Ricerca PRIN 2020

A cura di Luigi Biagini e Simone Severini (Editori)

Questo testo è stato realizzato nell'ambito del progetto PRIN 2020 "Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture" - SUS-RISK - finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) - 20205L79R8.

Università partecipanti:

- Università degli Studi della TUSCIA - Viterbo - (UNITUS)
 - **Simone Severini - Principal Investigator & Research Unit Coordinator**
 - Luigi Biagini
 - Rebecca Buttinelli
 - Raffaele Cortignani
 - Chiara Perelli
 - Serena Scarinci
 - Saverio Senni
 - Silici Laura
 - Tanisha Waring
 - Cinzia Zinnanti
- Università degli Studi di PADOVA - (UNIPD)
 - **Samuele Trestini - Research Unit Coordinator**
 - Elisa Giampietri
 - Alice Stiletto
- Università degli Studi di TRENTO - (UNITN)
 - **Roberta Raffaelli - Research Unit Coordinator**
 - Simone Cerroni
 - Ruggiero Rippo
- Università di FOGGIA - (UNIFG)
 - **Fabio Gaetano Santeramo - Research Unit Coordinator**
 - Emilia Lamonaca
 - Irene Maccarone
- Università Cattolica del Sacro Cuore - Piacenza - (UNICATT)
 - **Linda Arata - Research Unit Coordinator**
 - Stefano Boccaletti
 - Mirta Casati
 - Elena Castellari
 - Paolo Scokokai



Università degli Studi della Tuscia, Viterbo
Research Unit Coordinator: Simone Severini
Principal Investigator



Università degli Studi di Padova
Research Unit Coordinator: Samuele Trestini



Università degli Studi di Trento
Research Unit Coordinator: Roberta Raffaelli



Università degli Studi di Foggia
Research Unit Coordinator: Fabio Gaetano Santeramo



Università Cattolica del Sacro Cuore ,Piacenza
Research Unit Coordinator: Linda Arata

ISBN 9791221099126

Titolo: Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture

Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, archiviata in un sistema di recupero o trasmessa in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico, meccanico, fotocopia, registrazione o altro, senza il previo consenso scritto degli autori.

Ringraziamenti

Desideriamo esprimere la nostra più sincera gratitudine al Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) per aver finanziato questo progetto di ricerca nell'ambito del programma PRIN 2020.

Un ringraziamento particolare va a tutti i ricercatori, dottorandi e collaboratori delle università partecipanti che hanno contribuito con dedizione e professionalità alla realizzazione di questo ambizioso progetto di ricerca sulla gestione sostenibile del rischio in agricoltura.

Ringraziamo inoltre le aziende agricole, gli enti territoriali e tutti gli stakeholder che hanno collaborato fornendo dati, informazioni e supporto durante le diverse fasi della ricerca.

La collaborazione interdisciplinare tra le nostre istituzioni ha rappresentato un valore aggiunto fondamentale per affrontare la complessità delle sfide legate alla gestione del rischio agricolo in un contesto di cambiamenti climatici.

Abstract

Il presente volume raccoglie i principali risultati del progetto PRIN 2020 "Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture - SUS-RISK", sviluppato in collaborazione tra l'Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, l'Università degli Studi di Padova, l'Università degli Studi di Trento, l'Università di Foggia e l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza.

Il progetto ha affrontato le sfide crescenti che il settore agricolo deve fronteggiare in un contesto di cambiamenti climatici, volatilità dei mercati e crescente necessità di sostenibilità ambientale. L'approccio olistico adottato ha integrato metodologie innovative per la qualificazione e quantificazione del rischio, l'analisi degli effetti dei cambiamenti climatici e la valutazione dell'impatto dell'uso di prodotti chimici sulla gestione del rischio aziendale.

I deliverable presentati in questo volume includono:

- Rapporti tecnici sulla qualificazione e quantificazione del rischio agricolo
- Analisi preliminari e finali sui rischi derivanti dalle condizioni climatiche in evoluzione
- Pubblicazioni scientifiche sui fattori che influenzano il rischio in agricoltura
- Mappe del rischio per supportare le decisioni politiche e aziendali
- Policy brief per orientare le strategie di gestione del rischio a livello nazionale e regionale

La ricerca ha dimostrato l'importanza di un approccio integrato che consideri simultaneamente gli aspetti tecnici, economici, ambientali e sociali della gestione del rischio agricolo, fornendo strumenti concreti per supportare agricoltori, decisori politici e stakeholder del settore.

I risultati ottenuti offrono un contributo significativo alla letteratura scientifica internazionale e forniscono basi solide per lo sviluppo di politiche agricole più efficaci e sostenibili nel contesto italiano ed europeo.

Indice

Ringraziamenti	v
Riassunto Esecutivo	vii
Introduzione	1
1 Work Package 1: Risk qualification and quantification	5
1.1 D1.1 - Report on the qualification and quantification of the risk and on the factors affecting risk	5
1.1.1 Introduzione	5
1.1.2 Qualificazione del rischio: concetti, tipologie e approcci	6
1.1.3 Quadri analitici per la qualificazione del rischio	6
1.1.4 Quantificazione del rischio: misure, modelli e limiti	6
1.1.5 Fattori che influenzano il rischio in agricoltura e assicurazione	7
1.1.6 Evidenze empiriche e implicazioni di policy	7
1.1.7 Conclusioni	8
1.2 D1.2 - Preliminary technical report on risks due to the changing climatic conditions	8
1.2.1 Introduzione	8
1.2.2 Metodologia: indicatori climatici e dati utilizzati	8
1.2.3 Evidenze empiriche: frequenza e distribuzione degli eventi estremi	9
1.2.4 Distribuzione territoriale: mappe e province più colpite	9
1.2.5 Trend temporali e cambiamenti recenti	9
1.2.6 Implicazioni per la gestione del rischio	10
1.2.7 Limiti e prospettive future	10
1.2.8 Conclusioni	10
1.3 D1.3 - Paper submitted to a scientific journal on the qualification and quantification of the risk	11
1.3.1 Introduzione e motivazione	11
1.3.2 Quadro teorico e metodologia	11
1.3.3 Dati e descrittive	11
1.3.4 Risultati: effetti degli input su reddito e rischio	12
1.3.5 Discussione: implicazioni per la policy e la sostenibilità	13
1.3.6 Robustezza e limiti	13
1.3.7 Conclusioni	13
1.4 D1.4 - Conference paper on the effect of the use of chemicals on the risk faced by farmers	13
1.4.1 Introduzione e motivazione	13
1.4.2 Quadro teorico e letteratura	14
1.4.3 Dati, indicatori e metodologia	14
1.4.4 Risultati empirici	15
1.4.5 Robustezza e limiti	15

1.4.6	Discussione e implicazioni di policy	16
1.4.7	Conclusioni	16
1.5	D1.5 -Final report on risks due to the changing climatic conditions with “maps of risks”	16
1.5.1	Introduzione	16
1.5.2	Indicatori climatici: definizione e applicazione	16
1.5.3	Frequenza e distribuzione degli eventi estremi	17
1.5.4	Mappe di rischio: distribuzione spaziale degli eventi estremi	17
1.5.5	Trend temporali e variazioni recenti	17
1.5.6	Relazione tra variabili climatiche e rese agricole	18
1.5.7	Implicazioni operative e di policy	18
1.5.8	Conclusioni	18
1.6	D1.6 - Policy brief on qualification and quantification of risk faced by farmers	19
1.6.1	Introduzione	19
1.6.2	Pesticidi, clima e rischio: evidenze empiriche	19
1.6.3	Implicazioni delle politiche di riduzione dei pesticidi	19
1.6.4	Raccomandazioni di policy	20
1.6.5	Conclusioni	20
1.7	Sintesi e Prospettive Future	20
2	Work Package 2 - Behavioural factors influencing farmers’ adoption of risk management strategies	23
2.1	D2.1 - Report on the conducted systematic literature review	23
2.1.1	Introduzione	23
2.1.2	Quadro teorico: expected utility, prospect theory e preferenze comportamentali	24
2.1.3	Determinanti comportamentali dell’adozione degli strumenti RM	24
2.1.4	Evidenze empiriche: survey, esperimenti e limiti della letteratura	25
2.1.5	Innovazioni metodologiche: verso una modellizzazione integrata	25
2.1.6	Implicazioni di policy e raccomandazioni operative	25
2.1.7	Conclusioni e prospettive di ricerca	26
2.2	D2.2 - Report on the two economic experiments	26
2.2.1	Introduzione e obiettivi	26
2.2.2	Esperimento 1: WTP per l’Income Stabilisation Tool (IST) tra i melicoltori trentini	27
2.2.3	Esperimento 2: WTP per assicurazione index-based contro la siccità tra i produttori di pomodoro	28
2.2.4	Analisi comparativa e implicazioni comportamentali	29
2.2.5	Implicazioni di policy e raccomandazioni operative	30
2.2.6	Conclusioni	30
2.3	D2.3 - Policy brief on behavioural factors influencing farmers’ adoption of risk management strategies	30
2.3.1	Introduzione	30
2.3.2	Contesto: rischio in agricoltura e strumenti RM	31
2.3.3	Fattori comportamentali: quadro teorico	31
2.3.4	Risultati empirici: evidenze dal settore melicolo trentino	31
2.3.5	Sintesi della letteratura e confronto internazionale	32
2.3.6	Implicazioni di policy	32
2.3.7	Conclusioni	33
2.4	D2.4 - “Too Complex to Choose? The Role of Heuristics in Shaping Farmers’ Willingness To Pay for Income Stabilization Tool in Italy”	33
2.4.1	Introduzione e quadro teorico	33

2.4.2	Contestualizzazione: strumenti RM e complessità decisionale	33
2.4.3	Obiettivi e domande di ricerca	34
2.4.4	Metodologia: esperimento incentivato e disegno sperimentale	34
2.4.5	Risultati principali	34
2.4.6	Discussione: implicazioni comportamentali e policy	35
2.4.7	Implicazioni di policy	36
2.4.8	Conclusioni	36
2.5	Sintesi e Prospettive Future	36
3	Work Package 3 – Explaining Risk Management Choices	37
3.1	D3.1 - Report assessing the performances of machine learning vs traditional econometric analyse	37
3.1.1	Framework metodologico e approcci tradizionali	37
3.1.2	Approcci di machine learning: flessibilità e potere predittivo	38
3.1.3	Stabilità e sostenibilità economica	38
3.1.4	Trade-off: interpretabilità e trasparenza	39
3.1.5	Implicazioni pratiche e applicazioni	39
3.2	D3.2 - Report on identification of factors affecting farmers' participation to insurance schemes	39
3.2.1	Fattori socio-demografici e caratteristiche individuali	40
3.2.2	Caratteristiche aziendali e strutturali	40
3.2.3	Variabili economiche e finanziarie	40
3.2.4	Fattori comportamentali e di esperienza	41
3.2.5	Fattori territoriali e politiche pubbliche	41
3.3	D3.3 - Paper on factors affecting farmers' participation to insurance schemes using Machine Learning	41
3.3.1	Framework teorico e meccanismi comportamentali	42
3.3.2	Metodologia e strategia di identificazione	42
3.3.3	Impatti su reddito e produttività	43
3.3.4	Effetti sull'uso degli input	43
3.3.5	Effetti sulla Total Factor Productivity	44
3.3.6	Implicazioni teoriche e di policy	44
3.4	D3.4 - Report on identification of farmers' preferences for characteristics of innovative Risk Management tools	44
3.4.1	Contesto e motivazione della ricerca	44
3.4.2	Metodologia di ricerca: analisi congiunta	45
3.4.3	Attributi analizzati e design sperimentale	45
3.4.4	Risultati principali e importanza relativa degli attributi	45
3.4.5	Profilo ottimale e implicazioni per la progettazione	46
3.4.6	Implicazioni comportamentali e cognitive	46
3.5	D3.5 - Policy brief on factors affecting risk management choices	46
3.5.1	Sintesi dei principali determinanti identificati	46
3.5.2	Framework integrato UTAUT per l'analisi dell'adozione	47
3.5.3	Evidenze empiriche sui pattern di adozione	47
3.5.4	Implicazioni per la progettazione di strumenti innovativi	47
3.5.5	Strategie di comunicazione e disseminazione	48
3.5.6	Raccomandazioni operative per i policy makers	48
3.6	D3.6 - Report on identification of determinants of farmers' adoption of innovative RM tools	48
3.6.1	Contesto teorico e innovazione metodologica	48
3.6.2	Design metodologico e raccolta dati	49
3.6.3	Validazione psicometrica e consistenza interna	49

3.6.4	Risultati differenziati per tipologia di strumento	50
3.6.5	Ruolo cruciale dell'influenza sociale	50
3.6.6	Fattori non significativi e implicazioni	50
3.6.7	Implicazioni teoriche e pratiche	50
3.7	D3.7 - Paper on investigation of farmers' preferences for characteristics of innovative RM tools	51
3.8	D3.8 - Paper on investigation of determinants of farmers' adoption of innovative Risk Management tools	51
3.8.1	Introduzione e contesto	51
3.8.2	Quadro teorico: il modello UTAUT	51
3.8.3	Metodologia	52
3.8.4	Risultati principali	52
3.8.5	Discussione e implicazioni di policy	52
3.8.6	Conclusioni e prospettive di ricerca	53
3.9	Sintesi e Prospettive Future	53
3.9.1	Contributi metodologici e teorici	53
3.9.2	Evidenze empiriche sui determinanti delle scelte	53
3.9.3	Conseguenze non intenzionali e moral hazard	54
3.9.4	Implicazioni per policy e progettazione di strumenti	54
3.9.5	Direzioni future e sviluppi	54
4	Work Package 4 – Feasibility and Design of Innovative Risk Management Tools	55
4.1	D4.1 – Preliminary technical report on the design of weather-indexed and catastrophe insurances	56
4.1.1	Introduzione e obiettivi	56
4.1.2	Metodologia	56
4.1.3	Risultati principali	57
4.1.4	Implicazioni operative e di policy	58
4.1.5	Conclusioni	59
4.2	D4.2 – Policy Brief: Feasibility of innovative crisis measures and RM tools envisaged by the new CAP	59
4.2.1	Contesto e obiettivi	59
4.2.2	Quadro normativo e struttura del programma AgriCat	59
4.2.3	Analisi dei rischi di reddito e impatti degli eventi estremi	60
4.2.4	Performance operativa di AgriCat: criticità e limiti	60
4.2.5	Analisi delle cause delle criticità	61
4.2.6	Impatto sulla resilienza e sulla diffusione degli strumenti RM	61
4.2.7	Raccomandazioni di policy	61
4.2.8	Conclusioni	62
4.3	D4.3 – Final report on the design of weather-indexed and catastrophe insurances	62
4.3.1	Introduzione	62
4.3.2	Assicurazioni indicizzate	62
4.3.3	Assicurazioni catastrofali	63
4.3.4	Implicazioni operative	64
4.3.5	Conclusioni	65
4.4	D4.4 – Policy Brief: Feasibility studies of innovative RM tools	65
4.4.1	Background e obiettivi	65
4.4.2	Principali evidenze	65
4.4.3	Raccomandazioni di policy	66
4.4.4	Conclusioni	67

4.5	Conclusioni del Work Package 4: Innovazione, criticità e prospettive future nella gestione del rischio in agricoltura	67
4.5.1	Un bilancio critico: potenzialità e limiti degli strumenti innovativi . .	67
4.5.2	Lezioni apprese: elementi chiave per il successo	68
4.5.3	Implicazioni di policy e raccomandazioni operative	68
4.5.4	Prospettive future: verso un approccio integrato e resiliente	69
4.5.5	Conclusione	69
5	Work Package 5 – Potential Implications of New Policies, RM Tools and Risk Scenarios	71
5.1	D5.1 – Report sulle preferenze degli agricoltori per i contratti di filiera	72
5.1.1	Introduzione	72
5.1.2	Contesto teorico e letteratura	72
5.1.3	Metodologia	73
5.1.4	Risultati empirici	73
5.1.5	Implicazioni di policy	74
5.1.6	Conclusioni	75
5.2	D5.2 – Report on the potential impact of the introduction of innovative RM tools at farm level	75
5.2.1	Introduzione e contesto	75
5.2.2	Panorama europeo: strumenti RM nella PAC	75
5.2.3	Il modello statunitense: incentivi, distorsioni e innovazione	76
5.2.4	Il caso italiano: AgriCat, IST e sfide operative	76
5.2.5	Innovazione digitale e strumenti decisionali	77
5.2.6	Criticità: selezione avversa, moral hazard, equità	77
5.2.7	Implicazioni per la sostenibilità: il caso pesticidi	77
5.2.8	Raccomandazioni di policy	77
5.2.9	Conclusioni	78
5.3	D5.3 – Paper on the investigation of farmers’ preferences for contract farming	78
5.3.1	Introduzione	78
5.3.2	Quadro teorico e letteratura	78
5.3.3	Metodologia	79
5.3.4	Risultati empirici	79
5.3.5	Implicazioni di policy	80
5.3.6	Conclusioni	80
5.4	D5.4 – Conference paper on the effect of the adoption of risk management tools on chemical use	81
5.4.1	Introduzione e contesto	81
5.4.2	Letteratura e quadro teorico	81
5.4.3	Dati e metodologia	81
5.4.4	Risultati principali	82
5.4.5	Discussione e confronto con la letteratura	82
5.4.6	Implicazioni di policy	82
5.4.7	Conclusioni	82
5.5	D5.5 – Policy brief on the relationship between environmental and risk stabilisation targets	83
5.5.1	Introduzione e contesto	83
5.5.2	Obiettivi e domande di ricerca	83
5.5.3	Sintesi della letteratura	83
5.5.4	Risultati empirici: il caso della melicoltura italiana	83
5.5.5	Discussione: sinergie e trade-off tra obiettivi ambientali e di stabilizzazione	84
5.5.6	Raccomandazioni di policy	84

5.5.7	Conclusioni	84
5.6	D5.6 – Paper on analysis of potential impact of innovative RM tools at farm level by PMP models	85
5.6.1	Introduzione e contesto	85
5.6.2	Metodologia: il modello PMP	85
5.6.3	Risultati: impatto su reddito, volatilità e scelte produttive	85
5.6.4	Effetti sulle scelte colturali e sull'uso di input	86
5.6.5	Criticità: selezione avversa, moral hazard e accesso equo	86
5.6.6	Implicazioni di policy	86
5.6.7	Conclusioni	87
5.7	Conclusioni	87
6	Conclusioni	89
6.1	Introduzione	89
6.1.1	Contesto Globale e Sfide Emergenti	89
6.1.2	La Transizione verso la Sostenibilità: Opportunità e Contraddizioni	89
6.1.3	Evoluzione del Panorama dei Rischi Agricoli	90
6.1.4	L'Insufficienza degli Approcci Tradizionali	90
6.1.5	La Necessità di un Approccio Olistico e Innovativo	90
6.1.6	Innovazioni Emergenti e Opportunità Tecnologiche	91
6.1.7	Il Contesto Istituzionale: La PAC 2023-2027 e le Nuove Opportunità	91
6.1.8	Sfide Comportamentali e Sociali nell'Adozione di Strumenti Innovativi	91
6.1.9	Metodologie di Ricerca e Approcci Multidisciplinari	92
6.1.10	Obiettivi e Struttura del Progetto SUS-RISK	92
6.2	Sintesi dei Principali Risultati	93
6.2.1	Qualificazione e Quantificazione del Rischio	93
6.2.2	Contributi Metodologici e Innovazioni Scientifiche	95
6.2.3	Implicazioni per le Politiche Agricole	95
6.2.4	Sfide e Limitazioni	96
6.2.5	Prospettive Future e Direzioni di Ricerca	96
6.2.6	Considerazioni Finali	97

Elenco delle tabelle

1.1	Principali misure quantitative del rischio in agricoltura	7
1.2	Principali fattori che influenzano la domanda di assicurazione agricola	8
1.3	Statistiche descrittive degli eventi climatici catastrofici in Italia (2006–2020)	9
1.4	Top ten province per eventi catastrofici (2006–2020)	10
1.5	Statistiche descrittive delle variabili principali (2008–2019)	12
1.6	Effetti marginali standardizzati degli input su reddito atteso, varianza, semi-varianza negativa e skewness	12
1.7	Statistiche descrittive principali (2015–2020, aziende melicole Nord Italia)	14
1.8	Effetti marginali standardizzati degli input su media, varianza e semi-varianza negativa	15
1.9	Indicatori climatici e soglie per la definizione degli eventi estremi	17
1.10	Statistiche descrittive degli eventi climatici catastrofici in Italia (2006–2020)	17
1.11	Top ten province per numero di eventi catastrofici (2006–2020)	18
1.12	Effetti delle variabili climatiche su livello e variabilità delle rese dei cereali	18
1.13	Effetto di pesticidi e eventi climatici su resa e rischio nella melicoltura (2015–2020)	19
2.1	Main Behavioral Factors Affecting RM Adoption	25
2.2	Esempi di studi empirici su fattori comportamentali e adozione di strumenti RM	26
2.3	Statistiche descrittive del campione melicoltori (n=146)	27
2.4	WTP per IST nei tre trattamenti	28
2.5	WTP per assicurazione index-based nei tre trattamenti	29
2.6	WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (€/ha)	32
2.7	Fattori comportamentali e psicologici che influenzano l'adozione di strumenti RM	32
2.8	WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (prima della comunicazione del prezzo)	35
2.9	WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (dopo la comunicazione del prezzo)	35
3.1	Parametri di Test per l'Assicurazione	45
4.1	Fasi fenologiche del frumento duro e sensibilità agli eventi climatici	57
4.2	Soglie GDD per le principali fasi fenologiche del frumento duro	57
4.3	Correlazione tra eventi estremi e domanda di assicurazione (2010-2020)	58
4.4	Perdite economiche per eventi climatici estremi in Italia (2022)	60
4.5	Evoluzione del numero di aziende assicurate e premi medi (2020-2024)	60
4.6	Fasi fenologiche del frumento duro e sensibilità agli eventi climatici	63
4.7	Statistiche descrittive delle principali variabili assicurative e climatiche (2010-2020)	64
4.8	Principali eventi climatici estremi e impatti stimati sulla produzione agricola	65
4.9	Esempi di pratiche e strumenti di gestione del rischio	66
4.10	Effetto della calibrazione fenologica sulla riduzione del basis risk	66
4.11	Sintesi delle principali sfide e raccomandazioni per le assicurazioni innovative in agricoltura	69

5.1	Caratteristiche socio-demografiche e aziendali del campione	73
5.2	Risultati PLS-SEM: effetti dei costrutti TOE sull'intenzione di adottare MCs	74
5.3	Principali strumenti RM nella PAC e tassi di adozione in Italia	76
5.4	Beneficiari IST in Trentino-Alto Adige per classe dimensionale	76
5.5	Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani . . .	77
5.6	Caratteristiche socio-demografiche e aziendali del campione	79
5.7	Risultati PLS-SEM: effetti dei costrutti TOE sull'intenzione di adottare MCs	80
5.8	Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani . . .	82
5.9	Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani . . .	84
5.10	Effetti dell'introduzione di strumenti RM innovativi su reddito e volatilità (media per azienda)	86
5.11	Variazione delle superfici colturali e dell'uso di input chimici (%)	86

Introduzione

“The only certainty we have is uncertainty.”

— from the film *Interstellar* (2014)

1. Contesto e motivazioni

L’agricoltura europea, e in particolare quella italiana, si trova al centro di una **tempesta perfetta** di rischi climatici, di mercato e normativi. Siccità, alluvioni, gelate tardive, nuove fitopatie e volatilità dei prezzi hanno ridotto la redditività delle aziende e minato la loro capacità di investimento. Parallelamente, la *Farm to Fork Strategy* e il *Green Deal* impongono obiettivi ambientali sempre più stringenti — riduzione del 50% dei pesticidi entro il 2030, aumento delle superfici biologiche, taglio delle emissioni — che richiedono innovazioni profonde nei sistemi di produzione. In questo scenario, la gestione del rischio (*Risk Management*, RM) non è più un *optional*, ma una condizione imprescindibile per la sostenibilità economica, ambientale e sociale del settore primario.

2. Il progetto *SUS-RISK*

Per rispondere a tali sfide è nato il progetto PRIN 2020 “*Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture*” (acronimo **SUS-RISK**), finanziato dal Ministero dell’Università e della Ricerca (MUR, codice 20205L79R8). Il consorzio riunisce cinque atenei italiani:

- **Università degli Studi della Tuscia (UNITUS)** – Coordinatore scientifico: Prof. Simone Severini;
- **Università degli Studi di Padova (UNIPD)**;
- **Università degli Studi di Trento (UNITN)**;
- **Università di Foggia (UNIFG)**;
- **Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza (UNICATT)**.

L’obiettivo generale è sviluppare conoscenze, strumenti e raccomandazioni di policy per una *gestione del rischio agricolo integrata*, capace di coniugare:

1. **Resilienza economica** delle aziende e delle filiere;
2. **Sostenibilità ambientale** lungo l’intero ciclo produttivo;
3. **Equità sociale** e inclusione degli attori più vulnerabili.

3. Approccio olistico e struttura del libro

Il volume raccoglie i risultati dei cinque *Work Package* (WP) in cui si articola il progetto:

WP1 – Qualificazione e quantificazione del rischio :

Sviluppo di metriche avanzate (momenti di ordine superiore, downside risk, *loss-cost ratio*) e mappatura territoriale di siccità, alluvioni e gelate dal 2006 al 2020.

WP2 – Fattori comportamentali :

Indagini sperimentali su 249 agricoltori (mele, pomodoro, cereali) per misurare effetti di *euristiche*, avversione al rischio, ambiguità e influenza sociale sull'adozione di IST, assicurazioni indicizzate e fondi mutualistici.

WP3 – Spiegazione delle scelte di RM :

Confronto tra *machine learning* (LASSO, Boosting) e modelli econometrici tradizionali; applicazione del modello UTAUT all'agricoltura; analisi causale (DiD dinamico) di moral hazard in 52 235 osservazioni FADN (2018–2022).

WP4 – Fattibilità e design di strumenti innovativi :

Progettazione di assicurazioni indicizzate su *Growing Degree Days* per il frumento duro; valutazione critica del fondo nazionale *AgriCat*; raccomandazioni per ridurre il *basis risk*.

WP5 – Implicazioni di politiche, strumenti e scenari :

Modelli *Positive Mathematical Programming* per simulare l'introduzione di RM innovativi in Emilia–Romagna, Trentino e Sicilia; analisi del trade-off tra sussidi assicurativi e uso di pesticidi; applicazione del framework TOE ai contratti di filiera.

Ogni WP combina analisi empiriche su dati micro e macro, modelli quantitativi, sperimentazioni sul campo e consultazioni con stakeholder, a conferma della vocazione multidisciplinare del progetto.

4. Metodologie interdisciplinari

L'approccio di **SUS–RISK** integra:

- **Econometria avanzata:** regressioni quantiliche, GMM, DiD con trattamenti multipli;
- **Machine Learning:** LASSO, Elastic Net, Gradient Boosting per la stima di premi assicurativi e predizione di rese;
- **Economia comportamentale:** *Becker–DeGroot–Marschak auctions*, *Bomb Risk Elicitation Task*, elicitazione di probabilità soggettive;
- **Modellistica bio–economica:** *Positive Mathematical Programming* ed integrazione con indici climatici;
- **Analisi di policy:** valutazioni ex–ante ed ex–post di *AgriCat*, IST, eco-schemi PAC.

5. Principali risultati

1. **Cambiamenti climatici e rischio:** nel periodo 2006–2020 la frequenza degli eventi estremi in Italia è aumentata in media del 37%, con forti disuguaglianze territoriali; le province alpine registrano picchi di oltre 2 200 gelate in 15 anni.

2. **Input e rischio di produzione:** fertilizzanti e pesticidi mostrano effetti contrastanti su varianza e *downside risk*; le riduzioni obbligatorie degli input chimici possono accrescere il rischio di reddito se non accompagnate da strumenti RM dedicati.
3. **Comportamento decisionale:** *Performance Expectancy* e *Social Influence* spiegano fino al 75% della varianza nell'intenzione di adottare strumenti RM; le euristiche della disponibilità influenzano solo temporaneamente la WTP.
4. **Moral hazard assicurativo:** le aziende assicurate registrano riduzioni persistenti di reddito e produttività ($-5,8\%$ in quattro anni) e un aumento medio di $+3,8$ €/ha nella spesa per pesticidi nei meleti.
5. **Soluzioni innovative:** la calibrazione fenologica su indici GDD riduce il *basis risk* dal 25 al 10%; modelli PMP mostrano che pacchetti RM integrati riducono la varianza del reddito del 40% e favoriscono diversificazione culturale e tecniche di irrigazione di precisione.

6. Implicazioni per le politiche agricole

I risultati indicano la necessità di:

- **Personalizzare** gli strumenti RM alle specificità territoriali e culturali;
- **Condizionare** i sussidi assicurativi all'adozione di pratiche a minor impatto ambientale;
- **Integrare** assicurazioni indicizzate, fondi mutualistici e IST in portafogli di strumenti multilivello;
- **Semplificare** la governance di programmi come AgriCat, riducendo oneri burocratici e tempi di liquidazione;
- **Investire** in alfabetizzazione digitale e raccolta di big data climatici e produttivi.

7. Struttura del volume

Il libro è organizzato in sei capitoli:

1. **Cap. 1:** Qualificazione e quantificazione del rischio (WP1);
2. **Cap. 2:** Fattori comportamentali nelle scelte di RM (WP2);
3. **Cap. 3:** Spiegare e modellizzare le scelte di RM (WP3);
4. **Cap. 4:** Fattibilità e design di strumenti innovativi (WP4);
5. **Cap. 5:** Implicazioni di politiche, RM tools e scenari di rischio (WP5);
6. **Cap. 6:** Conclusioni e prospettive future.

Ogni capitolo combina analisi teoriche, evidenze empiriche, casi studio e raccomandazioni operative, con l'obiettivo di fornire una **cassetta degli attrezzi** completa a ricercatori, decisori pubblici, compagnie assicurative e imprenditori agricoli.

8. Conclusioni

Il progetto **SUS-RISK** dimostra che la gestione del rischio agricolo deve evolvere verso un paradigma *olistico*, fondato su:

- integrazione di discipline e strumenti;
- collaborazione tra istituzioni, operatori e comunità locali;
- flessibilità e adattabilità ai cambiamenti climatici e di mercato;
- sinergia tra resilienza economica e sostenibilità ambientale.

I capitoli che seguono offrono evidenze scientifiche, metodologie innovative e proposte di policy per trasformare queste linee guida in azioni concrete, contribuendo a garantire la sicurezza alimentare, la vitalità delle aree rurali e la tutela degli ecosistemi nel lungo periodo.

Viterbo, Maggio 2025

Capitolo 1

Work Package 1: Risk qualification and quantification

Negli ultimi decenni, il settore agricolo europeo e italiano ha affrontato una crescente complessità di rischi, dovuta sia all'intensificarsi degli eventi climatici estremi sia alla volatilità dei mercati, all'emergere di nuove fitopatie e all'evoluzione delle politiche ambientali [Arata et al., 2023, Santeramo et al., 2024]. Fenomeni come siccità, ondate di calore, alluvioni, gelate e instabilità dei prezzi agricoli hanno avuto impatti sempre più rilevanti sulla produzione, sulla redditività e sulla sostenibilità delle aziende agricole, mettendo a dura prova la resilienza dei sistemi produttivi e la sicurezza alimentare [Vroege and Finger, 2020, Dalhaus et al., 2018, Bucheli et al., 2022].

In questo contesto, la qualificazione e la quantificazione del rischio sono diventate attività strategiche per la programmazione delle politiche agricole, la progettazione di strumenti di gestione del rischio (RM) e l'orientamento degli investimenti aziendali. Comprendere la natura, la frequenza, la gravità e la distribuzione territoriale dei rischi è fondamentale per sviluppare strategie di adattamento efficaci e per promuovere l'adozione di soluzioni innovative, come le assicurazioni indicizzate, i fondi mutualistici, l'Income Stabilisation Tool (IST) e le pratiche agroecologiche [Giampietri et al., 2020, Croy and Finger, 2023, Santeramo et al., 2024].

Il Work Package 1 (WP1) del progetto PRIN Sus-Risk si propone di offrire un quadro sistematico e multidimensionale della qualificazione e quantificazione del rischio in agricoltura, integrando analisi empiriche, modelli econometrici avanzati, mappature territoriali e raccomandazioni di policy.

1.1 D1.1 - Report on the qualification and quantification of the risk and on the factors affecting risk

1.1.1 Introduzione

Il rischio è una componente strutturale dell'attività agricola, influenzando profondamente le decisioni degli agricoltori, la redditività aziendale e la sicurezza alimentare [Moschini and Hennessy, 2001]. Le incertezze legate a rese, prezzi, condizioni climatiche, fitopatie e cambiamenti normativi rendono la gestione del rischio una priorità per il settore primario. Il deliverable D1.1 si propone di fornire un quadro integrato sulla qualificazione (identificazione e caratterizzazione) e quantificazione (misura e calcolo) del rischio in agricoltura, analizzando anche i principali fattori che ne influenzano l'intensità e la distribuzione.

1.1.2 Qualificazione del rischio: concetti, tipologie e approcci

Il rischio agricolo si manifesta come la possibilità che i risultati effettivi (rese, prezzi, redditi) si discostino dagli esiti attesi, in particolare in senso sfavorevole [Just et al., 1999, Bulte and Lensink, 2022]. Le principali tipologie di rischio sono:

- **Rischio di produzione:** legato a variabilità climatica (siccità, alluvioni, gelate), fitopatie, parassiti e fallimenti tecnologici.
- **Rischio di prezzo:** dovuto a fluttuazioni dei prezzi dei prodotti agricoli e dei fattori produttivi.
- **Rischio finanziario:** connesso a problemi di liquidità, accesso al credito e capacità di rimborso.
- **Rischio istituzionale/politico:** cambiamenti in sussidi, regolamentazioni e politiche pubbliche.
- **Rischio ambientale:** degrado del suolo, perdita di biodiversità, cambiamenti climatici di lungo periodo.
- **Rischio comportamentale/informativo:** asimmetrie informative, percezioni distorte, moral hazard e selezione avversa.

La letteratura distingue tra rischi sistemici (es. siccità, che colpiscono molti produttori) e idiosincratici (es. grandinate localizzate), tra rischi misurabili (con dati storici affidabili) e non misurabili (rischi emergenti o scarsamente documentati), e tra input risk-increasing (es. fertilizzanti) e risk-reducing (es. pesticidi) [Zhang et al., 2023, Pietrobon, 2024].

1.1.3 Quadri analitici per la qualificazione del rischio

La teoria dell'utilità attesa è il framework di riferimento per modellizzare le decisioni in condizioni di rischio. I concetti di premio al rischio e di coefficiente di avversione al rischio (Arrow-Pratt) permettono di quantificare la propensione degli agricoltori a pagare per evitare l'incertezza [Enjolras et al., 2012]. Tuttavia, la qualificazione del rischio è resa complessa da asimmetrie informative (gli agricoltori conoscono meglio il proprio rischio rispetto agli assicuratori), dalla dinamicità degli scenari (clima, mercati, tecnologie) e da fattori comportamentali che influenzano la percezione e la gestione del rischio [Koenig and Brunette, 2023].

1.1.4 Quantificazione del rischio: misure, modelli e limiti

La quantificazione del rischio in agricoltura si basa su diversi approcci quantitativi:

- **Varianza e deviazione standard:** misurano la variabilità storica di rese, prezzi o redditi.
- **Coefficienti di variazione:** consentono confronti tra colture, regioni o periodi diversi.
- **Loss-cost ratio (LCR):** rapporto tra indennizzi e capitale assicurato, usato per valutare la sostenibilità dei prodotti assicurativi [Yu and Perry, 2023].
- **Distribuzioni di probabilità:** permettono di stimare la probabilità di eventi estremi, i rischi di coda e l'asimmetria degli esiti [Miranda and Glauber, 1997].
- **Premio al rischio e equivalente certo:** misurano il valore economico attribuito dagli agricoltori alla riduzione del rischio.
- **Simulazioni stocastiche:** generano scenari probabilistici per valutare l'impatto di rischi sistemici o rari.

Tabella 1.1: Principali misure quantitative del rischio in agricoltura

Misura	Significato	Applicazione
Varianza	Dispersione attorno alla media	Rese, prezzi, redditi
Deviazione standard	Radice della varianza	Rese, prezzi, redditi
Coeff. di variazione	Varianza/Media	Confronti tra colture/regioni
Loss-cost ratio (LCR)	Indennizzi/Capitale assicurato	Valutazione prodotti assicurativi
Premio al rischio	Disponibilità a pagare per evitare il rischio	Scelte assicurative

I limiti principali della quantificazione del rischio derivano da dati incompleti, eventi estremi rari, correlazioni spaziali e temporali (es. errori di stima, comportamenti e scelte che deviano dalla razionalità dell'agente economico), errori di stima e comportamenti non razionali [Wen, 2023, Koenig and Brunette, 2023].

1.1.5 Fattori che influenzano il rischio in agricoltura e assicurazione

Fattori produttivi e ambientali

La variabilità climatica (siccità, alluvioni, gelate, ondate di calore) è il principale driver del rischio di produzione [Bulte and Lensink, 2022]. La scelta delle colture, i sistemi produttivi (monocoltura vs. diversificazione), la qualità del suolo, la disponibilità idrica e l'adozione di tecnologie innovative influenzano la resilienza aziendale. L'uso di input può sia aumentare (fertilizzanti) sia ridurre (pesticidi) la variabilità delle rese, con effetti diversi a seconda del contesto [Enjolras et al., 2012].

Comportamento e decisioni degli agricoltori

La propensione al rischio, il livello di istruzione, l'esperienza, il reddito e la ricchezza influenzano la domanda di strumenti assicurativi e la scelta di strategie di gestione del rischio [Mishra and El-Osta, 2002, Smith and Goodwin, 2017]. L'adozione di pratiche alternative (diversificazione, contratti a termine, risparmio) può ridurre la domanda di assicurazione formale.

Fattori istituzionali e di mercato

Sussidi pubblici, struttura dei contratti assicurativi (franchigie, soglie), regolamentazione e meccanismi di mercato (es. concorrenza tra compagnie) sono determinanti chiave per la diffusione e la sostenibilità dei prodotti assicurativi [Yu and Perry, 2023, Glauber, 2013]. In contesti con mercati poco sviluppati, le reti informali e il capitale sociale giocano un ruolo importante nella gestione del rischio.

1.1.6 Evidenze empiriche e implicazioni di policy

Le analisi empiriche mostrano che:

- I sussidi ai premi assicurativi ampliano la partecipazione, ma possono generare moral hazard e selezione avversa se non calibrati correttamente.
- Le innovazioni nei prodotti assicurativi (index-based, parametrici) riducono il moral hazard ma introducono basis risk ¹, che può limitare la fiducia degli agricoltori.

¹Il *basis risk* è il rischio che il pagamento di un'assicurazione indicizzata (index-based) non corrisponda perfettamente alla perdita effettivamente subita dall'agricoltore. Questo accade perché l'indennizzo è calcolato sulla base di un indice oggettivo (ad esempio, dati climatici come precipitazioni o temperatura) e non sulla valutazione diretta del danno in azienda. Se l'indice non riflette accuratamente le condizioni reali vissute

- La domanda di assicurazione è più elastica tra gli agricoltori meno avversi al rischio, mentre i più avversi al rischio tendono a preferire strumenti integrati (assicurazione + diversificazione).

Tabella 1.2: Principali fattori che influenzano la domanda di assicurazione agricola

Fattore	Effetto atteso sulla domanda
Sussidi pubblici	Aumentano la domanda
Propensione al rischio	Aumenta la domanda
Reddito/ricchezza	Effetto ambiguo
Esperienza/istruzione	Effetto ambiguo
Diversificazione aziendale	Riduce la domanda
Livello di fiducia	Aumenta la domanda
Basis risk	Riduce la domanda

1.1.7 Conclusioni

Il report D1.1 evidenzia che la qualificazione e la quantificazione del rischio sono prerequisiti essenziali per la progettazione di strumenti di gestione del rischio efficaci, sostenibili e inclusivi. La complessità dei rischi agricoli richiede un approccio integrato che combini dati quantitativi, analisi comportamentali e policy mirate. Solo così sarà possibile rafforzare la resilienza del settore agricolo italiano di fronte alle sfide climatiche, di mercato e istituzionali.

1.2 D1.2 - Preliminary technical report on risks due to the changing climatic conditions

1.2.1 Introduzione

Il cambiamento climatico rappresenta oggi una delle principali sfide per la sostenibilità e la resilienza del settore agricolo italiano ed europeo. L'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi, come siccità, alluvioni e gelate, ha effetti diretti e indiretti sulla produttività, sulla redditività e sulla sicurezza alimentare. La crescente imprevedibilità di questi fenomeni impone una revisione delle strategie di gestione del rischio e richiede strumenti analitici avanzati per la loro qualificazione e quantificazione.

Il presente report tecnico preliminare, redatto nell'ambito del progetto PRIN Sus-Risk, fornisce un'analisi aggiornata dei rischi climatici che interessano l'agricoltura italiana, con particolare attenzione alla loro distribuzione territoriale, alle tendenze temporali e alle implicazioni operative per la gestione del rischio a livello aziendale e di policy.

1.2.2 Metodologia: indicatori climatici e dati utilizzati

L'analisi si basa sull'utilizzo di indicatori climatici semplici e complessi per la rilevazione e la quantificazione degli eventi estremi. Tra i principali indicatori adottati vi sono:

- **Precipitazioni cumulative** (mm): valutate su base giornaliera e decadale per stimare il rischio di siccità e alluvioni.
- **Temperature massime e minime** (°C): monitorate per identificare ondate di calore e gelate.

dal produttore, si possono verificare situazioni in cui l'agricoltore subisce una perdita ma non riceve alcun pagamento (o viceversa), riducendo così la fiducia nello strumento assicurativo [Dalhaus et al., 2018, Bucheli et al., 2022, Tappi et al., 2023].

- **SPEI (Standardised Precipitation Evapotranspiration Index)**: indice avanzato che integra precipitazioni e evapotraspirazione potenziale per valutare la severità delle siccità.
- **Crop water deficit**: misura il deficit idrico specifico per coltura, utile per valutare l'impatto sulle colture più sensibili.
- **Evapotraspirazione colturale**: calcolata su base fenologica per stimare la domanda idrica delle colture.

I dati sono stati raccolti da fonti ufficiali (ISPRA, JRC MARS, dati meteorologici regionali) e integrati con serie storiche a livello provinciale e comunale. L'analisi copre il periodo 2006–2020, consentendo di identificare trend e anomalie di lungo periodo.

1.2.3 Evidenze empiriche: frequenza e distribuzione degli eventi estremi

L'analisi dei dati mostra una crescita significativa del numero di eventi climatici estremi in Italia negli ultimi quindici anni. In particolare:

- **Alluvioni**: 1.482 eventi registrati tra il 2006 e il 2020, con una media annua di 13 eventi e una forte variabilità interannuale. Le province più colpite sono Varese, Como e Udine.
- **Siccità moderate**: 2.557 eventi nello stesso periodo, con una media annua di 23 e una deviazione standard di 8. Le aree più vulnerabili risultano Agrigento, Latina, Lecce e Medio Campidano.
- **Gelate**: 48.403 episodi, con una media annua di 440 e una deviazione standard di 496. Le province alpine e prealpine (Sondrio, Bolzano, Aosta, Trento) sono le più esposte.

Tabella 1.3: Statistiche descrittive degli eventi climatici catastrofici in Italia (2006–2020)

Evento	Numero eventi	Media annua	Dev. std. annua	Range annuo
Alluvione	1.482	13	14	0–75
Siccità	2.557	23	8	6–40
Gelo	48.403	440	496	0–2.291

1.2.4 Distribuzione territoriale: mappe e province più colpite

Le mappe di rischio elaborate mostrano una forte eterogeneità nella distribuzione degli eventi estremi. Ad esempio, le province di Varese, Como e Udine sono state tra le più colpite dalle alluvioni, mentre Agrigento, Latina e Lecce sono risultate particolarmente vulnerabili alla siccità. Le gelate hanno interessato soprattutto le province alpine e prealpine, con picchi annuali superiori a 150 eventi in alcune aree (Tabella 1.4).

1.2.5 Trend temporali e cambiamenti recenti

L'analisi temporale evidenzia un aumento della frequenza degli eventi estremi negli ultimi quinquenni, con una tendenza all'intensificazione soprattutto per le siccità e le gelate. In alcune province del Sud (es. Agrigento, Caltanissetta, Trapani), il numero di episodi di siccità è raddoppiato tra il 2011–2015 e il 2016–2020. Analogamente, nelle province alpine il numero di gelate annuali è rimasto costantemente elevato, con valori record nel 2016–2020.

Tabella 1.4: Top ten province per eventi catastrofici (2006–2020)

Provincia	Alluvioni	Siccità	Gelate
Varese	75	12	422
Como	55	9	381
Udine	67	11	403
Agrigento	7	40	68
Latina	8	38	70
Lecce	7	37	72
Sondrio	32	5	2.291
Bolzano	31	4	2.194
Aosta	43	3	2.087
Trento	35	2	1.675

1.2.6 Implicazioni per la gestione del rischio

L'accresciuta frequenza e intensità degli eventi climatici estremi comporta una maggiore esposizione al rischio per le aziende agricole, con impatti differenziati in base alla localizzazione geografica, alla specializzazione colturale e alle pratiche di gestione adottate. Le principali implicazioni operative sono:

- **Necessità di strumenti RM personalizzati:** la forte eterogeneità territoriale richiede assicurazioni e fondi mutualistici calibrati sulle specificità locali.
- **Integrazione di dati climatici granulari:** la raccolta e l'analisi di dati ad alta risoluzione spaziale e temporale sono fondamentali per la progettazione di strumenti efficaci.
- **Sviluppo di sistemi di allerta precoce:** la previsione tempestiva degli eventi estremi può ridurre i danni e migliorare la resilienza aziendale.
- **Promozione di pratiche agroecologiche e di adattamento:** diversificazione colturale, gestione sostenibile delle risorse idriche e innovazione tecnologica sono leve chiave per mitigare l'impatto dei rischi climatici.

1.2.7 Limiti e prospettive future

Nonostante la crescente disponibilità di dati climatici e l'affinamento degli indicatori, permangono criticità legate alla previsione degli eventi estremi rari, alla rappresentatività delle stazioni meteo e alla difficoltà di integrare dati climatici e produttivi a livello aziendale. Le prospettive future includono:

- **Sviluppo di modelli predittivi avanzati** (machine learning, modelli spaziali) per migliorare la previsione di eventi estremi.
- **Integrazione tra dati climatici e dati di campo** per una valutazione più accurata dell'impatto sulle colture.
- **Collaborazione tra enti di ricerca, policy maker e stakeholder agricoli** per la costruzione di sistemi di gestione del rischio realmente resilienti.

1.2.8 Conclusioni

Il report evidenzia come i cambiamenti climatici stiano modificando profondamente il profilo di rischio dell'agricoltura italiana, aumentando la frequenza e l'intensità degli eventi estremi e

accentuando le disuguaglianze territoriali. Una gestione efficace del rischio richiede strumenti innovativi, dati di qualità e un approccio integrato tra ricerca, policy e operatori del settore.

1.3 D1.3 - Paper submitted to a scientific journal on the qualification and quantification of the risk

1.3.1 Introduzione e motivazione

La strategia Farm-to-Fork (F2F) dell'Unione Europea mira a promuovere la sostenibilità ambientale del settore agricolo, introducendo limiti all'uso di input potenzialmente dannosi come fertilizzanti, fitofarmaci e acqua per irrigazione. Tuttavia, la letteratura ha finora prestato scarsa attenzione a come tali vincoli influenzino l'esposizione al rischio economico degli agricoltori e la variabilità del reddito aziendale. Il paper di [Biagini and Severini \[2022\]](#) si inserisce in questo dibattito, indagando, tramite un approccio econometrico avanzato e dati panel FADN-RICA sulle aziende cerealicole italiane (2008–2019), come le scelte di input influenzino simultaneamente il livello di reddito atteso e le diverse dimensioni del rischio.

In particolare, lo studio propone un'analisi congiunta di quattro input chiave (fertilizzanti, prodotti fitosanitari, acqua irrigua e lavoro), adottando una metodologia moment-based che consente di valutare non solo la varianza (rischio totale) ma anche la semi-varianza negativa (downside risk) e la skewness (asimmetria della distribuzione del reddito). Il lavoro contribuisce a colmare un gap della letteratura, che spesso si concentra su singoli input o su misure aggregate di rischio, e offre indicazioni rilevanti per la progettazione di policy ambientali che tengano conto anche della sostenibilità economica delle aziende agricole.

1.3.2 Quadro teorico e metodologia

Il riferimento teorico principale è il framework di [Just and Pope \[1978, 1979\]](#), che distingue tra effetti degli input su media e varianza della produzione, e l'approccio moment-based di [Antle \[1983, 1987, 2010\]](#). Il modello stocastico adottato permette di stimare separatamente l'impatto degli input su:

- **Reddito atteso** (media della distribuzione dei profitti)
- **Varianza** (misura della volatilità complessiva del reddito)
- **Semi-varianza negativa** (rischio downside, ovvero la variabilità nelle code basse della distribuzione)
- **Skewness** (asimmetria, utile per cogliere la probabilità di eventi estremi negativi)

L'approccio empirico prevede due fasi:

1. stima della funzione di produzione tramite Generalised Method of Moments (GMM) [[Hansen, 1982](#)]
2. stima degli effetti degli input sulle misure di rischio tramite Fixed Effect Generalised Least Squares (FE-GLS) [[Wooldridge, 2010](#)] controllando per eterogeneità individuale e temporale, e per variabili di controllo come pagamenti PAC, assets fissi, superficie irrigata e affittata, e redditi extra-agricoli

1.3.3 Dati e descrittive

Il dataset utilizza 6015 osservazioni aziendali (2008–2019) di aziende cerealicole italiane specializzate, con una copertura geografica che riflette l'eterogeneità climatica, pedologica e socio-economica del Paese. La Tabella [1.5](#) riassume le principali statistiche descrittive.

Tabella 1.5: Statistiche descrittive delle variabili principali (2008–2019)

Variabile	Media	Dev. std.	Min	Max
Reddito (EUR)	26.301	62.485	-331.293	2.687.580
Fertilizzanti (EUR)	8.337	12.755	0	150.724
Fitofarmaci (EUR)	4.163	7.180	0	122.503
Lavoro (h)	2.757	1.951	0	24.160
Acqua (m ³)	9.155	34.967	0	894.309
DDP (EUR)	16.348	24.926	0	501.924

La variabilità dei dati è molto elevata, riflettendo la diversità gestionale e strutturale delle aziende. Il reddito presenta valori negativi in alcuni casi, a testimonianza della presenza di annate particolarmente sfavorevoli.

1.3.4 Risultati: effetti degli input su reddito e rischio

La Tabella 1.6 riassume i principali risultati delle stime econometriche sulle quattro dimensioni considerate.

Tabella 1.6: Effetti marginali standardizzati degli input su reddito atteso, varianza, semi-varianza negativa e skewness

Input	Reddito atteso	Varianza	Semi-var. negativa	Skewness
Fertilizzanti	n.s.	n.s.	+	-
Fitofarmaci	-	-	+	-
Lavoro	-	-	n.s.	-
Acqua	n.s.	-	n.s.	-

Legenda: n.s. = non significativo; + = aumento; - = riduzione.

Fertilizzanti: Non hanno effetto significativo su reddito atteso e varianza complessiva, ma aumentano la semi-varianza negativa (downside risk) e riducono la skewness (diminuzione della probabilità di fallimenti estremi). Questo suggerisce che l'incremento di fertilizzanti può ridurre la probabilità di annate disastrose, ma non necessariamente la volatilità complessiva.

Fitofarmaci: Un aumento della spesa in prodotti fitosanitari riduce sia il reddito atteso sia la varianza, ma aumenta il downside risk e riduce la skewness. L'effetto negativo sul reddito atteso potrebbe riflettere un uso difensivo o inefficiente, mentre la riduzione della varianza indica una funzione di input risk-reducing, coerente con la letteratura [Just and Pope, 1978, Antle, 2010].

Lavoro: L'aumento delle ore lavorate riduce sia il reddito atteso sia la varianza, senza effetti significativi sulla semi-varianza negativa, ma riduce la skewness.

Acqua: L'irrigazione non mostra effetti significativi su reddito atteso e downside risk, ma riduce la varianza e la skewness, suggerendo un ruolo stabilizzante soprattutto nelle annate sfavorevoli.

1.3.5 Discussione: implicazioni per la policy e la sostenibilità

I risultati mostrano che le politiche di riduzione degli input chimici, come previsto dalla strategia F2F, possono avere effetti complessi e non lineari sul rischio economico degli agricoltori. In particolare, la diminuzione di fertilizzanti e fitofarmaci può aumentare il downside risk, esponendo le aziende a maggiori probabilità di annate con reddito molto basso, anche se la varianza complessiva può restare invariata o ridursi. Questi risultati suggeriscono la necessità di accompagnare le politiche ambientali con strumenti di gestione del rischio (assicurazioni, fondi mutualistici, IST) specifici per le aziende più esposte, evitando effetti regressivi e fenomeni di abbandono delle colture più vulnerabili [Biagini and Severini, 2022].

Inoltre, l'analisi evidenzia l'importanza di considerare simultaneamente più dimensioni del rischio (varianza, downside risk, skewness) e di adottare strategie di policy integrate che tengano conto delle interazioni tra input, clima e struttura aziendale.

1.3.6 Robustezza e limiti

Gli autori sottopongono i risultati a diversi test di robustezza (cross-validation, confronto tra stimatori), confermando la stabilità dei coefficienti e la validità dell'approccio FE-GLS. Tuttavia, riconoscono alcuni limiti: la difficoltà di identificare effetti causali netti in presenza di endogeneità e la necessità di ulteriori dati per analisi disaggregate per area geografica e tipologia aziendale.

1.3.7 Conclusioni

Il paper di Biagini and Severini [2022] dimostra che le scelte di input degli agricoltori influenzano in modo articolato non solo il livello atteso di reddito, ma anche le diverse dimensioni del rischio economico. Le politiche ambientali che impongono restrizioni sugli input devono quindi essere accompagnate da strumenti di gestione del rischio mirati, per evitare effetti indesiderati sulla sostenibilità economica delle aziende e sulla sicurezza alimentare. L'approccio moment-based e l'analisi panel rappresentano strumenti promettenti per future ricerche e per la progettazione di policy evidence-based.

1.4 D1.4 - Conference paper on the effect of the use of chemicals on the risk faced by farmers

1.4.1 Introduzione e motivazione

L'uso di pesticidi in agricoltura rappresenta una delle principali leve per la protezione delle colture e la stabilizzazione dei raccolti, ma pone anche rilevanti interrogativi in termini di sostenibilità ambientale, salute pubblica e rischi economici per gli agricoltori [Biagini and Severini, 2022, Dias and et al., 2023, Athukorala et al., 2023]. Negli ultimi anni, l'Unione Europea ha promosso politiche di riduzione dell'impiego di prodotti chimici, come la Direttiva 2009/128/CE e la Farm to Fork Strategy, che fissava l'obiettivo di ridurre del 50% l'uso dei pesticidi entro il 2030. Tuttavia, la relazione tra riduzione dei pesticidi e rischio economico per gli agricoltori resta oggetto di dibattito, con la letteratura che evidenzia risultati eterogenei a seconda del contesto colturale, degli indicatori utilizzati e delle condizioni climatiche [Serra et al., 2006b, Antle, 2010, Möhring et al., 2020].

Questo contributo, basato su un momento-based approach applicato a dati FADN-RICA di aziende melicole del Nord Italia (2015–2020), analizza in modo congiunto l'effetto dell'uso di pesticidi su rese attese, variabilità delle rese e ricavo per ettaro, integrando indicatori climatici

ad alta risoluzione e simulazioni di scenario in linea con gli obiettivi UE di riduzione dei prodotti chimici [Biagini and Severini, 2022].

1.4.2 Quadro teorico e letteratura

La letteratura distingue tra input input produttivi che aumentano la variabilità delle rese e input produttivi che la riducono. Per quanto riguarda i pesticidi alcuni studi trovano che contribuiscono ad aumentare la variabilità produttiva [Serra et al., 2006b], altri studi trovano risultati opposti [Antle, 2010, Koundouri et al., 2009, Gardebroek and et al., 2010], altri ancora non rilevano effetti significativi [Hurd, 1994, Möhring et al., 2020]. La spiegazione di queste divergenze risiede nella diversa natura delle colture considerate nei vari studi, nei sistemi produttivi, nei metodi di misurazione e nella presenza di variabili confondenti come la pressione dei parassiti, spesso non osservabile [Möhring and et al., 2019, Gong and et al., 2016].

Il modello teorico adottato si basa sull’approccio moment-based di Antle [Antle, 1983, 2010], che consente di stimare separatamente l’effetto degli input su media, varianza e semi-varianza negativa della distribuzione dei risultati economici (resa e ricavo per ettaro). L’attenzione alla semi-varianza negativa (quella variabilità che riguarda outcomes inferiori rispetto alla media) è particolarmente rilevante in agricoltura, dove gli agricoltori sono più preoccupati delle perdite sotto la media che dei guadagni eccezionali [Mulungu and et al., 2024, Koundouri et al., 2009].

1.4.3 Dati, indicatori e metodologia

L’analisi è condotta su 303 aziende melicole del Nord Italia (Trentino-Alto Adige, Piemonte, Valle d’Aosta, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto, Friuli-Venezia Giulia), con dati FADN 2015–2020. La variabile chiave è la spesa per pesticidi per ettaro, utilizzata come proxy dell’uso di prodotti chimici, integrata da fertilizzanti (kg/ha), lavoro (ore/ha), età del frutteto, certificazioni di qualità (PDO/PGI), e variabili climatiche (ondate di calore, gelate tardive, precipitazioni aprile-giugno). I dati meteorologici sono interpolati da dati ERA5 [Biagini and Severini, 2022].

Tabella 1.7: Statistiche descrittive principali (2015–2020, aziende melicole Nord Italia)

Variabile	Media	Dev. std.	Min	Max
Ricavo (€/ha)	19.562	11.224	138	70.595
Resa (t/ha)	48,1	20,4	0,4	116,4
Pesticidi (€/ha)	1.247	687	12	8.800
Fertilizzanti (kg/ha)	304	331	0	5.804
Lavoro (ore/ha)	818	362	128	3.243
Gelate tardive (binaria)	0,35	–	0	1
Ondate di calore (n./anno)	12,2	3,2	5,5	26,3
Precipitazioni (mm)	397	98	109	706

La funzione di produzione è stimata con un modello quadratico lineare a effetti fissi, mentre la varianza e la semi-varianza negativa sono modellate linearmente. La robustezza dei risultati è verificata tramite due diverse analisi di sensitività [Cinelli and Hazlett, 2020, Stetter et al., 2022].

1.4.4 Risultati empirici

Effetti su resa e ricavo attesi

L'elasticità della spesa in pesticidi è positiva e significativa sia sulla resa attesa (+1,6% di resa produttiva a fronte di un aumento del 10% della spesa in pesticidi) sia sul ricavo atteso per ettaro (+1,3% a fronte dello stesso incremento di spesa), confermando il ruolo produttivo e di protezione della qualità dei pesticidi in melicoltura intensiva [Babcock et al., 1992, Zaller and et al., 2023, Biagini and Severini, 2022].

Effetti su varianza e downside risk

Nessuno degli input considerati risulta influenzare in modo statisticamente la varianza della resa o del ricavo, mentre le gelate tardive aumentano la varianza della resa. Tuttavia, l'analisi della semi-varianza negativa mostra che i pesticidi riducono significativamente il rischio di perdita sotto la media, sia per la resa che per il ricavo, mostrando la funzione di riduzione del rischio di tale input nel caso della melicoltura [Koundouri et al., 2009, Skevas and et al., 2014, Gong and et al., 2016]. Le gelate tardive aumentano il downside risk, mentre ondate di calore e precipitazioni primaverili lo riducono per il ricavo.

Tabella 1.8: Effetti marginali standardizzati degli input su media, varianza e semi-varianza negativa

Input	Resa attesa	Varianza	Downside risk	Ricavo atteso
Pesticidi	+	n.s.	–	+
Fertilizzanti	+	n.s.	n.s.	n.s.
Lavoro	+	n.s.	n.s.	+
Gelate tardive	–	+	+	+
Ondate di calore	n.s.	n.s.	n.s.	–
Precipitazioni	n.s.	n.s.	n.s.	–

Legenda: + = effetto positivo; – = effetto negativo; n.s. = non significativo.

Simulazione di policy: taglio del 50% dei pesticidi

La simulazione di una riduzione del 50% della spesa in pesticidi (in linea con la Farm to Fork Strategy) mostra che la variabilità delle rese inferiori rispetto alla media aumenterebbe in media del 15% e quello del ricavo del 13%, a parità di altre condizioni. Questi effetti, che rappresentano un upper bound di breve periodo, suggeriscono che la riduzione dei pesticidi senza strumenti RM complementari potrebbe compromettere la stabilità economica delle aziende melicole [Biagini and Severini, 2022].

1.4.5 Robustezza e limiti

Le analisi di sensitività indicano che i risultati principali relativi alle rese produttive sono robusti variabili non osservate di moderata entità. Nel caso dei ricavi, i modelli sono più sensibili a variabili non osservate. Un limite dell'analisi riguarda la variabile impiegata per i pesticidi (spesa anziché quantità o principio attivo), dovuto alle limitazioni dei dati FADN disponibili. Tuttavia, la relativa omogeneità delle aziende melicole italiane rende la misura affidabile per questo settore.

1.4.6 Discussione e implicazioni di policy

I risultati mostrano che i pesticidi, in contesti di melicoltura intensiva, sono strumenti di gestione del rischio che riducono la probabilità di annate con perdite elevate. Le politiche di riduzione dei pesticidi, se non accompagnate da strumenti gestione del rischio (assicurazioni, IST, fondi mutualistici) e innovazione agronomica (varietà resistenti, gestione integrata), rischiano di aumentare in modo consistente la variabilità produttiva e di compromettere la sostenibilità economica delle aziende o la loro capacità di pianificare investimenti [Wesseler, 2022, Möhring and et al., 2020].

È necessario un approccio integrato che combini obiettivi ambientali e di stabilizzazione del reddito, promuovendo l'adozione di strumenti di gestione del rischio complementari e investendo in ricerca su alternative efficaci ai pesticidi. In prospettiva, la digitalizzazione e l'innovazione (varietà resistenti, precision farming, servizi di consulenza) potranno ridurre la dipendenza dai prodotti chimici senza aumentare il rischio economico per gli agricoltori.

1.4.7 Conclusioni

L'analisi empirica conferma che i pesticidi agiscono come input che riduce la variabilità delle rese nella melicoltura italiana. Le politiche di riduzione dei pesticidi devono quindi essere accompagnate da strumenti di gestione del rischio e da innovazione agronomica, per evitare effetti regressivi su produttori e consumatori. Solo un approccio integrato tra sostenibilità ambientale e stabilizzazione del reddito potrà garantire la resilienza del settore agricolo italiano di fronte alle sfide climatiche e di mercato.

1.5 D1.5 -Final report on risks due to the changing climatic conditions with “maps of risks”

1.5.1 Introduzione

Il cambiamento climatico sta modificando in modo sostanziale la frequenza, l'intensità e la distribuzione degli eventi climatici estremi che colpiscono l'agricoltura italiana. Alluvioni, siccità e gelate rappresentano oggi i principali rischi sistemici per il settore, con impatti crescenti sulla produttività, sulla stabilità dei redditi agricoli e sulla sicurezza alimentare Santeramo et al. [2024]. Il presente report, realizzato nell'ambito del progetto PRIN Sus-Risk, fornisce una valutazione quantitativa e cartografica dei rischi climatici in Italia nel periodo 2006–2020, integrando indicatori climatici semplici e complessi, analisi statistiche ed evidenze territoriali.

1.5.2 Indicatori climatici: definizione e applicazione

L'analisi si basa su una combinazione di indicatori climatici semplici (temperature massime e minime, precipitazioni cumulative, range di temperatura diurna) e complessi (SPEI, crop water deficit, crop evapotranspiration), selezionati per la loro capacità di identificare e quantificare eventi estremi rilevanti per l'agricoltura Santeramo et al. [2024]. La Tabella 1.9 riassume i principali indicatori e soglie adottate.

Per la siccità, l'indice SPEI (Standardised Precipitation Evapotranspiration Index) è stato adottato per la sua capacità di integrare il bilancio idrico climatico e di cogliere periodi prolungati di deficit idrico. Per le gelate, la soglia di temperatura minima giornaliera inferiore a 0°C è stata applicata su base provinciale.

Tabella 1.9: Indicatori climatici e soglie per la definizione degli eventi estremi

Evento	Indicatore	Soglia
Alluvione	Precipitazione giornaliera	> 40 mm/giorno
Siccità	SPEI	< -1
Gelo	Temperatura minima	< 0 °C

1.5.3 Frequenza e distribuzione degli eventi estremi

Nel periodo 2006–2020, l'Italia ha registrato 1.482 eventi alluvionali, 2.557 episodi di siccità moderata e 48.403 episodi di gelo. La Tabella 1.10 sintetizza le principali statistiche descrittive.

Tabella 1.10: Statistiche descrittive degli eventi climatici catastrofici in Italia (2006–2020)

Evento	N. eventi	Media annua	Dev. std. annua	Min annua	Max annua
Alluvione	1.482	13	14	0	75
Siccità	2.557	23	8	6	40
Gelo	48.403	440	496	0	2.291

Le alluvioni sono risultate più frequenti nelle province del Nord (Lombardia, Friuli-Venezia Giulia), le siccità nelle regioni del Centro-Sud e isole (Lazio, Sicilia, Sardegna), mentre le gelate hanno colpito soprattutto le province alpine e prealpine (Sondrio, Bolzano, Aosta, Trento).

1.5.4 Mappe di rischio: distribuzione spaziale degli eventi estremi

Le mappe di rischio prodotte illustrano la distribuzione provinciale degli eventi estremi (Figura 1.1). Più di due terzi delle province italiane hanno sperimentato almeno un giorno all'anno con temperature minime sotto lo zero. Le province di Varese, Como e Udine sono risultate le più colpite dalle alluvioni; Agrigento, Latina e Lecce dalle siccità; Sondrio, Bolzano e Aosta dalle gelate.

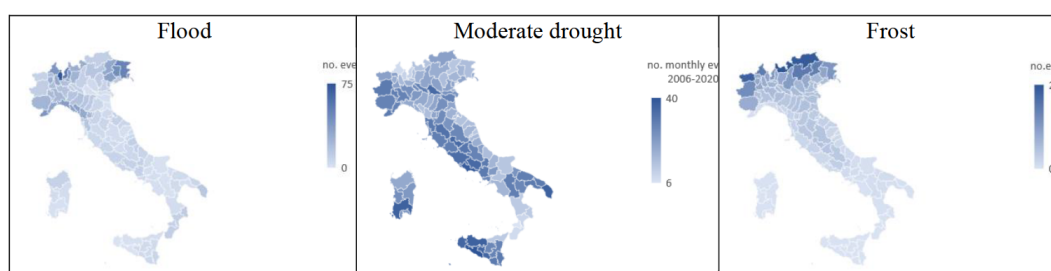


Figura 1.1: Mappe della frequenza di alluvioni, siccità e gelate nelle province italiane (2006–2020).

La Tabella 1.11 riporta le dieci province più colpite per ciascun evento.

1.5.5 Trend temporali e variazioni recenti

L'analisi temporale mostra che la frequenza delle alluvioni è aumentata nel tempo (da 309 eventi nel 2006–2010 a 712 nel 2016–2020), mentre siccità e gelate hanno registrato una leggera diminuzione, pur restando su livelli elevati. Alcune province del Sud (es. Agrigento, Caltanissetta, Trapani) hanno visto raddoppiare gli episodi di siccità negli ultimi cinque anni, mentre nelle province alpine il numero di gelate annuali è rimasto costantemente elevato.

Tabella 1.11: Top ten province per numero di eventi catastrofici (2006–2020)

Provincia	Alluvioni	Siccità	Gelate
Varese	75	12	422
Como	55	9	381
Udine	50	11	403
Agrigento	7	40	68
Latina	8	38	70
Lecce	7	37	72
Sondrio	32	5	2.291
Bolzano	31	4	2.194
Aosta	43	3	2.087
Trento	35	2	1.675

1.5.6 Relazione tra variabili climatiche e rese agricole

L'analisi econometrica ha evidenziato che temperature elevate e precipitazioni ridotte sono associate a una diminuzione dei livelli produttivi medi e a un aumento della variabilità delle rese, con effetti particolarmente marcati per mais e orzo. La Tabella 1.12 riassume i risultati delle stime.

Tabella 1.12: Effetti delle variabili climatiche su livello e variabilità delle rese dei cereali

Coltura	Effetto temperatura	Effetto precipitazione	Effetto su variabilità
Mais	Negativo, non lineare	Positivo, non lineare	Aumenta con T elevata
Orzo	Negativo, non lineare	Positivo, non lineare	Aumenta con T elevata
Frumento	Nulla	Positivo	Nulla

1.5.7 Implicazioni operative e di policy

Le evidenze raccolte suggeriscono che la gestione del rischio climatico in agricoltura deve basarsi su:

- **Personalizzazione degli strumenti RM:** la forte eterogeneità territoriale richiede assicurazioni e fondi mutualistici calibrati sulle specificità locali.
- **Integrazione di dati climatici granulari:** la raccolta e l'analisi di dati ad alta risoluzione sono fondamentali per la progettazione di strumenti efficaci.
- **Sistemi di allerta precoce:** la previsione tempestiva degli eventi estremi può ridurre i danni e migliorare la resilienza aziendale.
- **Innovazione e pratiche agroecologiche:** diversificazione colturale, gestione sostenibile delle risorse idriche e tecnologie di precisione sono leve chiave per mitigare l'impatto dei rischi climatici.

1.5.8 Conclusioni

Il report D1.5 dimostra che i cambiamenti climatici stanno aumentando la frequenza e la gravità degli eventi estremi, accentuando le disuguaglianze territoriali e colturali. La costruzione di mappe di rischio e l'integrazione di dati climatici avanzati sono strumenti indispensabili per la programmazione delle politiche di adattamento e la progettazione di strumenti di gestione del rischio più efficaci e inclusivi.

1.6 D1.6 - Policy brief on qualification and quantification of risk faced by farmers

1.6.1 Introduzione

La gestione del rischio in agricoltura è diventata una priorità strategica per le politiche europee e nazionali, soprattutto alla luce dell'intensificarsi degli eventi climatici estremi e della crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale. L'agricoltura italiana, e in particolare la frutticoltura specializzata, si trova oggi a dover conciliare gli obiettivi di riduzione dell'uso di input chimici (come i pesticidi) con la necessità di mantenere la produttività e la stabilità dei redditi agricoli. Il presente policy brief, basato sulle evidenze del progetto PRIN Sus-Risk e sulle analisi contenute nel report finale D1.5, offre una panoramica aggiornata sulla relazione tra uso di pesticidi, rischi climatici e rischio economico per gli agricoltori, con particolare attenzione alla melicoltura del Nord Italia.

1.6.2 Pesticidi, clima e rischio: evidenze empiriche

L'utilizzo di pesticidi in agricoltura ha effetti rilevanti non solo sulla produttività attesa, ma anche sulla variabilità delle rese e quindi sul rischio economico affrontato dagli agricoltori. La letteratura internazionale mostra risultati contrastanti: in alcuni casi i pesticidi riducono la variabilità negativa delle rese (downside risk), in altri la aumentano o non hanno effetti significativi [Serra et al., 2006a,b, Koundouri et al., 2009, Antle, 2010, Gardebroek and et al., 2010, Hurd, 1994].

Le analisi empiriche condotte su dati di aziende melicole del Nord Italia (2015–2020) mostrano che:

- L'uso di pesticidi riduce in modo significativo la variabilità negativa delle rese e dei ricavi, classificando tali input come downside risk-reducing.
- Le gelate tardive, evento climatico sempre più frequente a causa del cambiamento climatico, riducono la resa ma aumentano il ricavo medio per ettaro, grazie all'elasticità della domanda di mele e all'aumento dei prezzi in annate di scarsità.
- Le ondate di calore e le precipitazioni primaverili hanno effetti meno pronunciati ma contribuiscono a modulare il rischio.

Tabella 1.13: Effetto di pesticidi e eventi climatici su resa e rischio nella melicoltura (2015–2020)

Fattore	Effetto su resa attesa	Effetto su downside risk	Effetto su ricavo
Pesticidi	+	–	+
Gelate tardive	–	+	+
Ondate di calore	n.s.	n.s.	–
Precipitazioni	n.s.	n.s.	–

Legenda: + = effetto positivo; – = effetto negativo; n.s. = non significativo.

1.6.3 Implicazioni delle politiche di riduzione dei pesticidi

Le strategie europee, come la Farm to Fork Strategy, fissano obiettivi ambiziosi di riduzione dell'uso di pesticidi, ma la letteratura e i dati empirici suggeriscono che tali politiche, se non accompagnate da strumenti di gestione del rischio, possono aumentare l'esposizione al rischio per gli agricoltori più avversi al rischio [Antle, 2010]. In particolare:

- La riduzione dei pesticidi può aumentare la probabilità di annate con rese molto basse (downside risk), con effetti negativi sul benessere degli agricoltori e potenzialmente anche sul surplus dei consumatori, a causa dell'aumento dei prezzi in caso di scarsità.
- L'aumento della frequenza di eventi climatici estremi, come le gelate tardive, aggrava ulteriormente il rischio, rendendo ancora più urgente un rafforzamento degli strumenti di gestione del rischio (assicurazioni, fondi mutualistici, IST).

1.6.4 Raccomandazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si suggeriscono le seguenti raccomandazioni operative:

1. **Accompagnare le politiche di riduzione dei pesticidi con strumenti RM mirati:** assicurazioni specifiche, fondi mutualistici e IST devono essere rafforzati e resi accessibili soprattutto alle aziende più esposte al downside risk.
2. **Promuovere l'innovazione agronomica:** investire in ricerca su varietà resistenti, tecniche di difesa integrata e digitalizzazione per ridurre la dipendenza dai pesticidi senza aumentare il rischio economico.
3. **Personalizzare le strategie di gestione del rischio:** calibrare le polizze e gli strumenti RM sulle specificità colturali e territoriali, tenendo conto della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi.
4. **Migliorare la raccolta e la condivisione dei dati:** sviluppare dataset climatici e produttivi granulari per una valutazione più accurata del rischio e una progettazione più efficace degli strumenti RM.
5. **Formazione e comunicazione:** rafforzare la formazione degli agricoltori e la comunicazione sui rischi legati al cambiamento climatico e sulle opportunità offerte dagli strumenti RM innovativi.

1.6.5 Conclusioni

Le politiche di riduzione degli input chimici, pur necessarie per la sostenibilità ambientale, devono essere integrate con strategie di gestione del rischio che proteggano la stabilità del reddito e la resilienza delle aziende agricole. L'esperienza della melicoltura italiana dimostra che i pesticidi svolgono una funzione di downside risk-reducing, e che la loro riduzione, in assenza di strumenti RM efficaci, può aumentare la vulnerabilità degli agricoltori. Solo un approccio integrato, basato su innovazione, personalizzazione e rafforzamento degli strumenti di gestione del rischio, potrà garantire la sostenibilità economica e ambientale del settore agricolo di fronte alle sfide del cambiamento climatico.

1.7 Sintesi e Prospettive Future

Il Work Package 1 ha fornito un contributo significativo all'avanzamento delle conoscenze scientifiche sulla gestione del rischio in agricoltura attraverso lo sviluppo di metodologie innovative e l'analisi empirica di casi studio specifici. La ricerca ha dimostrato l'importanza di un approccio olistico che integri competenze multidisciplinari e metodologie innovative per affrontare la complessità del rischio agricolo.

I risultati ottenuti evidenziano la necessità di considerare le diverse dimensioni del rischio (produttivo, di mercato, climatico, istituzionale) in modo integrato, tenendo conto delle specificità territoriali e settoriali. L'approccio sviluppato fornisce strumenti operativi per agri-

coltori, assicuratori e decisori politici, contribuendo al trasferimento tecnologico dalla ricerca alla pratica.

Le prospettive future includono l'estensione dell'analisi ad altri settori produttivi e territori, lo sviluppo di strumenti di supporto alle decisioni basati su intelligenza artificiale e l'integrazione con sistemi di monitoraggio in tempo reale. La collaborazione tra le istituzioni partecipanti ha creato una rete di competenze che potrà essere valorizzata in futuri progetti di ricerca nazionali ed europei.

L'impatto del Work Package 1 si estende oltre l'ambito puramente scientifico, contribuendo allo sviluppo di strumenti operativi per la gestione del rischio che possono essere utilizzati da tutti gli stakeholder del settore agricolo. Questo trasferimento tecnologico rappresenta un valore aggiunto fondamentale per la valorizzazione della ricerca pubblica e per il rafforzamento della resilienza del sistema agricolo italiano.

Capitolo 2

Work Package 2 - Behavioural factors influencing farmers' adoption of risk management strategies

Il Work Package 2, si concentra sull'analisi dei fattori comportamentali che influenzano le decisioni degli agricoltori nell'adozione di strumenti di gestione del rischio. Questo WP adotta un approccio innovativo basato sull'economia comportamentale per comprendere i meccanismi decisionali degli operatori agricoli in contesti di incertezza.

La crescente complessità del settore agricolo richiede una comprensione approfondita non solo degli aspetti tecnici ed economici della gestione del rischio, ma anche dei fattori psicologici e comportamentali che guidano le decisioni degli agricoltori. Il WP2 affronta questa sfida attraverso un approccio multidisciplinare che integra teoria economica comportamentale, metodologie sperimentali e analisi empiriche innovative.

I deliverable presentati in questo capitolo rappresentano il contributo scientifico dell'Università di Trento, dell'Università di Padova e dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza nonché delle istituzioni partner, con particolare focus sull'Income Stabilization Tool (IST) e le assicurazioni parametriche. Ogni deliverable apporta competenze specifiche nell'analisi comportamentale, contribuendo a costruire un quadro completo della gestione del rischio dal punto di vista dell'agricoltore.

2.1 D2.1 - Report on the conducted systematic literature review

2.1.1 Introduzione

La gestione del rischio in agricoltura è diventata uno dei temi centrali della ricerca economica e delle politiche pubbliche negli ultimi decenni, in risposta all'intensificarsi degli eventi climatici estremi, alla volatilità dei mercati e alla crescente complessità delle scelte produttive degli agricoltori. In questo contesto, la revisione sistematica della letteratura condotta nell'ambito del Deliverable D2.1 si propone di offrire una panoramica aggiornata e critica sui principali fattori – economici, comportamentali e psicologici – che influenzano l'adozione degli strumenti di gestione del rischio (Risk Management, RM) da parte degli agricoltori, con particolare attenzione alle assicurazioni agricole e ai fondi mutualistici.

La revisione si concentra su quattro aree chiave:

1. I modelli teorici ed empirici che spiegano le decisioni degli agricoltori in condizioni di rischio e incertezza.
2. I contributi della behavioral economics, con particolare attenzione a preferenze di rischio, ambiguità, probabilità soggettive e loss aversion.
3. Le evidenze empiriche sull'adozione degli strumenti RM e sulle determinanti comportamentali e psicologiche.
4. Le implicazioni di policy e le prospettive di ricerca futura.

2.1.2 Quadro teorico: expected utility, prospect theory e preferenze comportamentali

Tradizionalmente, la teoria dell'utilità attesa (Expected Utility Theory, EUT) di von Neumann e Morgenstern [von Neumann and Morgenstern, 1947] ha rappresentato il framework di riferimento per modellizzare le decisioni degli agricoltori in condizioni di rischio. Secondo EUT, gli agenti massimizzano l'utilità attesa dei risultati, ponderando i possibili esiti per la loro probabilità oggettiva. Tuttavia, numerosi studi empirici hanno dimostrato che le scelte degli agricoltori spesso si discostano dalle previsioni della EUT, soprattutto in presenza di rischi complessi, ambiguità e informazioni incomplete [Babcock, 2015, Dalhaus et al., 2020, Feng et al., 2021].

In risposta a queste criticità, la letteratura recente ha adottato modelli alternativi, tra cui la prospect theory [Kahneman and Tversky, 1979], che incorpora elementi come la loss aversion (avversione alle perdite), il probability weighting (sovra/sottoponderazione delle probabilità) e la reference dependence. Questi modelli hanno permesso di spiegare meglio alcune anomalie osservate nel comportamento degli agricoltori, come la sottoscrizione sub-ottimale di assicurazioni o la preferenza per strumenti mutualistici rispetto a prodotti assicurativi standard [Babcock, 2015, Fezzi et al., 2021, Dalhaus et al., 2020].

2.1.3 Determinanti comportamentali dell'adozione degli strumenti RM

La revisione sistematica della letteratura evidenzia che le decisioni degli agricoltori di adottare strumenti RM sono influenzate da una molteplicità di fattori comportamentali, tra cui:

- **Probabilità soggettive:** le credenze degli agricoltori circa la probabilità di eventi avversi (es. perdite da eventi climatici) spesso divergono dalle probabilità oggettive stimate dagli attuari. Questo gap può portare a una sottovalutazione o sopravvalutazione del rischio e influenzare negativamente la domanda di assicurazione [Fezzi et al., 2021, Čop et al., 2023].
- **Preferenze di rischio:** la propensione al rischio è stata ampiamente studiata, ma la sua correlazione con l'adozione di assicurazioni è risultata spesso debole o non significativa, probabilmente a causa della forte dipendenza dal contesto e dai metodi di elicitazione [Menapace et al., 2016, Coletta et al., 2018, Rommel et al., 2019, Finger et al., 2022].
- **Preferenze per l'incertezza e l'ambiguità:** la letteratura su queste preferenze è ancora limitata, ma emergono evidenze che suggeriscono un ruolo importante nella spiegazione delle scelte assicurative, soprattutto in presenza di prodotti innovativi (es. index-based insurance) [Bougherara et al., 2017, Cerroni, 2020].
- **Loss aversion e probability weighting:** la tendenza degli agricoltori a sovrastimare le perdite rispetto ai guadagni e a distorcere la percezione delle probabilità influenza la domanda di strumenti RM, come dimostrato da studi che applicano la prospect theory alle decisioni assicurative [Babcock, 2015, Dalhaus et al., 2020].

Tabella 2.1: Main Behavioral Factors Affecting RM Adoption

Factor	Description	Expected Effect
Subjective Probabilities	Individual beliefs about the probability of adverse events	May lead to sub-optimal subscription
Risk Propensity	Preference for certain vs. risky outcomes	Ambiguous effect, context-dependent
Ambiguity Aversion	Discomfort with unknown probabilities	Reduces adoption of innovative tools
Loss Aversion	Greater weight to losses than gains	May increase insurance demand
Probability Weighting	Distortion in probability perception	May lead to non-optimal choices

2.1.4 Evidenze empiriche: survey, esperimenti e limiti della letteratura

La maggior parte delle evidenze empiriche deriva da studi che utilizzano survey, esperimenti di laboratorio o sul campo, e analisi di dati amministrativi sulle scelte assicurative degli agricoltori. I principali risultati possono essere così sintetizzati:

- Le probabilità soggettive sono spesso elicitate tramite metodi ipotetici, che possono soffrire di problemi di incentive compatibility e di scarsa validità esterna [Cerroni, 2020, Fezzi et al., 2021].
- Le preferenze di rischio sono altamente sensibili al metodo di elicitazione (lotterie monetarie standard vs. contestualizzate), e la loro capacità predittiva sulle scelte assicurative è limitata [Menapace et al., 2016, Reynaud and Couture, 2012].
- L'influenza delle preferenze per l'ambiguità e l'incertezza è ancora poco esplorata, ma alcuni studi suggeriscono che gli agricoltori più avversi all'ambiguità sono meno propensi ad adottare prodotti assicurativi innovativi [Bougherara et al., 2017, Cerroni, 2020].
- La letteratura su loss aversion e probability weighting applicata all'agricoltura è in crescita, ma ancora limitata, con pochi studi che integrano questi fattori in modelli predittivi delle scelte assicurative [Babcock, 2015, Dalhaus et al., 2020].

Un ulteriore limite della letteratura è la scarsità di studi che integrano dati sperimentali e dati reali sulle scelte assicurative, nonché la mancanza di analisi longitudinali che consentano di valutare la stabilità delle preferenze comportamentali nel tempo.

2.1.5 Innovazioni metodologiche: verso una modellizzazione integrata

Negli ultimi anni, la letteratura ha iniziato a integrare i fattori comportamentali nei modelli bio-economici e agent-based, con l'obiettivo di migliorare la capacità predittiva dei modelli e di progettare strumenti RM più efficaci e mirati [Huber et al., 2022, Cerroni and Rippo, 2023]. Questa linea di ricerca rappresenta una frontiera promettente per la costruzione di una visione olistica della gestione sostenibile del rischio in agricoltura.

2.1.6 Implicazioni di policy e raccomandazioni operative

Le evidenze raccolte suggeriscono che le politiche pubbliche dovrebbero:

- Promuovere la formazione e l'informazione degli agricoltori sui rischi e sugli strumenti RM, per ridurre il gap tra probabilità soggettive e oggettive.
- Sostenere la sperimentazione di strumenti assicurativi innovativi (es. index-based insurance) calibrati sulle preferenze comportamentali degli agricoltori.

Tabella 2.2: Esempi di studi empirici su fattori comportamentali e adozione di strumenti RM

Autore	Fattore analizzato	Principale risultato
Fezzi et al. [2021]	Probabilità soggettive	Disallineamento rispetto a probabilità oggettive, impatto su domanda assicurativa
Čop et al. [2023]	Probabilità soggettive, risk preferences	Le probabilità soggettive predicono l'adesione a IST, risk preferences meno rilevanti
Menapace et al. [2016]	Risk preferences	Correlazione debole con domanda assicurativa
Bougherara et al. [2017]	Avversione all'ambiguità	Effetto negativo su adozione di strumenti innovativi
Babcock [2015]	Loss aversion, probability weighting	Spiega scelte anomale di copertura assicurativa
Dalhaus et al. [2020]	Prospect theory	Evidenza di narrow framing e distorsioni probabilistiche

- Integrare i fattori comportamentali nei modelli di valutazione delle policy, per progettare incentivi e strumenti più efficaci.
- Investire nella raccolta di dati longitudinali e nello sviluppo di metodi di elicitazione incentive-compatible e contestualizzati.

2.1.7 Conclusioni e prospettive di ricerca

La revisione sistematica della letteratura evidenzia che la comprensione delle determinanti comportamentali dell'adozione degli strumenti RM è ancora limitata, ma in rapida evoluzione. L'integrazione dell'economia comportamentale, dei dati sperimentali e dei modelli predittivi rappresenta la chiave per sviluppare strumenti di gestione del rischio più efficaci, inclusivi e sostenibili. Futuri studi dovranno approfondire il ruolo delle reti sociali, delle dinamiche di gruppo e delle differenze culturali, nonché la validità interna ed esterna dei diversi metodi di elicitazione delle preferenze.

2.2 D2.2 - Report on the two economic experiments

2.2.1 Introduzione e obiettivi

Il presente report sintetizza i risultati di due esperimenti economici sul campo realizzati nell'ambito del progetto PRIN Sus-Risk, con l'obiettivo di comprendere le preferenze e i comportamenti degli agricoltori italiani rispetto all'adozione di strumenti innovativi di gestione del rischio (Risk Management, RM). Gli esperimenti sono stati progettati per analizzare la disponibilità a pagare (WTP) per due strumenti:

1. l'Income Stabilisation Tool (IST) nella melicoltura della Provincia Autonoma di Trento (PAT)
2. un'assicurazione parametrica indicizzata (index-based insurance) contro la siccità per i produttori di pomodoro del Nord Italia

Entrambi gli studi hanno integrato l'analisi della WTP con l'elicitazione di preferenze comportamentali (rischio, tempo) e aspettative soggettive sulle probabilità di eventi avversi, testando anche l'effetto di specifiche euristiche cognitive (availability heuristic) sulle decisioni degli agricoltori. L'analisi delle euristiche rappresenta un elemento di originalità degli studi svolti. L'euristiche si identificano come scorciatoie mentali usate dagli agenti economici per risolvere situazioni di scelta complesse. In particolare l'euristica della disponibilità (availability heuristic) parte dal presupposto che in una situazione di scelta complessa, un evento che può essere richiamato alla mente facilmente è importante. Questa informazione assiste il decisore economico riducendo la complessità della scelta ed orientando la sua scelta attraverso quelle informazioni più prontamente richiamabili.

2.2.2 Esperimento 1: WTP per l'Income Stabilisation Tool (IST) tra i melicoltori trentini

Disegno sperimentale e metodologia

Il primo esperimento è stato condotto online con un campione rappresentativo di 146 produttori di mele della PAT, reclutati tramite la collaborazione con il consorzio di difesa dei produttori agricoli (Co.Di.Pr.A) locale. I partecipanti sono stati assegnati casualmente a tre gruppi sperimentali:

1. **Gruppo di controllo:** nessuna attivazione dell'euristica, task neutro.
2. **Trattamento "Individual Past" (IP):** attivazione dell'euristica della disponibilità tramite richiesta di informazioni sul proprio reddito degli ultimi 10 anni e identificazione degli anni con perdite superiori al 20% rispetto alla media.
3. **Trattamento "General Past" (GP):** attivazione dell'euristica tramite informazioni aggregate sul reddito medio della melicoltura PAT e sugli anni in cui si sono registrate perdite superiori al 20%.

Il protocollo sperimentale prevedeva quattro task:

1. elicitazione della WTP per l'IST tramite asta BDM (Becker-DeGroot-Marschak)
2. elicitazione delle credenze soggettive sulle variazioni di reddito futuro tramite quadratic scoring rule (QSR)
3. elicitazione delle preferenze di rischio tramite Bomb Elicitation Task (BRET)
4. raccolta di dati socio-demografici e gestionali

Tabella 2.3: Statistiche descrittive del campione melicoltori (n=146)

Variabile	Media	Dev. std.
WTP IST (€/ha)	278,78	191,26
Partecipazione IST 2023 (%)	60	—
Età (anni)	50,18	12,27
Superficie aziendale (ha)	4,04	3,27
Valore assicurato (€/azienda)	121.591	95.537
Premio assicurativo (€/azienda)	23.413	19.231

Risultati principali

L'analisi statistica (OLS e test non-parametrici) ha rilevato differenze significative nella WTP tra i tre gruppi sperimentali, suggerendo che l'attivazione dell'euristica della disponibilità

influenza la propensione a pagare per l'IST in modo statisticamente significativo quando l'esperienze richiamate sono individuali e personalizzate (trattamento IP) ma non quando sono aggregate e generali (trattamento GP). Le medie delle WTP sono: controllo 270,75 €/ha, IP 311,08 €/ha, GP 255,97 €/ha.

Tabella 2.4: WTP per IST nei tre trattamenti

Trattamento	WTP media (€/ha)	Dev. std.
Controllo	270,75	–
Individual Past	311,08	–
General Past	255,97	–

L'analisi delle preferenze di rischio tramite BRET mostra una forte avversione al rischio (coefficiente medio 0,883), coerente con la letteratura sulla gestione del rischio in agricoltura. Le credenze soggettive relative alle variazioni di reddito futuro risultano distribuite normalmente e molto simili alle stime degli esperti, suggerendo una buona consapevolezza del rischio da parte dei produttori.

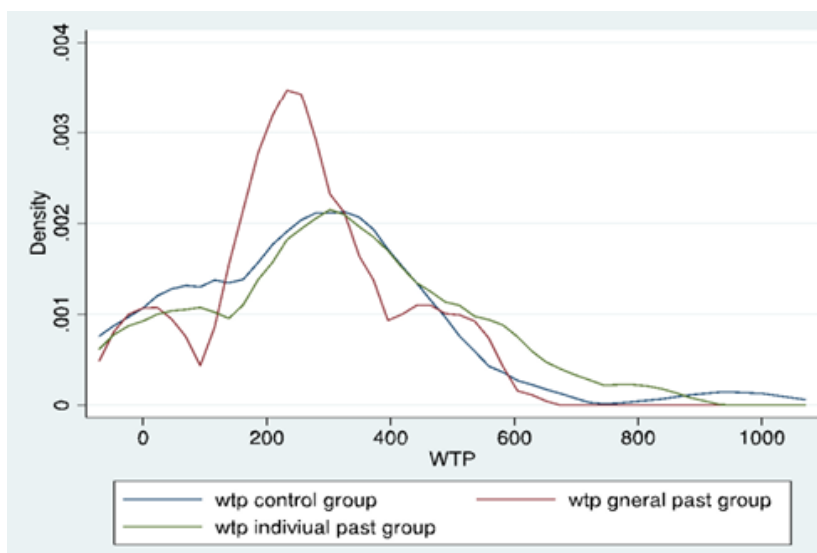


Figura 2.1: Distribuzione kernel della WTP per IST nei tre trattamenti.

Discussione

I risultati suggeriscono che, nel contesto della melicoltura trentina, la WTP per l'IST è relativamente stabile e non particolarmente sensibile all'attivazione dell'euristica della disponibilità. Questo può essere dovuto a una consolidata esperienza dei melicoltori trentini con strumenti RM, a una cultura gestionale avanzata e a una buona informazione sulle performance storiche del settore. Tuttavia, la forte avversione al rischio e l'allineamento tra credenze soggettive e stime oggettive indicano che la domanda di strumenti RM resta elevata e razionale.

2.2.3 Esperimento 2: WTP per assicurazione index-based contro la siccità tra i produttori di pomodoro

Disegno sperimentale e metodologia

Il secondo esperimento ha coinvolto 103 produttori di pomodoro del Nord Italia (principalmente Emilia-Romagna), reclutati tramite le associazioni Condifesa Piacenza e AINPO. Anche in questo caso, i partecipanti sono stati assegnati casualmente a tre gruppi:

1. **Gruppo di controllo:** nessuna attivazione dell'euristica.
2. **Trattamento “Individual Past” (IP):** richiesta di indicare la percentuale di danni da siccità subiti negli ultimi 7 anni.
3. **Trattamento “Individual Future” (IF):** richiesta di stimare la percentuale di danni da siccità attesi nei prossimi 7 anni.

Il protocollo prevedeva

1. elicitazione della WTP per l'assicurazione index-based tramite asta BDM
2. elicitazione delle credenze soggettive sulle precipitazioni future
3. elicitazione delle preferenze di rischio e di tempo
4. raccolta di dati socio-demografici

Risultati principali

I dati mostrano che la WTP media per l'assicurazione index-based è pari a 174,23 €/ha, con una forte variabilità tra aziende. L'attivazione dell'euristica della disponibilità (sia riferita al passato che al futuro) non genera differenze statisticamente significative nella WTP rispetto al gruppo di controllo. Tuttavia, le credenze soggettive sulle precipitazioni future risultano più pessimistiche nei gruppi trattati, suggerendo che l'euristica può influenzare le aspettative, anche se non la WTP dichiarata.

Le analisi delle preferenze di rischio e di tempo confermano una diffusa avversione al rischio e una moderata preferenza per il presente (impazienza), coerente con la letteratura sulle scelte assicurative in agricoltura.

Tabella 2.5: WTP per assicurazione index-based nei tre trattamenti

Trattamento	WTP media (€/ha)	Dev. std.
Controllo	168,90	–
Individual Past	181,25	–
Individual Future	172,10	–

Discussione

Anche nel caso dei produttori di pomodoro, l'attivazione dell'euristica della disponibilità non modifica la WTP in maniera statisticamente significativa per l'assicurazione, ma influenza le aspettative sulle precipitazioni future. Questo suggerisce che le euristiche cognitive possono alterare la percezione del rischio senza necessariamente tradursi in scelte economiche diverse, almeno nel breve periodo e in presenza di una buona informazione di settore.

2.2.4 Analisi comparativa e implicazioni comportamentali

I due esperimenti, pur in contesti colturali diversi, forniscono risultati convergenti:

- La WTP per strumenti RM innovativi è generalmente elevata e stabile, poco influenzata da euristiche di disponibilità.
- Le preferenze di rischio risultano avverse e coerenti con la domanda di coperture assicurative.

- Le credenze soggettive sulle probabilità di eventi avversi sono ben allineate alle stime oggettive, segno di una buona informazione e razionalità degli agricoltori coinvolti.
- Le euristiche cognitive possono influenzare le aspettative, ma non necessariamente le scelte economiche dichiarate.

2.2.5 Implicazioni di policy e raccomandazioni operative

Le evidenze raccolte suggeriscono che:

- Le campagne di informazione e formazione dovrebbero puntare a rafforzare ulteriormente la consapevolezza degli agricoltori sui rischi climatici e sulle opportunità offerte dagli strumenti RM innovativi.
- La progettazione di strumenti RM dovrebbe tenere conto della forte avversione al rischio degli agricoltori e della relativa stabilità delle loro preferenze, privilegiando prodotti semplici, trasparenti e facilmente accessibili.
- Le euristiche cognitive, pur non influenzando direttamente la WTP, possono avere un ruolo nella formazione delle aspettative e quindi nella domanda di strumenti RM nel lungo periodo.
- È auspicabile continuare a integrare l'analisi comportamentale nei processi di policy design, per anticipare possibili effetti inattesi e migliorare l'efficacia delle strategie di gestione del rischio.

2.2.6 Conclusioni

Gli esperimenti condotti nell'ambito del progetto Sus-Risk rappresentano un contributo originale alla comprensione delle determinanti comportamentali e cognitive delle scelte di gestione del rischio in agricoltura. I risultati evidenziano una domanda elevata e razionale di strumenti RM innovativi, una forte avversione al rischio e una buona capacità degli agricoltori di stimare le probabilità di eventi avversi. Le euristiche cognitive, sebbene influenzino le aspettative, non sembrano alterare in modo significativo la propensione a pagare per strumenti assicurativi in contesti di buona informazione e consolidata esperienza gestionale. Le future politiche dovranno integrare questi risultati per rafforzare la resilienza e la sostenibilità del settore agricolo italiano.

2.3 D2.3 - Policy brief on behavioural factors influencing farmers' adoption of risk management strategies

2.3.1 Introduzione

La resilienza del settore agricolo dipende in modo crescente dalla capacità degli agricoltori di adottare strategie efficaci di gestione del rischio (Risk Management, RM) di fronte a shock economici, istituzionali e ambientali. Tuttavia, la letteratura e le evidenze empiriche mostrano che le scelte di adozione degli strumenti RM non sono guidate esclusivamente da considerazioni economiche razionali, ma sono fortemente influenzate da fattori comportamentali, cognitivi e psicologici. Questo policy brief, basato sulle evidenze sperimentali raccolte nel progetto PRIN Sus-Risk e su una rassegna sistematica della letteratura, analizza il ruolo delle euristiche cognitive, delle preferenze di rischio e incertezza, delle credenze soggettive e della propensione all'innovazione nell'adozione di strumenti RM, con particolare attenzione al settore melicolo della Provincia Autonoma di Trento e all'Income Stabilisation Tool (IST).

2.3.2 Contesto: rischio in agricoltura e strumenti RM

Gli agricoltori italiani sono esposti a una molteplicità di rischi: climatici (siccità, gelate, alluvioni), di mercato (volatilità dei prezzi), fitosanitari e istituzionali. La PAC e il legislatore nazionale hanno promosso una gamma di strumenti RM – assicurazioni agevolate, fondi mutualistici, IST – per rafforzare la resilienza delle aziende. Tuttavia, la diffusione di questi strumenti resta inferiore alle attese, soprattutto per i prodotti innovativi come l'IST, e la domanda risulta eterogenea tra territori, colture e tipologie aziendali [Arata et al., 2023, Čop et al., 2023, Rippo and Cerroni, 2023].

2.3.3 Fattori comportamentali: quadro teorico

Oltre la razionalità: euristiche, preferenze e credenze

L'approccio tradizionale, basato sulla Expected Utility Theory (EUT), assume che gli agricoltori massimizzino l'utilità attesa in base a probabilità oggettive e preferenze di rischio stabili [von Neumann and Morgenstern, 1947]. Tuttavia, studi recenti hanno evidenziato che le decisioni reali degli agricoltori si discostano spesso da queste previsioni, soprattutto in presenza di incertezza, informazioni incomplete e prodotti assicurativi innovativi [Babcock, 2015, Dalhaus et al., 2020, Fezzi et al., 2021]. Modelli alternativi come la Prospect Theory [Kahneman and Tversky, 1979] incorporano elementi quali la loss aversion (avversione alle perdite), il probability weighting (distorsione delle probabilità) e la reference dependence, che spiegano meglio i comportamenti osservati.

Credenze soggettive e probabilità

Le credenze soggettive degli agricoltori sulle probabilità di eventi avversi (es. perdite di reddito, shock climatici) giocano un ruolo cruciale nelle decisioni di adozione degli strumenti RM. Queste credenze possono divergere dalle probabilità oggettive, portando a sottostima o sovrastima del rischio reale e influenzando la domanda di assicurazione [Fezzi et al., 2021, Čop et al., 2023]. L'elicitazione delle probabilità soggettive tramite metodi sperimentali (es. quadratic scoring rule) consente di misurare con precisione queste percezioni e di valutarne l'impatto sulle scelte assicurative.

Euristiche cognitive: il caso dell'euristica della disponibilità

Le euristiche sono scorciatoie cognitive che gli individui utilizzano per prendere decisioni rapide in condizioni di incertezza. L'euristica della disponibilità (availability heuristic) porta gli agricoltori a sovrastimare la probabilità di eventi che ricordano facilmente o che hanno vissuto recentemente. Gli esperimenti condotti nel progetto Sus-Risk hanno testato l'effetto di questa euristica sulla willingness to pay (WTP) per l'IST, confrontando tre gruppi: controllo, trattamento "individual past" (IP, richiamo di esperienze personali di perdita) e "general past" (GP, esposizione a dati aggregati sul settore).

2.3.4 Risultati empirici: evidenze dal settore melicolo trentino

Disegno sperimentale e principali risultati

L'esperimento ha coinvolto 146 produttori di mele della Provincia Autonoma di Trento, suddivisi nei tre gruppi sopra descritti. La WTP per l'IST è stata elicitata tramite asta BDM, mentre le credenze soggettive sono state raccolte con quadratic scoring rule. Le preferenze di rischio sono state misurate tramite il Bomb Risk Elicitation Task (BRET).

I risultati mostrano che l'attivazione dell'euristica della disponibilità tramite richiamo di esperienze personali di perdita (IP) aumenta significativamente la WTP per l'IST rispetto al grup-

Tabella 2.6: WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (€/ha)

Gruppo	WTP media	Dev. std.
Controllo	270,75	191,26
Individual Past (IP)	311,08	191,26
General Past (GP)	255,97	191,26

po di controllo. L'effetto è più debole nel gruppo GP, suggerendo che le narrazioni personali hanno un impatto maggiore delle informazioni aggregate. I partecipanti all'esperimento mostrano una forte avversità al rischio (coefficiente medio 0,88), mentre le credenze soggettive sulle probabilità che si realizzino delle perdite sono ben allineate alle stime oggettive.

Implicazioni comportamentali

Questi risultati confermano che i fattori comportamentali, e in particolare le euristiche cognitive e le credenze soggettive, influenzano in modo significativo la domanda di strumenti RM innovativi. La maggiore WTP nel gruppo IP suggerisce che la personalizzazione della comunicazione, basata su esperienze individuali, può aumentare l'adozione di strumenti come l'IST. L'allineamento tra credenze soggettive e probabilità oggettive indica una buona informazione e razionalità tra i produttori trentini, ma non è detto che questo valga in altri contesti meno strutturati.

2.3.5 Sintesi della letteratura e confronto internazionale

Le evidenze raccolte sono coerenti con la letteratura internazionale, che mostra come la propensione all'innovazione, la fiducia nelle istituzioni e la presenza di reti sociali influenzino l'adozione degli strumenti RM [Giampietri et al., 2020, Meuwissen et al., 2013, Arata et al., 2023]. Tuttavia, la correlazione tra preferenze di rischio e domanda di assicurazione è spesso debole e instabile, mentre le credenze soggettive e le euristiche cognitive risultano predittori più affidabili [Menapace et al., 2016, Coletta et al., 2018, Fezzi et al., 2021].

Tabella 2.7: Fattori comportamentali e psicologici che influenzano l'adozione di strumenti RM

Fattore	Effetto sull'adozione
Propensione al rischio	Effetto ambiguo, spesso non significativo
Credenze soggettive	Effetto positivo se allineate al rischio reale
Euristiche cognitive	Effetto positivo (IP), nullo o debole (GP)
Loss aversion	Può aumentare la domanda di assicurazione
Fiducia nelle istituzioni	Favorisce l'adozione
Propensione all'innovazione	Favorisce l'adozione
Reti sociali	Favoriscono l'adozione tramite imitazione e informazione

2.3.6 Implicazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si propongono le seguenti raccomandazioni operative:

1. **Personalizzare la comunicazione:** le campagne di promozione degli strumenti RM dovrebbero utilizzare narrazioni personali e testimonianze dirette, più efficaci delle informazioni aggregate.

2. **Integrare l’analisi comportamentale nel policy design:** la progettazione di strumenti RM deve tenere conto delle credenze soggettive, delle euristiche cognitive e della propensione all’innovazione degli agricoltori.
3. **Rafforzare la formazione e l’informazione:** programmi di formazione peer-led e consulenza personalizzata possono aumentare la consapevolezza e l’adozione degli strumenti RM.
4. **Sostenere la raccolta di dati comportamentali:** survey e sperimentazioni dovrebbero essere integrate nei sistemi di monitoraggio delle politiche agricole per adattare le strategie in tempo reale.
5. **Promuovere la fiducia e il coinvolgimento degli stakeholder:** la collaborazione tra istituzioni, cooperative, consorzi e agricoltori è essenziale per aumentare la fiducia nei nuovi strumenti RM.

2.3.7 Conclusioni

Le scelte degli agricoltori in materia di gestione del rischio sono il risultato di una complessa interazione tra fattori economici, psicologici e sociali. Le euristiche cognitive, le credenze soggettive e la personalizzazione della comunicazione giocano un ruolo chiave nell’adozione degli strumenti RM, come dimostrato dall’esperienza della melicoltura trentina con l’IST. Le politiche pubbliche dovranno integrare queste evidenze per progettare strategie più efficaci e inclusive, capaci di rafforzare la resilienza del settore agricolo italiano di fronte alle sfide del cambiamento climatico e della volatilità dei mercati.

2.4 D2.4 - “Too Complex to Choose? The Role of Heuristics in Shaping Farmers’ Willingness To Pay for Income Stabilization Tool in Italy”

2.4.1 Introduzione e quadro teorico

L’agricoltura europea, e in particolare quella italiana, si trova oggi esposta a una crescente instabilità economica dovuta a eventi climatici estremi, volatilità dei mercati e tensioni geopolitiche. In risposta a questi rischi, le politiche pubbliche e la PAC hanno promosso strumenti innovativi di gestione del rischio, come l’Income Stabilization Tool (IST), i fondi mutualistici e le assicurazioni agevolate [Arata et al., 2023, Rippo and Cerroni, 2023]. Tuttavia, l’adozione di questi strumenti resta limitata e fortemente eterogenea, suggerendo che le scelte degli agricoltori non sono guidate solo da considerazioni economiche razionali, ma anche da fattori comportamentali e cognitivi.

Il paper “Too Complex to Choose? The Role of Heuristics in Shaping Farmers’ Willingness To Pay for Income Stabilization Tool in Italy” affronta in modo innovativo il tema delle euristiche decisionali, ossia delle scorciatoie cognitive che gli agricoltori adottano quando si trovano di fronte a scelte complesse e incerte. In particolare, lo studio analizza come due diverse euristiche legate all’esperienza degli shock (individual past e general past) influenzino la willingness to pay (WTP) per l’adesione a un fondo IST settoriale, prima e dopo la comunicazione del prezzo reale di partecipazione [Rippo et al., 2025].

2.4.2 Contestualizzazione: strumenti RM e complessità decisionale

Il rischio di reddito in agricoltura è aumentato negli ultimi anni, con più del 20% delle aziende UE che tra il 2007 e il 2015 hanno subito perdite annue superiori al 30% della media triennale precedente [European Commission, 2018]. Strumenti come l’IST sono stati introdotti

per rispondere a questa esigenza di stabilizzazione, ma la loro adozione a livello europeo è rimasta marginale: solo Italia, Ungheria e una regione spagnola hanno attivato IST nel periodo 2014–2022, nonostante il sostegno finanziario europeo [European Parliamentary Research Service, 2016].

La letteratura evidenzia che, in condizioni di incertezza e complessità, gli agricoltori tendono a ricorrere a euristiche piuttosto che a processi decisionali razionali e ottimizzanti [Kahneman and Tversky, 1979, Duden et al., 2023]. Le euristiche sono regole pratiche che semplificano la valutazione dei rischi e delle probabilità, spesso sostituendo domande complesse con quesiti più semplici e immediati (es. “è successo a me o a qualcuno che conosco?”). Queste strategie decisionali possono portare a risultati soddisfacenti, ma anche a bias sistematici, soprattutto in presenza di eventi rari ma ad alto impatto [Kahneman, 2011].

2.4.3 Obiettivi e domande di ricerca

Il lavoro mira a rispondere a due domande principali:

1. In che modo le euristiche legate all’esperienza personale (individual past) e a quella del network sociale (general past) influenzano la WTP degli agricoltori per l’adesione a un fondo IST?
2. L’effetto delle euristiche persiste anche dopo la comunicazione del prezzo reale di partecipazione, o viene superato dall’informazione oggettiva?

2.4.4 Metodologia: esperimento incentivato e disegno sperimentale

Lo studio si basa su un’asta incentivata (Becker-DeGroot-Marschak, BDM) condotta su 150 produttori di mele italiani, suddivisi in tre gruppi:

- **Controllo:** nessuna attivazione di euristiche.
- **Individual Past:** richiamo esplicito di shock di reddito personali (anni con perdite > 20% rispetto alla media).
- **General Past:** richiamo di shock subiti dalla comunità locale (anni in cui molti agricoltori della zona hanno subito perdite rilevanti).

La WTP per l’adesione all’IST viene elicited prima e dopo la comunicazione del prezzo reale di adesione. Il disegno sperimentale consente di isolare l’effetto delle euristiche dalla semplice informazione di prezzo.

2.4.5 Risultati principali

Effetto delle euristiche sulla WTP (senza prezzo)

Prima della comunicazione del prezzo reale, la WTP media per l’adesione all’IST risulta significativamente più alta nel gruppo “individual past” (€ 421,11/ha) rispetto sia al gruppo controllo (€ 307,24/ha) sia al gruppo “general past” (€ 332,29/ha). Questo suggerisce che il richiamo di esperienze personali di shock economici aumenta la percezione del rischio e la propensione a investire in strumenti di stabilizzazione del reddito.

Effetto della comunicazione del prezzo reale

Dopo la comunicazione del prezzo reale di partecipazione (€ 268,08/ha), la WTP converge su valori simili in tutti i gruppi, annullando l’effetto delle euristiche. Questo risultato indica che l’informazione oggettiva sul costo reale è in grado di “correggere” la distorsione cognitiva

Tabella 2.8: WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (prima della comunicazione del prezzo)

Gruppo	WTP media (€/ha)	Dev. std.
Controllo	268,08	201,81
Individual Past	421,11	178,45
General Past	263,81	130,62

indotta dalle scorciatoie decisionali, riportando le scelte degli agricoltori su livelli più razionali e coerenti con le proprie possibilità economiche.

Tabella 2.9: WTP per IST nei tre gruppi sperimentali (dopo la comunicazione del prezzo)

Gruppo	WTP media (€/ha)	Dev. std.
Controllo	272,79	214,83
Individual Past	240,36	189,36
General Past	243,53	180,14

Altri risultati: ruolo della complessità e delle reti sociali

L’esperimento evidenzia che, in assenza di informazioni di prezzo, gli agricoltori tendono a sovrastimare la propria WTP quando sono indotti a riflettere su esperienze personali di shock, mentre l’effetto è più debole se il richiamo riguarda la rete sociale. Questo suggerisce che la complessità delle scelte e la difficoltà di valutare rischi e benefici spingono gli agricoltori a fare affidamento su euristiche personali, che possono portare a una domanda “eccessiva” di strumenti RM rispetto a quanto sarebbe razionalmente giustificato.

2.4.6 Discussione: implicazioni comportamentali e policy

Il ruolo delle euristiche nelle scelte di RM

I risultati confermano che le euristiche, e in particolare il richiamo di esperienze personali di shock, hanno un effetto significativo sulla percezione del rischio e sulla domanda di strumenti RM innovativi come l’IST. Tuttavia, l’effetto delle euristiche è transitorio e può essere “corretto” dalla comunicazione di informazioni oggettive e trasparenti sui costi reali. Questo implica che le campagne di promozione degli strumenti RM dovrebbero essere progettate tenendo conto sia delle dinamiche cognitive sia della necessità di fornire informazioni chiare e personalizzate.

Complessità decisionale e necessità di semplificazione

La complessità delle scelte di gestione del rischio, dovuta alla molteplicità degli strumenti disponibili e all’incertezza sugli esiti, rappresenta una barriera all’adozione diffusa. Gli agricoltori tendono a semplificare le decisioni affidandosi a regole pratiche e all’esperienza, ma questo può portare a errori di valutazione, soprattutto in presenza di eventi rari e ad alto impatto. La semplificazione delle procedure, la trasparenza dei costi e il supporto consulenziale possono aiutare a superare queste barriere.

Reti sociali e apprendimento collettivo

L’effetto più debole dell’euristica “general past” suggerisce che, sebbene le reti sociali siano importanti per la diffusione delle innovazioni, la percezione del rischio resta fortemente ancorata all’esperienza personale. Le politiche di promozione degli strumenti RM dovrebbero

quindi combinare testimonianze personali e campagne informative di gruppo, sfruttando sia la dimensione individuale sia quella collettiva dell'apprendimento.

2.4.7 Implicazioni di policy

Alla luce dei risultati, si suggeriscono alcune raccomandazioni operative:

- **Personalizzare la comunicazione:** campagne che richiamano esperienze personali di shock possono aumentare la WTP per strumenti RM, ma vanno sempre integrate con informazioni oggettive sui costi.
- **Semplificare le procedure:** ridurre la complessità delle scelte e facilitare l'accesso alle informazioni può favorire l'adozione degli strumenti RM.
- **Sostenere la formazione comportamentale:** programmi di formazione che includano elementi di behavioral economics possono aiutare gli agricoltori a riconoscere e gestire le proprie euristiche decisionali.
- **Rafforzare le reti sociali:** promuovere il dialogo tra pari e la condivisione di esperienze può favorire l'apprendimento collettivo e la diffusione delle innovazioni.

2.4.8 Conclusioni

Il paper dimostra che le scelte degli agricoltori in materia di gestione del rischio sono il risultato di una complessa interazione tra fattori economici, cognitivi e sociali. Le euristiche decisionali, soprattutto quelle legate all'esperienza personale, influenzano significativamente la percezione del rischio e la domanda di strumenti RM, ma il loro effetto può essere neutralizzato da informazioni trasparenti e personalizzate. Le politiche pubbliche dovranno integrare queste evidenze per progettare strategie di promozione più efficaci e inclusive, capaci di rafforzare la resilienza del settore agricolo italiano.

2.5 Sintesi e Prospettive Future

Il *Work Package 2* ha fornito contributi significativi alla comprensione dei fattori comportamentali che influenzano l'adozione di strumenti di gestione del rischio in agricoltura. La ricerca ha dimostrato l'importanza di integrare approcci dell'economia comportamentale con l'analisi delle politiche agricole.

I risultati evidenziano come le euristiche cognitive possano influenzare significativamente le valutazioni degli agricoltori, ma anche come informazioni concrete e affidabili possano mitigare questi effetti. Questo ha importanti implicazioni per la progettazione di strumenti di gestione del rischio e per le strategie di comunicazione delle istituzioni.

Le prospettive future includono l'estensione dell'analisi ad altri settori produttivi e strumenti di gestione del rischio, lo sviluppo di modelli predittivi che incorporino fattori comportamentali, e l'integrazione con tecnologie digitali per il supporto alle decisioni.

La collaborazione interdisciplinare sviluppata nel *Work Package 2* ha creato competenze innovative nell'applicazione dell'economia sperimentale al settore agricolo, aprendo nuove prospettive di ricerca e applicazioni pratiche. L'impatto della ricerca si estende oltre l'ambito accademico, fornendo strumenti operativi per migliorare l'efficacia delle politiche di gestione del rischio agricolo.

Capitolo 3

Work Package 3 – Explaining Risk Management Choices

Il Work Package 3 è dedicato all'analisi e alla spiegazione delle scelte di gestione del rischio da parte degli agricoltori. L'obiettivo principale è comprendere i determinanti, le preferenze e le conseguenze delle decisioni relative all'adozione degli strumenti di gestione del rischio (Risk Management - RM), con particolare attenzione alle assicurazioni agricole e agli strumenti innovativi come i fondi mutualistici e le polizze indicizzate.

La crescente complessità del settore agricolo e l'intensificarsi dei rischi legati ai cambiamenti climatici richiedono una comprensione approfondita non solo degli aspetti tecnici ed economici della gestione del rischio, ma anche dei meccanismi decisionali che guidano le scelte degli agricoltori. Il Work Package 3 affronta questa sfida attraverso un approccio multidisciplinare che integra metodologie avanzate di *machine learning*, analisi econometriche causali, esperimenti di scelta e analisi comportamentali.

I deliverable presentati in questo capitolo rappresentano il contributo scientifico dell'Università di Padova, dell'Università della Tuscia di Viterbo e dell'Università di Trento, coprendo diversi aspetti dell'analisi delle scelte di gestione del rischio: dalla valutazione metodologica degli strumenti di analisi quantitativa, all'identificazione dei fattori determinanti la partecipazione assicurativa, fino all'analisi delle conseguenze non intenzionali dell'assicurazione e delle preferenze per gli strumenti innovativi.

3.1 D3.1 - Report assessing the performances of machine learning vs traditional econometric analyse

Il deliverable D3.1 rappresenta un contributo metodologico fondamentale per l'avanzamento delle tecniche di analisi quantitativa nel settore dell'assicurazione agricola. Questo rapporto fornisce una valutazione comparativa approfondita tra i metodi di *machine learning* (ML) e le tecniche econometriche tradizionali, analizzando vantaggi, limitazioni e implicazioni pratiche di ciascun approccio.

3.1.1 Framework metodologico e approcci tradizionali

L'analisi parte dalla valutazione degli approcci econometrici tradizionali, in particolare dei Modelli Lineari Generalizzati (GLM), che hanno costituito per decenni la base delle metodologie di determinazione dei premi assicurativi e di previsione dei rischi in agricoltura. Questi modelli sono caratterizzati da solide basi teoriche e da una chiara interpretabilità, operando

attraverso la specificazione di relazioni funzionali - generalmente lineari o log-lineari - tra variabili esplicative e variabile risposta (come l'indennizzo atteso).

I GLM presentano il vantaggio principale della trasparenza: la specificazione del modello è informata dalla teoria economica e dalla letteratura esistente, rendendo i risultati comprensibili per un'ampia gamma di stakeholder, inclusi decisori politici e professionisti del settore. Tuttavia, questa interpretabilità ha un costo in termini di flessibilità. I GLM richiedono l'identificazione a priori delle variabili rilevanti e delle forme funzionali, rendendoli sensibili al sovra-adattamento quando troppe variabili predittive vengono incluse, o vulnerabili al sotto-adattamento quando variabili chiave vengono omesse.

Nel settore agricolo, rischi come siccità e alluvioni sono eventi rari, ma quando si verificano possono causare danni enormi. I dati raccolti mostrano spesso molti casi senza danni (*zero-inflated*) pochi casi con perdite molto gravi (*heavy tails*). I modelli tradizionali fanno fatica a rappresentare questa complessità, il che porta a previsioni poco affidabili e molto variabili di anno in anno. Di conseguenza, diventa difficile valutare correttamente i rischi e i fondi assicurativi possono trovarsi in difficoltà, perché il costo delle polizze rischia di non riflettere il rischio reale.

3.1.2 Approcci di machine learning: flessibilità e potere predittivo

I metodi di machine learning costituiscono un paradigma fondamentalmente data-driven (dove i metodi sono guidati dai dati), che enfatizza l'accuratezza predittiva e l'adattabilità piuttosto che la specificazione esplicita di relazioni teoriche. Metodi come LASSO, Elastic Net e Boosting sono progettati non solo per adattarsi a strutture dati complesse, ma anche per selezionare variabili in modo efficiente, limitando il sovra-adattamento e riducendo la multi-collinearità anche quando centinaia di potenziali predittori sono disponibili.

- Il **LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)** e l'**Elastic Net** rappresentano tecniche di regolarizzazione che combinano la capacità di selezione delle variabili con la prevenzione del sovra-adattamento (*overfitting*). Questi metodi sono particolarmente efficaci nel gestire dataset ad alta dimensionalità, tipici dell'agricoltura moderna dove sono disponibili numerose variabili agro-meteorologiche, di produzione e socio-economiche.
- Il **Boosting** migliora iterativamente le previsioni concentrandosi sui casi più difficili da predire, offrendo risultati particolarmente impressionanti in termini di minimizzazione dell'errore di previsione. Questo approccio si dimostra estremamente efficace nel contesto assicurativo agricolo, dove la corretta identificazione e quantificazione dei rischi estremi è cruciale per la sostenibilità del sistema.

Gli studi empirici condotti nell'ambito dell'assicurazione agricola rivelano i punti di forza di questi approcci ML. Non solo i modelli ML come LASSO e Boosting hanno ottenuto valori RMSE (Root Mean Square Error) molto più bassi rispetto ai GLM, indicando una superiorità in termini di bontà di adattamento, ma sono riusciti a farlo selezionando un numero significativamente inferiore di variabili esplicative in media. Questo significa che gli assicuratori possono potenzialmente ridurre i costi di raccolta delle informazioni senza sacrificare l'accuratezza o la stabilità delle stime dei premi.

3.1.3 Stabilità e sostenibilità economica

La stabilità dei metodi ML, in particolare del Boosting, è ulteriormente dimostrata nelle loro performance out-of-sample ¹: la determinazione dei prezzi basata su ML ha prodotto

¹Per *performance out-of-sample* si intende la capacità di un modello di prevedere correttamente nuovi dati che non sono stati utilizzati durante la fase di addestramento. In altre parole, misura quanto bene il modello

consistentemente premi strettamente allineati con i livelli di indennizzo realizzati, mantenendo l'equilibrio attuariale e la sostenibilità finanziaria nel corso di più anni. La maggiore stabilità e accuratezza predittiva degli approcci ML si traduce direttamente in offerte assicurative più eque e sostenibili per gli agricoltori, affrontando sia gli obiettivi economici che sociali della politica assicurativa agricola.

L'applicazione del ML è particolarmente efficace quando abbinata a distribuzioni di probabilità adeguate come la **distribuzione Tweedie**², che è abile nel modellare la natura altamente asimmetrica e zero-inflated degli indennizzi agricoli, entrambe aree dove i GLM basati su distribuzioni standard falliscono. Inoltre, la capacità dei metodi ML di scoprire relazioni complesse e non lineari e di adattarsi ad ambienti ricchi di variabili espande significativamente la loro applicabilità, soprattutto con la crescita del volume e della ricchezza dei dati agricoli attraverso i progressi nella tecnologia digitale e nel telerilevamento.

3.1.4 Trade-off: interpretabilità e trasparenza

Nonostante la superiorità predittiva sostanziale del ML, questi metodi presentano delle sfide significative. La più notevole è la caratteristica di essere una scatola chiusa ("black box") di molti algoritmi ML, specialmente del Boosting, che complica l'interpretabilità, una caratteristica critica quando gli stakeholder che richiedono spiegazioni chiare per i tassi dei premi o gli impatti delle politiche. I modelli econometrici tradizionali, benché meno potenti nella previsione, rimangono più facili da interpretare e giustificare in contesti normativi o accademici, rendendoli preferibili in situazioni dove trasparenza e comunicabilità sono fondamentali.

La mancanza di procedure di inferenza robuste e basate sulla teoria può essere un ostacolo in contesti che richiedono test formali di ipotesi o dove le decisioni dipendono dalla quantificazione dell'incertezza. Tuttavia, stanno emergendo nuovi metodi per affrontare queste lacune, e il campo continua a evolversi rapidamente.

3.1.5 Implicazioni pratiche e applicazioni

Un vantaggio centrale degli approcci ML è la loro efficienza nella selezione delle variabili, che riduce direttamente gli oneri logistici e finanziari della raccolta dati. Soprattutto per prodotti assicurativi nuovi o non testati, gli strumenti ML consentono la progettazione di premi equi e attuarialmente solidi senza richiedere un elenco esaustivo e costoso di variabili per ogni contraente. Questo beneficia direttamente sia gli assicuratori, che vedono migliorata la solvibilità del portafoglio, sia gli agricoltori, che ottengono coperture più accessibili ed eque allineate ai loro profili di rischio reali.

3.2 D3.2 - Report on identification of factors affecting farmers' participation to insurance schemes

Il deliverable D3.2 fornisce un'analisi sistematica e approfondita dei molteplici fattori che determinano la decisione degli agricoltori di partecipare agli schemi assicurativi agricoli. Questo rapporto rappresenta una revisione completa della letteratura scientifica e offre un framework teorico robusto per comprendere i meccanismi decisionali degli operatori agricoli in relazione alla gestione del rischio attraverso strumenti assicurativi.

funziona su situazioni reali e non solo sui dati già visti.

²La *distribuzione Tweedie* è una famiglia di distribuzioni di probabilità particolarmente adatta a dati che hanno molti zeri e pochi valori molto grandi. È spesso usata in assicurazione e agricoltura perché può modellare situazioni dove la maggior parte dei casi non presenta danni, ma quando si verificano eventi avversi, le perdite possono essere molto elevate. Un caso tipico della distribuzione Tweedie combina una parte discreta (molti zeri) e una parte continua (valori positivi), rendendola ideale per dati asimmetrici e "zero-inflated".

3.2.1 Fattori socio-demografici e caratteristiche individuali

L'analisi dei **fattori socio-demografici** rivela pattern complessi e talvolta contraddittori nella letteratura. L'età degli agricoltori emerge come un determinante significativo, anche se con evidenze miste. Generalmente, gli agricoltori più giovani mostrano una maggiore propensione all'assicurazione, probabilmente per la loro maggiore apertura verso strumenti di gestione del rischio innovativi e per orizzonti temporali più lunghi che consentono di realizzare i benefici potenziali. Tuttavia, alcuni studi evidenziano anche una maggiore propensione tra gli agricoltori anziani, motivata dall'avversione alle perdite e dall'esperienza accumulata nel corso degli anni.

Il **genere** gioca un ruolo significativo nella partecipazione assicurativa, con studi che generalmente indicano una maggiore inclinazione degli uomini rispetto alle donne all'acquisto di assicurazioni. Questa disparità è spesso attribuita a barriere strutturali affrontate dalle donne, come l'indipendenza finanziaria limitata, l'accesso ristretto al credito e le norme culturali. Tuttavia, evidenze contrastanti suggeriscono che le donne possono essere ugualmente o anche più propense ad assicurarsi quando le condizioni di accesso sono favorevoli, indicando che le differenze osservate potrebbero essere più legate a vincoli esterni che a preferenze intrinseche.

L'**educazione** è positivamente associata alla probabilità di acquisto di assicurazioni. Un livello di istruzione più elevato migliora la consapevolezza del rischio e la comprensione dei benefici assicurativi, facilitando l'adozione di questi strumenti. Questo suggerisce l'importanza di programmi educativi e di divulgazione per aumentare la partecipazione, specialmente tra gli agricoltori con livelli di istruzione formale più bassi.

3.2.2 Caratteristiche aziendali e strutturali

Le **dimensioni aziendali** rappresentano uno dei fattori più consistentemente identificati nella letteratura come determinante positivo della partecipazione assicurativa. Le aziende di maggiori dimensioni sono più spesso coinvolte in programmi assicurativi grazie alle loro maggiori risorse finanziarie, al migliore accesso alle informazioni e alle capacità avanzate di gestione del rischio. Tuttavia, alcuni studi evidenziano che anche le piccole aziende possono mostrare livelli notevoli di partecipazione assicurativa, spesso attribuiti alla loro maggiore vulnerabilità ai rischi e alla dipendenza dall'assicurazione come rete di sicurezza critica.

La tipologia di **titolo di possesso dei terreni** presenta una relazione consistente con la partecipazione assicurativa. Gli agricoltori con contratti di affitto, specie con durata breve, sono significativamente meno propensi a investire in assicurazione. Un miglioramento del mercato dei contratti di affitto che stimoli quelli a lungo termine potrebbe influenzare positivamente i tassi di partecipazione assicurativa, riducendo le incertezze e incoraggiando la fiducia nell'investimento assicurativo come strategia protettiva.

La **diversificazione delle colture** ha effetti misti sulla partecipazione assicurativa. Diversi studi riportano una relazione negativa, suggerendo che una maggiore diversificazione riduce la necessità di assicurazione poiché serve come strategia naturale di gestione del rischio. La diversificazione distribuisce il rischio tra più colture, diminuendo la dipendenza da strumenti esterni di mitigazione del rischio come l'assicurazione. Tuttavia, altre ricerche indicano una relazione positiva, dove gli agricoltori con sistemi colturali più diversificati possono ancora optare per l'assicurazione per proteggersi contro rischi sistemici o eventi imprevisti che colpiscono tutte le colture simultaneamente.

3.2.3 Variabili economiche e finanziarie

Il **livello di reddito** presenta una relazione multiforme con la partecipazione assicurativa. Da un lato, livelli di reddito più elevati sono spesso associati a una maggiore adozione assicurativa,

poiché gli agricoltori più ricchi hanno maggiori risorse finanziarie per investire in prodotti assicurativi e accesso migliorato alle informazioni. D'altro lato, alcuni studi suggeriscono che un reddito più elevato possa ridurre l'adesione alle assicurazioni, poiché gli agricoltori più ricchi possono percepirsi come meno vulnerabili ai rischi e quindi vedere meno necessità per l'assicurazione.

Il **reddito extra-agricolo** mostra una correlazione negativa con la partecipazione assicurativa. Gli agricoltori con fonti di reddito alternative possono percepire meno necessità di assicurazione formale a causa delle loro entrate aggiuntive, che fungono da sostituto degli strumenti di gestione del rischio tradizionali. Questo indica che la diversificazione del reddito può agire come una forma di auto-assicurazione.

3.2.4 Fattori comportamentali e di esperienza

L'**esperienza con l'assicurazione** è positivamente correlata con la probabilità di acquisto di polizze assicurative. Gli agricoltori che hanno precedentemente utilizzato prodotti assicurativi acquisiscono familiarità sui loro vantaggi e complessità, promuovendo maggiore fiducia nell'utilizzo di questi strumenti finanziari per la gestione efficace del rischio. Questa familiarità incoraggia una maggiore inclinazione a garantire copertura assicurativa.

La **fedeltà contrattuale** presenta una correlazione positiva con la probabilità di rinnovo delle polizze. Quando gli agricoltori si impegnano consistentemente con lo stesso assicuratore, sviluppano fiducia e familiarità con i termini e le condizioni specifiche, il che migliora la loro soddisfazione generale e fiducia nella copertura fornita. Questa relazione incoraggia il rinnovo dei contratti, riflettendo l'impatto delle esperienze positive precedenti sui processi decisionali attuali.

3.2.5 Fattori territoriali e politiche pubbliche

La **localizzazione geografica** influenza significativamente le decisioni degli agricoltori riguardo l'assicurazione. La ricerca indica che le decisioni degli agricoltori sono sostanzialmente influenzate dalle caratteristiche regionali, dall'accesso alle risorse, dalla disponibilità di informazioni e dai rischi locali specifici. Nelle regioni dove gli agricoltori hanno migliore accesso ai servizi e all'educazione assicurativa, i tassi di partecipazione tendono ad essere più alti.

L'**altitudine** presenta una correlazione negativa con la partecipazione degli agricoltori ai programmi assicurativi. Le altitudini più elevate presentano sfide agricole insidiose, come condizioni climatiche più severe e accesso limitato alle risorse, che possono scoraggiare gli agricoltori dall'investire in assicurazione. Queste difficoltà potrebbero portare alla percezione che l'assicurazione sia irrilevante o inaccessibile.

I **sussidi economici in primis la PAC** mostrano effetti non chiaramente definibili sulla partecipazione assicurativa. La ricerca evidenzia una relazione negativa tra certe forme di sostegno e la partecipazione degli agricoltori ai programmi di assicurazione delle colture. I pagamenti diretti al reddito riducono la vulnerabilità finanziaria degli agricoltori, agendo potenzialmente come sostituti dell'assicurazione e diminuendo la necessità percepita di strumenti aggiuntivi di gestione del rischio.

3.3 D3.3 - Paper on factors affecting farmers' participation to insurance schemes using Machine Learning

Il deliverable D3.3 presenta uno studio innovativo che esamina gli effetti causali dell'assicurazione agricola sovvenzionata sulle performance economiche e sui comportamenti produttivi

degli agricoltori. Questo paper rappresenta un contributo metodologico e empirico significativo, utilizzando tecniche avanzate di **difference-in-differences**³ per analizzare le conseguenze dinamiche - sia intenzionali che non intenzionali - della partecipazione agli schemi assicurativi.

3.3.1 Framework teorico e meccanismi comportamentali

Lo studio sviluppa un framework teorico robusto basato sulla teoria dell'utilità attesa e le sue estensioni comportamentali. Il modello parte dal presupposto che la produzione agricola è intrinsecamente rischiosa a causa di fattori come la variabilità meteorologica, le fluttuazioni di mercato e le condizioni ambientali. Gli agricoltori utilizzano tipicamente diverse strategie per gestire questi rischi, incluse l'assicurazione e gli aggiustamenti degli input.

Il framework teorico utilizza l'espansione di Taylor per approssimare la funzione di utilità attesa:

$$\begin{aligned} E[u(\pi(x, s))] &= u'(E[\pi(x, s)]) \frac{\partial E[\pi(x, s)]}{\partial x_i} \\ &+ \frac{1}{2!} u''(E[\pi(x, s)]) \frac{\partial Var[\pi(x, s)]}{\partial x_i} \\ &+ \frac{1}{3!} u'''(E[\pi(x, s)]) Var(\pi(x, s)) \frac{\partial E[\pi(x, s)]}{\partial x_i} \end{aligned}$$

Questa formulazione consente di analizzare come l'assicurazione influenzi le decisioni relative agli input attraverso i suoi effetti su profitto atteso, varianza del profitto e preferenze di rischio di ordine superiore.

Il modello identifica due meccanismi comportamentali principali: il **moral hazard**, per cui gli agricoltori assicurati riducono l'impegno imprenditoriale confidando nella copertura assicurativa, e la **percezione del rischio**, per cui gli agricoltori adattano l'uso degli input basandosi sulle loro preferenze di rischio e sul livello di copertura assicurativa.

3.3.2 Metodologia e strategia di identificazione

Lo studio utilizza dati del Farm Accountancy Data Network (FADN) italiano per il periodo 2018-2022, concentrandosi su aziende che partecipano alla Misura 17.1 del Programma di Sviluppo Rurale, che fornisce sussidi fino al 70% dei premi assicurativi. Il dataset finale comprende 52.235 osservazioni, di cui 45.427 aziende non assicurate e 6.808 aziende che hanno richiesto assicurazione sovvenzionata.

L'approccio metodologico principale è un **difference-in-differences** utilizzando l'estimatore di [de Chaisemartin and D'Haultfœuille \[2024\]](#). Questo estimatore è specificamente progettato per casi in cui il trattamento può essere adottato in periodi diversi e può gestire situazioni dove i trattamenti cambiano multiple volte (agricoltori che entrano ed escono dai programmi assicurativi). L'analisi identifica 15 diversi percorsi di trattamento, con solo uno che segue un design scaglionato tradizionale.

Per affrontare il bias di selezione, lo studio utilizza **Inverse Propensity Weights (IPW)** [\[Xu et al., 2010\]](#) calcolati attraverso **Entropy Balancing** [\[Hainmueller, 2012\]](#). Questo approccio assicura che i gruppi di trattamento e controllo siano comparabili basandosi sulle

³Il metodo *difference-in-differences* (DiD) è una tecnica statistica usata per valutare l'effetto di una politica o di un intervento confrontando la variazione media di un risultato tra un gruppo che ha subito l'intervento (trattato) e un gruppo che non lo ha subito (controllo), prima e dopo l'intervento stesso. In pratica, il DiD misura se la differenza tra i due gruppi cambia nel tempo, aiutando così a isolare l'effetto causale dell'intervento.

caratteristiche osservabili, consentendo una stima più accurata degli effetti causali (*Double Robust* ⁴).

3.3.3 Impatti su reddito e produttività

I risultati rivelano effetti significativi e persistenti dell'assicurazione sulla performance economica delle aziende. Nel primo anno dopo la partecipazione assicurativa, si osserva una diminuzione significativa dei ricavi totali per ettaro di €535.78 (SE: 147.38). Nel secondo anno, l'impatto negativo si riduce a €306.87 (SE: €98.99), mentre nel terzo anno l'effetto è molto più piccolo a €59.72 (SE: €82.06). Tuttavia, nel quarto anno si verifica un'altra diminuzione significativa di €241.11 (SE: €95.44).

L'**Average Treatment on Treated (ATT) cumulato** ⁵ mostra una riduzione significativa di €581.65 (SE: €183.04), indicando che la partecipazione assicurativa è correlata con un impatto negativo persistente sui ricavi. I test di validità confermano che l'assunzione di trend paralleli è soddisfatta (p-value 0.080) e che gli effetti sono dinamici e statisticamente significativi.

Per quanto riguarda il **Farm Net Value Added (FNVA) per ettaro**, il primo anno dopo la partecipazione assicurativa mostra un impatto negativo significativo di €412.64 per ettaro (SE 147.67). Questo effetto negativo diminuisce nel secondo anno, anche se con un valore non significativo di €145.17 (SE = 102.91). L'effetto rimane non significativo nel terzo anno €101.02 (SE = 92.28), ma nel quarto anno, con €331.29 (SE = 122.60), l'impatto torna ad essere significativo, suggerendo un potenziale effetto avverso a lungo termine.

3.3.4 Effetti sull'uso degli input

L'analisi degli input rivela pattern complessi che suggeriscono aggiustamenti dinamici nel comportamento produttivo. Per i **fertilizzanti**, l'impatto complessivo sui costi per ettaro non è statisticamente significativo nei periodi analizzati. Tuttavia, l'analisi disaggregata per tipo di fertilizzante mostra aumenti significativi nell'uso a lungo termine: nel quarto anno per l'azoto (1.539 kg/ha, SE 0.667), nel terzo anno per il fosforo (1.105 kg/ha, SE 0.517), e nel terzo e quarto anno per il potassio.

L'uso di *pesticidi* non mostra cambiamenti significativi a breve termine, ma possono verificarsi impatti a lungo termine man mano che gli agricoltori si adattano gradualmente alle loro pratiche produttive. Il **consumo di acqua** aumenta immediatamente dopo l'adozione dell'assicurazione, seguito da una diminuzione nei periodi successivi, indicando un impatto dinamico e reversibile.

⁴Lo stimatore *Double Robust* è una tecnica utilizzata nell'inferenza causale per stimare gli effetti di un trattamento (come la differenza media tra trattati e non trattati) che combina due modelli distinti: un modello per la probabilità di ricevere il trattamento (*propensity score*) e un modello per l'esito osservato (*outcome model*). perché fornisce stime consistenti quando almeno uno dei due modelli è specificato correttamente, anche se l'altro contiene errori. Questa proprietà offre una maggiore protezione contro gli errori di specificazione del modello rispetto ai metodi tradizionali, che richiedono la corretta specificazione di un solo modello per ottenere stime [Kang and Schafer, 2007].

⁵L'*Average Treatment on the Treated (ATT)* rappresenta l'effetto medio di un trattamento calcolato solo sul gruppo di individui che ha effettivamente ricevuto il trattamento. L'**ATT cumulato** misura come questo effetto si accumula nel tempo o su più periodi: indica cioè la differenza media tra l'andamento osservato dei trattati e quello che avrebbero avuto senza trattamento, sommando questi effetti su tutto il periodo considerato. In pratica, l'ATT cumulativo permette di capire quanto incremento (o decremento) totale a seguito dell'adesione all'assicurazione agevolata sui soggetti assicurati durante l'intero arco temporale analizzato.

3.3.5 Effetti sulla Total Factor Productivity

La **Total Factor Productivity (TFP)** ⁶ è calcolata come residuo di Solow ⁷

utilizzando una funzione di produzione Cobb-Douglas ⁸ stimata con la metodologia di [Akerberg et al. \[2015\]](#)

La TFP mostra una leggera riduzione nel tempo tra le aziende assicurate, anche se l'effetto non è statisticamente significativo nel breve periodo. Questo indica che la riorganizzazione dei processi produttivi richiede tempi lunghi e che altri fattori come la capacità manageriale e l'innovazione tecnologica possono influenzare la produttività più dell'assicurazione stessa.

I risultati mostrano che le aziende assicurate hanno una TFP del 6% inferiore rispetto a quelle non assicurate, suggerendo una relazione complessa tra assicurazione ed efficienza produttiva.

3.3.6 Implicazioni teoriche e di policy

Questi risultati evidenziano la presenza di **moral hazard pervasivo** nell'assicurazione agricola sovvenzionata. Il declino persistente di reddito e produttività, particolarmente pronunciato nei primi anni di partecipazione, suggerisce che gli agricoltori riducono l'impegno imprenditoriale confidando nella copertura assicurativa. Tuttavia, il moral hazard non si traduce direttamente in cambiamenti significativi nell'uso degli input nel breve termine, ma può avere impatti a lungo termine sull'efficienza aziendale.

Lo studio sottolinea la necessità di progettare schemi assicurativi che incentivino comportamenti virtuosi e colleghino le compensazioni a pratiche di gestione sostenibile. L'assicurazione da sola non è sufficiente a promuovere l'efficienza nell'uso degli input o la sostenibilità ambientale, richiedendo l'integrazione con altre misure di policy.

3.4 D3.4 - Report on identification of farmers' preferences for characteristics of innovative Risk Management tools

Il deliverable D3.4 presenta un'analisi innovativa delle preferenze degli agricoltori per le caratteristiche specifiche dei fondi mutualistici (Mutual Fund - MF) per rischi fitosanitari. Questo studio, condotto nella regione Veneto, utilizza metodologie avanzate di analisi congiunta per identificare gli attributi più valorizzati dagli agricoltori e fornire indicazioni concrete per la progettazione di strumenti di gestione del rischio più efficaci e attrattivi.

3.4.1 Contesto e motivazione della ricerca

I produttori agricoli europei sono sempre più esposti a rischi sanitari come le infestazioni di parassiti, che i tradizionali schemi assicurativi non riescono a coprire adeguatamente, in parte a causa delle elevate asimmetrie informative e del moral hazard. Come risposta, la PAC ha introdotto i fondi mutualistici come strumenti innovativi e sovvenzionati di gestione

⁶La **Total Factor Productivity (TFP)**, o produttività totale dei fattori, misura l'efficienza con cui tutti i fattori produttivi (come lavoro e capitale) vengono utilizzati per produrre beni e servizi. In pratica, indica quanta parte della crescita della produzione non è spiegata dall'aumento degli input, ma da fattori come il progresso tecnologico, l'innovazione, l'organizzazione e la qualità della forza lavoro.

⁷Il **residuo di Solow** rappresenta quella parte della crescita economica che non può essere spiegata dall'aumento dei fattori produttivi tradizionali, ad esempio capitale e lavoro. [Solow \[1957\]](#).

⁸La **funzione di produzione Cobb-Douglas** è una formula matematica molto usata in economia per descrivere come la quantità prodotta da un'impresa o da un settore dipenda dall'uso di due o più fattori produttivi, tipicamente capitale (K) e lavoro (L). La forma più comune è $Y = AK^\alpha L^\beta$, dove Y è la produzione totale, A rappresenta la produttività totale dei fattori, e α e β indicano quanto la produzione risponde alle variazioni di capitale e lavoro. Questa funzione è stata introdotta da Charles Cobb e Paul Douglas nel 1928 [Cobb and Douglas \[1928\]](#).

del rischio. I MF si basano sulla condivisione collettiva del rischio e possono compensare le perdite di produzione dovute a eventi non assicurabili.

Nonostante questi benefici, la partecipazione degli agricoltori rimane bassa. Questo studio è motivato dalla necessità di comprendere quali caratteristiche specifiche dei MF siano più valorizzate dagli agricoltori, con particolare focus sui rischi fitosanitari nella regione Veneto, dove gli agricoltori affrontano gravi rischi come l'*Halyomorpha halys* (cimice marmorizzata), che ha causato danni economici sostanziali.

3.4.2 Metodologia di ricerca: analisi congiunta

Lo studio utilizza una **conjoint analysis (CA) basata su rating**, una metodologia sofisticata che consente di stimare l'importanza relativa media di ciascun attributo e le stime di utilità relative ai livelli degli attributi, catturando anche i trade-off di utilità. Questa metodologia è particolarmente appropriata per analizzare le preferenze per prodotti complessi multi-attributo come i fondi mutualistici.

L'indagine è stata condotta nel 2022 tra 89 frutticoltori della regione Veneto. I partecipanti hanno valutato diversi profili di MF basati su combinazioni di quattro attributi chiave selezionati sulla base della letteratura, documenti di policy e input di esperti. I profili sono stati costruiti utilizzando un design ortogonale, e ogni rispondente ha valutato otto scenari ipotetici di MF su una scala da 1 a 7.

3.4.3 Attributi analizzati e design sperimentale

I quattro attributi selezionati per l'analisi rappresentano elementi cruciali nella progettazione dei fondi mutualistici:

Tabella 3.1: Parametri di Test per l'Assicurazione

Parametro	Opzioni Testate
Livello di franchigia	20% vs. 50% delle perdite
Metodo di valutazione del danno	Perizie in campo vs. stime basate su medie di area
Tipo di rischio coperto	Rischio specifico (es. <i>Halyomorpha halys</i>) vs. rischio generale
Costo di partecipazione (tariffa)	0.7% vs. 1.4% del valore annuale della produzione

Ogni attributo aveva due livelli, generando otto profili diversi attraverso il design ortogonale. Questa struttura consente di isolare l'effetto di ciascun attributo sulle preferenze complessive, controllando per gli altri fattori.

3.4.4 Risultati principali e importanza relativa degli attributi

L'analisi congiunta ha rivelato una chiara gerarchia di preferenze tra gli attributi dei fondi mutualistici. La **franchigia** emerge come la caratteristica più influente nelle preferenze degli agricoltori, seguita dalla **tariffa** richiesta per accedere alla copertura. Gli agricoltori nel campione favoriscono chiaramente opzioni con franchigia bassa (20%) e tariffa ridotta (0.7% del valore della produzione annuale), evidenziando una forte preferenza per compensazioni più immediate e frequenti e per l'accessibilità economica.

Il **metodo di valutazione del danno** gioca anch'esso un ruolo importante, con una marcata preferenza per le perizie in campo rispetto alle stime basate su medie di area. Questo

suggerisce che gli agricoltori valorizzano l'accuratezza e la trasparenza nelle procedure di compensazione, probabilmente perché percezioni di equità e precisione nella valutazione dei danni sono cruciali per la fiducia nel sistema.

Al contrario, il **tipo di rischio** coperto dal fondo, che sia specifico (es. *Halyomorpha halys*) o generale, ha avuto un'influenza limitata sulle loro preferenze. Questo risultato suggerisce che gli aspetti economici e procedurali dei MF sono molto più decisivi della portata della copertura quando si tratta della volontà degli agricoltori di partecipare.

3.4.5 Profilo ottimale e implicazioni per la progettazione

Tra gli otto profili di fondi mutualistici valutati, il più preferito era quello che offriva franchigia bassa e tariffa ridotta, copertura di rischi specifici e perizia in campo. Queste caratteristiche si allineano sia con la cautela finanziaria degli agricoltori che con il loro desiderio di meccanismi di compensazione trasparenti.

Questi risultati indicano che le caratteristiche relative ai costi e operative dei MF sono molto più decisive della portata della copertura quando si tratta della volontà degli agricoltori di partecipare. L'enfasi su franchigie basse riflette il desiderio di protezione anche per perdite moderate, mentre la preferenza per tariffe ridotte sottolinea l'importanza dell'accessibilità economica.

3.4.6 Implicazioni comportamentali e cognitive

L'analisi rivela pattern interessanti nelle preferenze che riflettono bias cognitivi e comportamentali. La forte preferenza per franchigie basse può riflettere una forma di **avversione alle perdite**, dove gli agricoltori preferiscono evitare anche perdite moderate piuttosto che essere esposti a perdite maggiori ma meno probabili. Questo è coerente con i principi della Prospect Theory, che suggerisce che le persone sono più sensibili alle perdite che ai guadagni equivalenti.

La preferenza per perizie in campo rispetto a stime basate su medie di area può riflettere il bisogno di **controllo percepito** e **equità procedurale**. Gli agricoltori probabilmente percepiscono le perizie in campo come più accurate e personalizzate, riducendo l'incertezza riguardo alla valutazione dei danni e aumentando la fiducia nel sistema.

3.5 D3.5 - Policy brief on factors affecting risk management choices

Il deliverable D3.5 rappresenta la sintesi operativa delle evidenze raccolte nei deliverable precedenti del Work Package 3, trasformando i risultati della ricerca scientifica in raccomandazioni concrete e actionable per policy makers, compagnie assicurative e stakeholder del settore agricolo. Questo policy brief si concentra sui fattori comportamentali, strutturali e contestuali che influenzano le scelte di gestione del rischio degli agricoltori.

3.5.1 Sintesi dei principali determinanti identificati

L'analisi comprensiva condotta nel Work Package 3 ha identificato diversi cluster di fattori che influenzano le scelte di gestione del rischio. I **fattori comportamentali** emergono come determinanti cruciali, includendo attitudini verso il rischio, preferenze temporali, avversione alle perdite, percezione soggettiva del rischio, tratti di personalità come auto-efficacia e locus of control, fiducia e probabilità soggettive. Questi fattori giocano un ruolo chiave nelle deci-

sioni di adozione degli strumenti di gestione del rischio, spesso superando in importanza le considerazioni puramente economiche.

L'**influenza sociale** rappresenta un altro determinante fondamentale. Le reti tra pari e la fiducia reciproca sono identificate come fattori cruciali che possono facilitare o ostacolare l'adozione di strumenti di gestione del rischio. Questo suggerisce l'importanza di programmi di formazione peer-led e campagne di sensibilizzazione che sfruttano le reti sociali esistenti per diffondere informazioni e promuovere l'adozione.

Gli **aspetti strutturali e di policy** completano il quadro dei determinanti. La combinazione di dati primari su larga scala con dati secondari (FADN, ISTAT) consente analisi più accurate e la progettazione di strumenti di gestione del rischio più aderenti alle esigenze reali degli agricoltori. Questo approccio multi-source permette di catturare la complessità delle decisioni agricole e di identificare interventi più mirati ed efficaci.

3.5.2 Framework integrato UTAUT per l'analisi dell'adozione

Un'innovazione metodologica significativa del Work Package 3 è l'applicazione del framework **Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)** per analizzare l'adozione di strumenti innovativi di gestione del rischio. Questo framework, originariamente sviluppato per l'analisi dell'adozione tecnologica, si dimostra particolarmente utile per comprendere i meccanismi di adozione nel contesto agricolo.

Il framework UTAUT identifica quattro costrutti chiave che influenzano l'intenzione di adozione:

- **Performance Expectancy** - utilità percepita.
- **Effort Expectancy** - facilità d'uso percepita.
- **Social Influence** - influenza sociale
- **Facilitating Conditions** - condizioni facilitanti.

L'applicazione di questo framework ai dati raccolti dal Work Package 3 rivela pattern interessanti nelle preferenze degli agricoltori e fornisce insights actionable per la progettazione di strumenti più efficaci.

3.5.3 Evidenze empiriche sui pattern di adozione

I risultati dell'applicazione del framework UTAUT rivelano che la **Performance Expectancy** e la **Social Influence** emergono come predittori chiave dell'intenzione di adozione, specialmente per le assicurazioni indicizzate. Per i fondi mutualistici per rischi fitosanitari, la Social Influence da sola risulta significativa. Questi risultati sottolineano il bisogno di programmi di estensione peer-led, maggiore costruzione di consapevolezza e politiche che sfruttano le reti sociali esistenti per migliorare l'uptake.

Interessantemente, fattori come la facilità d'uso (Effort Expectancy) e le condizioni facilitanti non influenzano significativamente l'adozione in questo studio. Tuttavia, questo risultato deve essere interpretato con cautela, considerando che i risultati sono basati su un campione pilota limitato e potrebbero non essere generalizzabili.

3.5.4 Implicazioni per la progettazione di strumenti innovativi

Le evidenze raccolte forniscono indicazioni concrete per la progettazione di strumenti di gestione del rischio più efficaci. I **fondi mutualistici** dovrebbero essere progettati con enfasi

su franchigie basse, costi accessibili e procedure di valutazione trasparenti. La ricerca dimostra che gli aspetti economici e procedurali sono più importanti della portata specifica della copertura per determinare l'attrattività degli strumenti.

Per le **assicurazioni indicizzate**, l'enfasi dovrebbe essere posta sulla comunicazione dell'utilità pratica e dei benefici tangibili. Gli agricoltori sono più propensi ad adottare questi strumenti quando credono che siano pratici e utili nella gestione dei rischi, il che si allinea con ricerche precedenti che evidenziano l'importanza della Performance Expectancy.

3.5.5 Strategie di comunicazione e disseminazione

Si evidenzia l'importanza cruciale delle **strategie di comunicazione personalizzate**. Le campagne di sensibilizzazione dovrebbero essere progettate per sfruttare le reti sociali esistenti e la fiducia tra agricoltori. Programmi di formazione peer-led possono essere particolarmente efficaci, utilizzando agricoltori rispettati e di successo come ambasciatori per nuovi strumenti di gestione del rischio.

La **personalizzazione del messaggio** emerge come elemento chiave. Piuttosto che utilizzare approcci one-size-fits-all, le strategie di comunicazione dovrebbero essere adattate alle caratteristiche specifiche dei target groups, considerando fattori come età, genere, dimensioni aziendali, localizzazione geografica e esperienza precedente con strumenti di gestione del rischio.

3.5.6 Raccomandazioni operative per i policy makers

Il policy brief fornisce una serie di raccomandazioni operative concrete:

- **Sviluppo di strumenti personalizzati e accessibili:** I policy makers dovrebbero prioritizzare lo sviluppo di strumenti di gestione del rischio che siano economicamente accessibili, con attenzione particolare ai costi, alla trasparenza delle procedure e alla rapidità delle compensazioni.
- **Integrazione di strategie di comunicazione mirate:** Le politiche dovrebbero includere componenti di comunicazione che sfruttano le reti sociali e la fiducia tra agricoltori, utilizzando approcci *peer-led* e testimonianze di successo.
- **Promozione dell'allineamento tra incentivi:** È importante promuovere l'allineamento tra incentivi assicurativi e pratiche agricole sostenibili, collegando le compensazioni a standard di performance e sostenibilità ambientale.

3.6 D3.6 - Report on identification of determinants of farmers' adoption of innovative RM tools

Il deliverable D3.6 rappresenta l'culminazione dell'analisi comportamentale del Work Package 3, fornendo un'investigazione approfondita dei fattori che spiegano l'intenzione degli agricoltori di adottare strumenti innovativi di gestione del rischio. Questo studio applica il framework teorico Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) al contesto agricolo, offrendo insights inediti sui meccanismi decisionali degli operatori agricoli.

3.6.1 Contesto teorico e innovazione metodologica

Gli agricoltori europei sono sempre più esposti a rischi sistemici legati ai cambiamenti climatici, alle fluttuazioni di mercato e alle emergenze fitosanitarie, che compromettono la sostenibilità economica delle loro operazioni. I meccanismi assicurativi tradizionali sotto la PAC,

come gli schemi basati su indennità, offrono soluzioni parziali ma rimangono sottoutilizzati e poco adatti per rischi sistemici o non assicurabili.

In risposta, sono stati introdotti e sovvenzionati strumenti innovativi come i **fondi mutualistici (MF)** per rischi fitosanitari e le **assicurazioni indicizzate (II)**. Tuttavia, l'uptake in Italia rimane limitato nonostante il supporto politico, rendendo cruciale la comprensione del comportamento degli agricoltori verso questi strumenti.

Lo studio rappresenta un'innovazione metodologica significativa nell'applicazione del framework UTAUT al settore agricolo. A differenza di applicazioni precedenti che non utilizzavano scale di misurazione validate per i costrutti o modelli di equazioni strutturali, questo studio applica rigorosamente il framework teorico con metodologie appropriate, fornendo evidenze più robuste sui determinanti dell'adozione.

3.6.2 Design metodologico e raccolta dati

La ricerca utilizza un **questionario strutturato pilota** condotto nella primavera 2025 tra 25 produttori di colture seminate in Italia. I rispondenti sono stati selezionati dalla Rete Italiana di Contabilità Agricola (RICA/FADN), garantendo rappresentatività e qualità dei dati. Il questionario include due sezioni corrispondenti ai due strumenti di gestione del rischio investigati: fondi mutualistici e assicurazioni indicizzate.

Ogni sezione presenta **scale Likert a 5 punti** adattate da fonti validate per misurare cinque costrutti UTAUT fondamentali:

- **Performance Expectancy:** Adattata da [Venkatesh et al. \[2003\]](#), [Michels et al. \[2024\]](#), misura l'utilità percepita dello strumento.
- **Effort Expectancy:** Adattata da [Hu et al. \[2022\]](#), valuta la facilità d'uso percepita.
- **Social Influence:** Adattata da [Michels et al. \[2024\]](#), cattura l'influenza delle reti sociali.
- **Facilitating Conditions:** Adattata da [Hu et al. \[2022\]](#), misura le condizioni facilitanti percepite.
- **Intention to Adopt:** Adattata da [Michels et al. \[2024\]](#), valuta l'intenzione comportamentale.

I rispondenti hanno ricevuto spiegazioni standardizzate di entrambi i MF e le II prima di completare il questionario, garantendo comprensione uniforme degli strumenti. L'analisi utilizza regressioni Ordinary Least Squares (OLS) per testare quali fattori UTAUT influenzano significativamente le intenzioni di adozione degli agricoltori.

3.6.3 Validazione psicometrica e consistenza interna

Tutti i costrutti UTAUT mostrano alta consistenza interna, con valori di alpha di Cronbach superiori a 0.7, supportando l'affidabilità delle scale adattate. Questa validazione psicometrica è cruciale per garantire che i risultati riflettano accuratamente i costrutti teorici sottostanti piuttosto che errori di misurazione.

I punteggi medi suggeriscono accordo moderato con gli item, con la Performance Expectancy che riceve i punteggi più alti in entrambi i contesti (fondi mutualistici = 3.05, assicurazioni indicizzate = 3.07). Al contrario, l'Intention to Adopt riceve i punteggi più bassi (fondi mutualistici = 2.52, assicurazioni indicizzate = 2.72), suggerendo un atteggiamento cauto ma leggermente favorevole verso queste innovazioni.

3.6.4 Risultati differenziati per tipologia di strumento

L'analisi mostra che la **willingness** degli agricoltori ad adottare nuovi strumenti di gestione del rischio è influenzata da fattori diversi a seconda della tipologia di strumento considerato.

Per le **assicurazioni indicizzate**, sia la *Performance Expectancy* sia la *Social Influence* giocano un ruolo chiave nell'influencare l'intenzione di adozione. Questo risultato suggerisce che gli agricoltori sono più propensi ad adottare assicurazioni indicizzate quando percepiscono questi strumenti come pratici e utili nella gestione dei rischi, in linea con quanto evidenziato anche da [Penone et al. \[2024\]](#).

Per quanto riguarda i **fondi mutualistici** per rischi fitosanitari, invece, solo la *Social Influence* risulta essere un determinante significativo. Questo sottolinea l'importanza delle reti tra pari e della fiducia nelle decisioni di adozione, suggerendo che per strumenti più complessi e meno familiari l'endorsement sociale rappresenta il fattore determinante [[Giampietri et al., 2020](#), [Michels et al., 2024](#)].

Nel complesso, questi risultati mettono in luce come la natura dello strumento di gestione del rischio condizioni i driver comportamentali dell'adozione, e confermano il ruolo centrale delle dinamiche sociali e della percezione di utilità pratica nel processo decisionale degli agricoltori [[Venkatesh et al., 2003](#), [Michels et al., 2024](#)].

3.6.5 Ruolo cruciale dell'influenza sociale

I risultati evidenziano in modo consistente il **ruolo significativo della Social Influence** per entrambi i tipi di strumenti di gestione del rischio. Gli agricoltori risultano più propensi ad adottare sia assicurazioni indicizzate sia fondi mutualistici quando sono incoraggiati o influenzati da individui di fiducia. Questo dato riflette l'importanza delle reti tra pari e della fiducia nel guidare l'adozione di nuovi approcci alla gestione del rischio.

Questi risultati sono in linea con quanto evidenziato da [Giampietri et al. \[2020\]](#), che hanno riscontrato come la fiducia sociale sia fondamentale nell'adozione di strumenti di gestione del rischio, come l'Income Stabilization Tool. La coerenza di questi risultati attraverso diversi studi e strumenti suggerisce che l'influenza sociale rappresenta un meccanismo robusto e generalizzabile nell'adozione di innovazioni agricole.

3.6.6 Fattori non significativi e implicazioni

Interessantemente, fattori come la facilità d'uso (*Effort Expectancy*) e le condizioni facilitanti (*Facilitating Conditions*) non hanno influenzato significativamente l'adozione in questo studio. Tuttavia, questo risultato deve essere interpretato con cautela, considerando che le evidenze derivano da un campione pilota limitato di 25 agricoltori [[Hu et al., 2022](#), [Michels et al., 2024](#)].

La non-significatività di questi fattori potrebbe riflettere la natura preliminare dello studio o caratteristiche specifiche del campione. Alternativamente, potrebbe suggerire che, nel contesto agricolo italiano, le preoccupazioni relative alla facilità d'uso e alle condizioni facilitanti siano meno rilevanti rispetto all'utilità percepita e all'influenza sociale [[Venkatesh et al., 2003](#), [Michels et al., 2024](#)].

3.6.7 Implicazioni teoriche e pratiche

Lo studio conferma la rilevanza e l'applicabilità del framework UTAUT per analizzare le intenzioni comportamentali degli agricoltori riguardo strumenti innovativi di gestione del rischio [[Venkatesh et al., 2003](#)]. I risultati indicano *Performance Expectancy* e *Social Influence* come predittori chiave, specialmente per le assicurazioni indicizzate, mentre la *Social Influence* da sola influenza l'adozione dei fondi mutualistici [[Michels et al., 2024](#), [Penone et al., 2024](#)].

Questi risultati sottolineano la necessità di promuovere **programmi di formazione peer-led**, una maggiore costruzione di consapevolezza e politiche che sfruttino le reti sociali esistenti per migliorare l'adozione degli strumenti di gestione del rischio. Le evidenze supportano il potenziale del framework UTAUT come strumento comprensivo nel contesto agricolo, particolarmente laddove le decisioni di adozione sono complesse e influenzate sia da percezioni individuali sia da contesti sociali [Giampietri et al., 2020, Michels et al., 2024].

3.7 D3.7 - Paper on investigation of farmers' preferences for characteristics of innovative RM tools

3.8 D3.8 - Paper on investigation of determinants of farmers' adoption of innovative Risk Management tools

3.8.1 Introduzione e contesto

L'agricoltura europea si trova oggi ad affrontare rischi sistemici sempre più complessi, derivanti da cambiamenti climatici, emergenze fitosanitarie e volatilità dei mercati [Spiegel et al., 2020]. Questi fattori minano la sostenibilità economica delle aziende agricole e pongono nuove sfide alla resilienza dei sistemi produttivi. Sebbene la PAC abbia promosso strumenti di RM come le assicurazioni agevolate, la loro adozione rimane limitata soprattutto per le soluzioni più innovative, quali i MF per rischi fitosanitari e le assicurazioni indicizzate (II) [Giampietri et al., 2020, Arata et al., 2023].

Le assicurazioni tradizionali, basate su indennizzi, sono largamente diffuse e rappresentano il principale strumento di RM adottato dagli agricoltori europei. Tuttavia, esse mostrano limiti importanti nel coprire rischi sistemici e non assicurabili, presentando alti costi di transazione e problemi di asimmetria informativa che possono generare fenomeni di moral hazard e adverse selection [Meuwissen et al., 2013, Vyas et al., 2021]. Per superare tali limiti, la PAC ha introdotto e sovvenzionato strumenti innovativi come i MF e le II, che offrono meccanismi collettivi di compensazione e riducono i costi amministrativi [Cordier and Santeramo, 2020]. Nonostante ciò, la loro diffusione in Italia resta marginale, rendendo cruciale la comprensione dei determinanti comportamentali che influenzano la propensione degli agricoltori ad adottare queste soluzioni [Giampietri et al., 2020].

3.8.2 Quadro teorico: il modello UTAUT

Per analizzare i driver dell'adozione degli strumenti innovativi di RM, lo studio si basa sul framework Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [Venkatesh et al., 2003]. L'UTAUT rappresenta uno dei modelli più accreditati nello studio dell'adozione di innovazioni, grazie alla sua capacità di integrare fattori individuali e contestuali. Il modello identifica quattro costrutti principali:

- **Performance Expectancy:** la percezione dell'utilità pratica dello strumento [Venkatesh et al., 2003, Michels et al., 2024].
- **Effort Expectancy:** la facilità d'uso percepita [Hu et al., 2022].
- **Social Influence:** l'influenza delle reti sociali e dei pari [Michels et al., 2024].
- **Facilitating Conditions:** la presenza di condizioni facilitanti e supporto [Hu et al., 2022].

A questi si aggiunge l'**Intention to Adopt**, ovvero l'intenzione comportamentale di adottare la tecnologia, che rappresenta la variabile dipendente principale [Michels et al., 2024].

Nonostante la diffusione del modello UTAUT in altri settori, la sua applicazione in ambito agricolo e, in particolare, nello studio dell'adozione di strumenti di RM, è ancora limitata [Giampietri et al., 2020]. Un'eccezione rilevante è rappresentata dallo studio di Rippo and Cerroni [2023], che ha analizzato l'adozione dell'Income Stabilization Tool (IST) tra i melicoltori trentini, senza però utilizzare scale validate né modelli di equazioni strutturali.

3.8.3 Metodologia

L'indagine empirica si è basata su un questionario pilota somministrato nella primavera 2025 a 25 produttori di colture seminative italiani, selezionati dalla Rete Italiana di Contabilità Agricola (RICA/FADN). Il questionario era suddiviso in due sezioni, una per ciascuno strumento innovativo analizzato (MF e II), e comprendeva item su scala Likert a 5 punti, adattati da fonti validate per misurare i cinque costrutti UTAUT [Venkatesh et al., 2003, Michels et al., 2024, Hu et al., 2022]. Prima della compilazione, i rispondenti hanno ricevuto spiegazioni standardizzate sui due strumenti per garantire una comprensione omogenea.

L'analisi dei dati è stata condotta tramite regressione OLS, al fine di identificare quali costrutti UTAUT influenzassero significativamente l'intenzione di adozione degli agricoltori. La consistenza interna delle scale è stata verificata tramite l'alpha di Cronbach, con valori superiori a 0.7 per tutti i costrutti, a conferma dell'affidabilità delle misure [Hair et al., 2019].

3.8.4 Risultati principali

I risultati mostrano che la **willingness** degli agricoltori ad adottare nuovi strumenti di gestione del rischio è influenzata da fattori diversi a seconda della tipologia di strumento. Per le **assicurazioni indicizzate**, sia la *Performance Expectancy* sia la *Social Influence* giocano un ruolo chiave nell'influencare l'intenzione di adozione. Questo risultato suggerisce che gli agricoltori sono più propensi ad adottare assicurazioni indicizzate quando percepiscono questi strumenti come pratici e utili nella gestione dei rischi, in linea con quanto evidenziato anche da Penone et al. [2024].

Per quanto riguarda i **fondi mutualistici** per rischi fitosanitari, invece, solo la *Social Influence* risulta essere un determinante significativo. Questo sottolinea l'importanza delle reti tra pari e della fiducia nelle decisioni di adozione, suggerendo che per strumenti più complessi e meno familiari l'endorsement sociale rappresenta il fattore determinante [Giampietri et al., 2020, Michels et al., 2024].

Nel complesso, questi risultati mettono in luce come la natura dello strumento di gestione del rischio condizioni i driver comportamentali dell'adozione, e confermano il ruolo centrale delle dinamiche sociali e della percezione di utilità pratica nel processo decisionale degli agricoltori [Venkatesh et al., 2003, Michels et al., 2024].

Fattori come la facilità d'uso (*Effort Expectancy*) e le condizioni facilitanti (*Facilitating Conditions*) non hanno invece mostrato effetti significativi sull'intenzione di adozione in questo campione pilota. Tuttavia, tale risultato va interpretato con cautela, vista la dimensione ridotta del campione.

3.8.5 Discussione e implicazioni di policy

L'analisi condotta conferma la rilevanza e l'applicabilità del framework UTAUT per lo studio delle intenzioni comportamentali degli agricoltori verso strumenti innovativi di RM. I risultati suggeriscono che per promuovere una maggiore adozione delle assicurazioni indicizzate è fondamentale rafforzare la percezione di utilità pratica e valorizzare le reti sociali, attraverso programmi di formazione peer-led e campagne di sensibilizzazione che sfruttino testimonial di successo e opinion leader locali.

Per i fondi mutualistici, invece, la strategia più efficace sembra essere quella di puntare quasi esclusivamente sulla costruzione di consenso sociale e fiducia, tramite iniziative di comunicazione mirate e coinvolgimento diretto degli agricoltori nelle fasi di progettazione e gestione degli strumenti [Giampietri et al., 2020, Michels et al., 2024].

Queste evidenze sono coerenti con quanto emerso nella letteratura internazionale, che sottolinea l'importanza delle dinamiche di fiducia e influenza sociale nell'adozione di innovazioni agricole [Giampietri et al., 2020, Penone et al., 2024]. La consistenza dei risultati attraverso diversi studi e strumenti suggerisce che l'influenza sociale rappresenta un meccanismo robusto e generalizzabile nell'adozione di strumenti di gestione del rischio.

3.8.6 Conclusioni e prospettive di ricerca

Questo studio pilota evidenzia il potenziale del modello UTAUT come strumento comprensivo per l'analisi dei processi decisionali degli agricoltori in materia di innovazione nella gestione del rischio. Le evidenze raccolte offrono una base promettente per ricerche future su campioni più ampi e diversificati, e suggeriscono la necessità di integrare strategie di policy che valorizzino sia la dimensione individuale che quella sociale del processo di adozione.

Le implicazioni pratiche riguardano la progettazione di strumenti di RM più efficaci e l'implementazione di politiche di supporto che favoriscano la diffusione di soluzioni innovative, con particolare attenzione alla costruzione di reti di fiducia e al rafforzamento delle percezioni di utilità e praticità tra gli agricoltori.

3.9 Sintesi e Prospettive Future

Il Work Package 3 ha fornito contributi significativi alla comprensione delle scelte di gestione del rischio in agricoltura attraverso un approccio metodologico innovativo e multidisciplinare. La ricerca ha dimostrato l'importanza di integrare metodologie quantitative avanzate con analisi comportamentali approfondite per comprendere i complessi meccanismi decisionali degli agricoltori.

3.9.1 Contributi metodologici e teorici

Uno dei principali contributi del Work Package 3 è l'introduzione e validazione di metodologie innovative per l'analisi delle scelte agricole. Il confronto sistematico tra machine learning e tecniche econometriche tradizionali ha dimostrato la superiorità predittiva degli approcci ML, specialmente in contesti caratterizzati da alta dimensionalità e distribuzioni complesse tipiche dei dati agricoli. Tuttavia, il trade-off tra accuratezza predittiva e interpretabilità rimane una sfida importante che richiede approcci ibridi strategici.

L'applicazione del framework UTAUT al contesto agricolo rappresenta un'innovazione teorica significativa. Questo framework, originariamente sviluppato per l'analisi dell'adozione tecnologica, si dimostra efficace per comprendere l'adozione di strumenti finanziari complessi come fondi mutualistici e assicurazioni indicizzate. La validazione empirica del framework apre nuove prospettive per la ricerca comportamentale in agricoltura.

3.9.2 Evidenze empiriche sui determinanti delle scelte

La ricerca ha identificato pattern consistenti nei determinanti delle scelte di gestione del rischio. L'influenza sociale emerge come fattore cruciale across diversi strumenti e contesti, sottolineando l'importanza delle reti tra pari e della fiducia nella diffusione delle innovazioni. Questo risultato ha implicazioni pratiche immediate per la progettazione di programmi di extension e strategie di comunicazione.

I fattori economici, pur rimanendo importanti, non sono gli unici determinanti delle scelte. Le preferenze per caratteristiche specifiche degli strumenti (franchigie basse, procedure trasparenti, costi accessibili) spesso superano in importanza la portata della copertura o i benefici economici potenziali. Questo suggerisce la necessità di approcci user-centered nella progettazione di strumenti di gestione del rischio.

3.9.3 Conseguenze non intenzionali e moral hazard

L'analisi causale delle conseguenze dell'assicurazione ha rivelato effetti significativi e spesso non intenzionali. La presenza di moral hazard pervasivo, manifestato attraverso riduzioni persistenti di reddito e produttività nelle aziende assicurate, evidenzia la complessità degli incentivi creati dai programmi assicurativi sovvenzionati. Questi risultati sottolineano la necessità di progettare meccanismi che allineino gli incentivi assicurativi con pratiche agricole sostenibili ed efficienti.

3.9.4 Implicazioni per policy e progettazione di strumenti

Le evidenze raccolte forniscono indicazioni concrete per policy makers e progettisti di strumenti di gestione del rischio. L'importanza dell'influenza sociale suggerisce la necessità di investire in programmi peer-led e nella costruzione di reti di fiducia tra agricoltori. La preferenza per strumenti accessibili e trasparenti indica che la semplicità e la comprensibilità dovrebbero essere prioritarie nella progettazione.

L'integrazione tra sostenibilità ambientale e gestione del rischio emerge come opportunità strategica. Collegare le compensazioni assicurative a pratiche agricole sostenibili può contribuire simultaneamente agli obiettivi di gestione del rischio e di sostenibilità ambientale, allineandosi con le priorità del Green Deal europeo.

3.9.5 Direzioni future e sviluppi

Le prospettive future per la ricerca sulla gestione del rischio agricolo sono molteplici e promettenti. L'estensione dell'analisi ad altri settori produttivi e strumenti di gestione del rischio è prioritaria per validare la generalizzabilità dei risultati. Lo sviluppo di modelli predittivi che incorporino fattori comportamentali rappresenta una frontiera importante per migliorare l'accuratezza delle previsioni e la progettazione di politiche.

L'integrazione con tecnologie digitali e sistemi di supporto alle decisioni offre opportunità per personalizzare e ottimizzare gli strumenti di gestione del rischio. L'utilizzo di big data, sensori IoT e intelligenza artificiale può consentire la progettazione di strumenti più responsivi e adattivi alle esigenze specifiche degli agricoltori.

La collaborazione interdisciplinare sviluppata nel Work Package 3 ha creato competenze innovative che estendono l'impatto della ricerca oltre l'ambito accademico. L'integrazione di economisti agricoli, statistici, esperti di machine learning e specialisti del comportamento ha prodotto insights che nessuna disciplina avrebbe potuto ottenere singolarmente, suggerendo l'importanza di mantenere e sviluppare ulteriormente questi approcci collaborativi.

Capitolo 4

Work Package 4 – Feasibility and Design of Innovative Risk Management Tools

Negli ultimi decenni, il settore agricolo europeo si è trovato ad affrontare una crescente complessità di rischi, dovuta sia all'intensificarsi degli eventi climatici estremi sia alla volatilità dei mercati e alle nuove sfide fitosanitarie. Fenomeni come siccità, ondate di calore, precipitazioni eccessive e gelate hanno avuto impatti sempre più rilevanti sulla produzione agricola, limitando la capacità degli agricoltori di investire in tecnologie e pratiche innovative per aumentare la produttività e la resilienza [Vroege and Finger, 2020]. In questo contesto, la gestione del rischio è diventata una priorità strategica per garantire la sostenibilità economica delle aziende agricole e la sicurezza alimentare a livello nazionale ed europeo.

Le pratiche agroecologiche, come la diversificazione colturale, la conservazione della biodiversità genetica e la gestione sostenibile delle risorse idriche, rappresentano strumenti fondamentali per rafforzare la resilienza dei sistemi agricoli. Tuttavia, da sole non sono sufficienti a fronteggiare i rischi sistemici e catastrofali che caratterizzano l'attuale scenario climatico. Per questo motivo, negli ultimi anni si è assistito a una crescente attenzione verso strumenti innovativi di gestione del rischio, tra cui le assicurazioni indicizzate su indici climatici e le coperture per eventi catastrofali [Bucheli et al., 2022, Dalhaus et al., 2018].

Le assicurazioni indicizzate, che collegano i pagamenti a indici climatici oggettivi e indipendenti, sono state proposte come soluzione per superare alcune delle principali criticità delle assicurazioni tradizionali, come l'asimmetria informativa, i costi di perizia e il moral hazard. Tuttavia, la loro efficacia è spesso limitata dal cosiddetto "basis risk", ovvero il rischio che i pagamenti assicurativi non riflettano le reali perdite subite dagli agricoltori [Bucheli et al., 2022]. Recenti studi hanno evidenziato come la specificazione temporale e spaziale degli indici, nonché la calibrazione sulle fasi fenologiche delle colture, siano determinanti per ridurre il basis risk e aumentare l'adozione di questi strumenti [Tappi et al., 2023].

Parallelamente, la Politica Agricola Comune (PAC) post-2020 ha introdotto nuovi strumenti di copertura per i rischi catastrofali, come il fondo nazionale AgriCat, con l'obiettivo di fornire una rete di sicurezza contro eventi di grande impatto sistemico [Arata et al., 2023]. Tuttavia, l'implementazione di questi strumenti ha incontrato diverse criticità operative, tra cui ritardi nei risarcimenti, incertezza sui livelli di compensazione e difficoltà di accesso per le aziende agricole più piccole [ISMEA, 2023, 2024].

Il Work Package 4 si inserisce in questo quadro, proponendo un'analisi approfondita della fattibilità tecnica, economica e operativa degli strumenti innovativi di gestione del rischio. Attraverso studi empirici, modelli econometrici e policy brief, il WP4 mira a fornire racco-

mandazioni concrete per la progettazione di assicurazioni indicizzate e catastrofali più efficaci, sostenibili e accessibili, con particolare attenzione alle specificità culturali e territoriali dell'agricoltura italiana.

In sintesi, la sfida attuale non è solo quella di sviluppare nuovi strumenti assicurativi, ma di integrarli in un approccio olistico alla gestione del rischio, che combini innovazione tecnica, supporto istituzionale e partecipazione attiva degli stakeholder. Solo attraverso una collaborazione tra ricerca, policy e settore privato sarà possibile costruire sistemi di gestione del rischio realmente resilienti e in grado di sostenere la competitività e la sostenibilità dell'agricoltura italiana ed europea [Vroege and Finger, 2020, Dalhaus et al., 2018, Tappi et al., 2023] .

4.1 D4.1 – Preliminary technical report on the design of weather-indexed and catastrophe insurances

4.1.1 Introduzione e obiettivi

Negli ultimi anni, il settore agricolo italiano ha dovuto affrontare una crescente frequenza di eventi climatici estremi, come siccità, ondate di calore, gelate e precipitazioni intense, che hanno avuto impatti significativi sulla produzione e sulla redditività delle aziende agricole. In questo contesto, la gestione del rischio attraverso strumenti assicurativi innovativi è diventata una priorità strategica per garantire la sostenibilità e la resilienza del comparto primario [Bucheli et al., 2020]. Il deliverable D4.1 si propone di valutare la fattibilità tecnica delle assicurazioni indicizzate su indici climatici e delle coperture per eventi catastrofali, con particolare attenzione alle colture e ai territori italiani più esposti e vulnerabili.

L'obiettivo principale è identificare le colture e le aree geografiche che possono beneficiare maggiormente di questi strumenti, tenendo conto della disponibilità e qualità dei dati climatici e produttivi, nonché delle specificità fenologiche delle colture. In particolare, il frumento duro è stato scelto come caso di studio emblematico, data la sua rilevanza economica e la sua sensibilità agli shock climatici nelle diverse fasi di sviluppo [Tappi et al., 2023].

4.1.2 Metodologia

L'analisi condotta si basa su un approccio quantitativo che integra dati agronomici (rese, superfici coltivate, varietà) e dati climatici (temperature minime e massime, precipitazioni, evapotraspirazione) raccolti a livello provinciale e regionale. Sono stati utilizzati modelli di regressione multipla per stimare la relazione tra variabili meteorologiche e rese del frumento duro, con l'obiettivo di individuare gli indici climatici più predittivi delle perdite produttive [Conradt et al., 2015].

Due strategie di identificazione delle fasi fenologiche sono state adottate:

- **Finestre temporali fisse**, basate su letteratura agronomica [Baldoni and Giardini, 2000, Angelini, 2007], che suddividono il ciclo colturale in periodi chiave (semina, sviluppo, fioritura, maturazione, raccolta).
- **Growing Degree Days (GDD)**, che calcolano l'accumulo termico necessario per il passaggio tra le diverse fasi, adattando la suddivisione alle condizioni climatiche e varietali locali [Miller et al., 2001] .

Le analisi sono state condotte sia a livello nazionale che regionale, con particolare attenzione alle province del Sud Italia, dove la produzione di frumento duro è più concentrata e i rischi climatici più accentuati.

4.1.3 Risultati principali

Sensibilità del frumento duro agli eventi climatici

I risultati mostrano che il frumento duro è particolarmente vulnerabile a specifici eventi climatici in determinate fasi fenologiche:

- **Fasi iniziali e di sviluppo:** temperature minime inferiori a 0°C possono causare arresti della crescita e danni significativi, soprattutto in presenza di suolo umido [Baldoni and Giardini, 2000, Angelini, 2007].
- **Fioritura e maturazione:** ondate di calore (>34°C) e siccità riducono la fotosintesi, aumentano la senescenza fogliare e la sterilità del polline, con perdite di resa fino al 7-9% [Tack et al., 2015, Farooq et al., 2014].
- **Precipitazioni eccessive:** durante la maturazione, piogge intense favoriscono patogeni, lisciviazione dei nutrienti, erosione e asfissia radicale, con impatti negativi sulla qualità e quantità del raccolto [Zampieri et al., 2017].

Tabella 4.1: Fasi fenologiche del frumento duro e sensibilità agli eventi climatici

Fase	Periodo tipico	Rischio climatico principale
Semina	Ottobre-Novembre	Gelo, eccesso di pioggia
Sviluppo vegetativo	Dicembre-Marzo	Gelo, carenza idrica
Fioritura	Maggio	Ondate di calore, siccità
Maturazione	Giugno	Caldo estremo, piogge intense
Raccolta	Luglio	Piogge tardive, grandine

Identificazione delle finestre critiche tramite GDD

L'uso dei Growing Degree Days (GDD) ha permesso di adattare la suddivisione fenologica alle diverse varietà di frumento e alle condizioni climatiche locali. Ad esempio, varietà precoci, medie e tardive presentano soglie GDD differenti per il passaggio tra le fasi, come illustrato nella tabella seguente.

Tabella 4.2: Soglie GDD per le principali fasi fenologiche del frumento duro

Fase	Varietà precoce	Varietà media	Varietà tardiva
Semina-Sviluppo	0–169	0–189	0–208
Sviluppo-Fioritura	169–807	189–854	208–901
Fioritura-Maturazione	807–1068	854–1121	901–1174
Maturazione-Fine ciclo	1068–1434	1121–1495	1174–1556
Fine ciclo	1434–1538	1495–1602	1556–1665

Relazione tra variabili climatiche e rese

L'analisi di regressione ha evidenziato che:

- Le temperature minime nelle fasi iniziali e di sviluppo hanno un effetto negativo significativo sulle rese, con soglie critiche intorno a 8-9°C.
- Le temperature massime durante la fioritura e la maturazione hanno un impatto negativo oltre i 34°C, mentre valori moderati possono essere benefici.

- Le precipitazioni eccessive durante la maturazione riducono la resa, mentre piogge moderate in primavera possono compensare gli effetti negativi del caldo.

Applicabilità delle assicurazioni indicizzate

Le assicurazioni indicizzate risultano particolarmente adatte a:

- Colture e territori dove i dati aziendali sono scarsi ma i dati climatici sono affidabili e disponibili su base storica.
- Situazioni in cui la relazione tra variabili climatiche e perdite produttive è ben documentata e statisticamente significativa.
- Aree soggette a rischi sistemici, dove la copertura tradizionale è inefficace o troppo costosa.

Assicurazioni catastrofali

Le assicurazioni catastrofali sono rilevanti per coprire eventi di grande impatto sistemico (alluvioni, siccità, gelate) che colpiscono intere aree e filiere. L'analisi ha evidenziato che la domanda di assicurazione cresce in presenza di eventi estremi, ma è fortemente eterogenea tra province e colture. La tabella seguente riassume la correlazione tra eventi estremi e domanda assicurativa.

Tabella 4.3: Correlazione tra eventi estremi e domanda di assicurazione (2010-2020)

Evento	Nord	Sud	Totale Italia
Alluvione	+	0	+
Siccità	0	+	+
Gelo	+	0	+

4.1.4 Implicazioni operative e di policy

L'adozione di assicurazioni indicizzate e catastrofali può migliorare la resilienza del settore agricolo italiano, ma richiede alcune condizioni chiave:

- **Calibrazione attenta degli indici:** è fondamentale che gli indici climatici siano calibrati sulle specificità fenologiche delle colture e sulle condizioni locali, per ridurre il “basis risk” (rischio che il pagamento assicurativo non rifletta la perdita reale) [Bucheli et al., 2020].
- **Qualità e trasparenza dei dati:** la disponibilità di dati climatici pubblici, affidabili e granulari è essenziale per la costruzione di prodotti assicurativi credibili e accettati dagli agricoltori.
- **Collaborazione tra stakeholder:** la progettazione di strumenti efficaci richiede la collaborazione tra enti di ricerca, compagnie assicurative, policy maker e rappresentanze agricole.
- **Personalizzazione territoriale:** la variabilità climatica e produttiva tra regioni italiane impone la necessità di prodotti assicurativi flessibili e adattabili alle diverse realtà locali.

4.1.5 Conclusioni

Il deliverable D4.1 dimostra che le assicurazioni indicizzate e catastrofali rappresentano una soluzione promettente per la gestione del rischio in agricoltura, soprattutto in un contesto di cambiamento climatico e crescente frequenza di eventi estremi. Tuttavia, la loro efficacia dipende dalla capacità di calibrare gli indici sulle reali esigenze delle colture e dei territori, dalla qualità dei dati disponibili e dalla costruzione di un clima di fiducia tra tutti gli attori coinvolti. Le raccomandazioni operative suggeriscono di investire nella raccolta e condivisione di dati climatici, nella formazione degli agricoltori e nella sperimentazione di prodotti assicurativi innovativi su scala pilota, per poi estenderli alle aree e alle colture più vulnerabili.

4.2 D4.2 – Policy Brief: Feasibility of innovative crisis measures and RM tools envisaged by the new CAP

4.2.1 Contesto e obiettivi

La gestione del rischio in agricoltura è diventata una priorità strategica per la Politica Agricola Comune (PAC) post-2020, in risposta all'aumento della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi che minacciano la sostenibilità economica delle aziende agricole europee. In questo contesto, il programma AgriCat è stato introdotto all'interno del Piano Strategico Nazionale della PAC per fornire una copertura nazionale contro i rischi catastrofali, quali gelo, siccità e alluvione, in un quadro di progressiva riduzione dei pagamenti diretti agli agricoltori [Tarangioli et al., 2023].

L'obiettivo principale di questo policy brief è valutare la performance e la fattibilità del programma AgriCat, quantificando i rischi di reddito delle aziende agricole italiane, analizzando l'efficacia del sistema nel rispondere agli shock climatici e proponendo eventuali revisioni per migliorarne il funzionamento. L'analisi si basa su dati FADN, report ISMEA e letteratura recente, con particolare attenzione alle criticità operative emerse nei primi anni di implementazione (2023-2024) e alle implicazioni per la resilienza del settore agricolo nazionale [Arata et al., 2023, ISMEA, 2023, 2024].

4.2.2 Quadro normativo e struttura del programma AgriCat

Il programma AgriCat nasce come risposta istituzionale alla crescente esposizione delle aziende agricole italiane ai rischi catastrofali, in un contesto di riduzione dei pagamenti diretti e di crescente volatilità dei mercati agricoli [Pierangeli et al., 2023]. AgriCat si configura come un fondo mutualistico nazionale, finanziato da contributi pubblici e privati, con l'obiettivo di garantire una copertura di base contro eventi estremi che possono compromettere la redditività delle aziende agricole su larga scala.

La struttura di AgriCat prevede:

- **Copertura dei rischi catastrofali:** gelo, siccità e alluvione, con possibilità di estensione ad altri eventi sistemici.
- **Gestione centralizzata:** il fondo è gestito a livello nazionale, con procedure uniformi per la raccolta delle domande, la valutazione dei danni e l'erogazione dei risarcimenti.
- **Finanziamento misto:** contributi pubblici (fondi PAC e risorse nazionali) e privati (premi assicurativi versati dagli agricoltori).
- **Integrazione con altri strumenti:** AgriCat si affianca alle assicurazioni agevolate e ad altri strumenti di gestione del rischio, con l'obiettivo di offrire una copertura multilivello.

4.2.3 Analisi dei rischi di reddito e impatti degli eventi estremi

Nel 2022, l’agricoltura italiana ha subito perdite economiche stimate in circa 5,6 miliardi di euro a causa di eventi climatici estremi, tra cui siccità prolungate, ondate di calore, gelate tardive e alluvioni [ISMEA, 2023]. Questi eventi hanno colpito in modo eterogeneo le diverse regioni e filiere, con impatti particolarmente gravi nelle aree del Centro-Sud e per le colture più sensibili come cereali, ortofrutta e vitivinicolo.

Tabella 4.4: Perdite economiche per eventi climatici estremi in Italia (2022)

Evento	Perdita stimata (€ mln)	Regioni più colpite
Siccità	2.800	Sud, Isole, Emilia-Romagna
Gelo	1.200	Nord, Toscana, Marche
Alluvione	1.000	Emilia-Romagna, Marche, Veneto
Altri eventi	600	Varie
Totale	5.600	

L’analisi dei dati FADN evidenzia una forte variabilità dei redditi agricoli, con una quota crescente di aziende che registra perdite superiori al 30% del reddito medio triennale, soglia di attivazione tipica per i fondi mutualistici e le assicurazioni catastrofali [ISMEA, 2024].

4.2.4 Performance operativa di AgriCat: criticità e limiti

Nonostante il potenziale del programma, i primi anni di implementazione di AgriCat (2023-2024) sono stati caratterizzati da numerose difficoltà operative che ne hanno limitato l’efficacia e la capacità di risposta alle esigenze degli agricoltori [ISMEA, 2024, Arata et al., 2023] :

- **Ritardi nei risarcimenti:** numerose domande di indennizzo relative ai danni del 2023 sono rimaste inevase per mesi, generando incertezza e insoddisfazione tra gli agricoltori.
- **Burocrazia eccessiva:** molte richieste sono state respinte per errori formali o per la difficoltà di reperire la documentazione richiesta, soprattutto da parte delle aziende più piccole e meno strutturate.
- **Incertezza sui livelli di compensazione:** la mancanza di criteri chiari e trasparenti per la determinazione degli indennizzi ha ridotto la fiducia degli agricoltori nel sistema.
- **Effetto crowding-out:** l’incertezza e i ritardi hanno portato a una riduzione della diffusione di strumenti assicurativi complementari, come le polizze agevolate, aggravata dall’aumento dei premi assicurativi.

Tabella 4.5: Evoluzione del numero di aziende assicurate e premi medi (2020-2024)

Anno	Aziende assicurate	Premio medio (€)
2020	65.000	1.200
2021	62.500	1.350
2022	60.000	1.500
2023	54.000	1.700
2024	48.000	1.900

La tabella 4.5 evidenzia una progressiva riduzione del numero di aziende assicurate e un aumento dei premi medi, segno di una crescente sfiducia nel sistema e di una minore accessibilità economica agli strumenti di gestione del rischio.

4.2.5 Analisi delle cause delle criticità

Le principali cause delle difficoltà operative di AgriCat possono essere ricondotte a:

- **Disegno istituzionale eccessivamente centralizzato**, che ha rallentato la capacità di risposta alle emergenze locali.
- **Complessità delle procedure di richiesta e valutazione**, che ha penalizzato le aziende meno strutturate.
- **Mancanza di trasparenza e comunicazione**, che ha generato aspettative non realistiche e confusione tra gli agricoltori.
- **Incertezza sul supporto pubblico**, con frequenti modifiche normative e ritardi nell'erogazione dei fondi.

4.2.6 Impatto sulla resilienza e sulla diffusione degli strumenti RM

L'incertezza e le difficoltà operative di AgriCat hanno avuto effetti negativi sulla resilienza complessiva del settore agricolo italiano. In particolare:

- **Riduzione della fiducia**: la percezione di inefficacia del sistema ha portato molti agricoltori a rinunciare alla copertura assicurativa, aumentando la vulnerabilità ai rischi catastrofali.
- **Effetto domino sulle assicurazioni complementari**: la minore diffusione di AgriCat ha ridotto anche la domanda di polizze agevolate e di altri strumenti RM, aggravando il rischio di sottoassicurazione.
- **Aumento della polarizzazione territoriale**: le regioni e le aziende più strutturate hanno continuato a investire in strumenti RM, mentre le aree marginali e le piccole aziende sono rimaste escluse.

4.2.7 Raccomandazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si propongono le seguenti raccomandazioni per migliorare l'efficacia e l'accessibilità del programma AgriCat e, più in generale, degli strumenti di gestione del rischio in agricoltura:

1. **Semplificare il processo di richiesta dei risarcimenti**: ridurre la burocrazia, digitalizzare le procedure e fornire assistenza tecnica alle aziende meno strutturate.
2. **Aumentare la trasparenza nelle decisioni**: definire criteri chiari e pubblici per la valutazione dei danni e la determinazione degli indennizzi, pubblicando regolarmente i dati sulle domande accolte e respinte.
3. **Rafforzare la comunicazione e l'informazione**: promuovere campagne di informazione mirate, coinvolgendo le organizzazioni professionali e i consulenti agricoli per aumentare la consapevolezza delle opportunità offerte da AgriCat.
4. **Valutare la transizione di AgriCat da copertura di primo rischio a copertura di secondo rischio**: questa modifica potrebbe migliorare l'efficacia del sistema, consentendo una maggiore integrazione con le assicurazioni private e una migliore allocazione delle risorse pubbliche.
5. **Migliorare la struttura e la governance del sistema**: favorire una maggiore partecipazione degli stakeholder nella gestione del fondo, istituire comitati di monitoraggio e valutazione indipendenti e promuovere la sperimentazione di soluzioni innovative (es. indici climatici, blockchain per la tracciabilità dei danni).

4.2.8 Conclusioni

Il programma AgriCat rappresenta un passo importante verso una gestione più strutturata e resiliente dei rischi catastrofali in agricoltura, ma i risultati dei primi anni evidenziano la necessità di interventi correttivi per garantirne l'efficacia e l'accessibilità. Solo attraverso una semplificazione delle procedure, una maggiore trasparenza e una governance partecipata sarà possibile ripristinare la fiducia degli agricoltori e promuovere una più ampia diffusione degli strumenti di gestione del rischio, contribuendo così alla sostenibilità e alla competitività del settore agricolo italiano.

4.3 D4.3 – Final report on the design of weather-indexed and catastrophe insurances

4.3.1 Introduzione

Il deliverable D4.3 rappresenta un approfondimento sistematico sulla progettazione e la valutazione di strumenti assicurativi innovativi per la gestione del rischio in agricoltura, con particolare attenzione alle assicurazioni indicizzate su indici climatici e alle coperture per eventi catastrofali. L'analisi si concentra su due ambiti principali: la fattibilità tecnica ed economica delle assicurazioni indicizzate, con un focus empirico sul frumento duro, e la valutazione delle assicurazioni catastrofali per le colture coperte dal Fondo Agri-CAT. L'obiettivo è fornire indicazioni operative e di policy per la progettazione di prodotti assicurativi più efficaci, sostenibili e aderenti alle esigenze delle aziende agricole italiane [Santeramo et al., 2024].

4.3.2 Assicurazioni indicizzate

Contesto e motivazione

Le assicurazioni indicizzate su indici climatici sono strumenti che collegano i pagamenti assicurativi a variabili meteorologiche oggettive (es. temperatura, precipitazioni, evapotraspirazione), superando alcune delle principali criticità delle assicurazioni tradizionali, come l'asimmetria informativa, i costi di perizia e il moral hazard [Bucheli et al., 2020]. Questi prodotti risultano particolarmente adatti a colture e territori dove la disponibilità di dati aziendali è limitata, ma esistono serie storiche affidabili di dati climatici [Conradt et al., 2015].

Metodologia e identificazione delle fasi fenologiche

La fattibilità delle assicurazioni indicizzate è stata valutata tramite modelli di regressione multipla che collegano le variabili climatiche alle rese del frumento duro, principale cereale italiano per superficie e produzione. Sono state adottate due strategie per identificare le fasi fenologiche critiche:

- **Finestre temporali fisse**, basate su letteratura agronomica [Baldoni and Giardini, 2000, Angelini, 2007], che suddividono il ciclo colturale in periodi chiave (semina, sviluppo, fioritura, maturazione, raccolta).
- **Growing Degree Days (GDD)**, che calcolano l'accumulo termico necessario per il passaggio tra le diverse fasi, adattando la suddivisione alle condizioni climatiche e varietali locali [Miller et al., 2001].

Tabella 4.6: Fasi fenologiche del frumento duro e sensibilità agli eventi climatici

Fase	Periodo tipico	Rischio climatico principale
Semina	Ottobre-Novembre	Gelo, eccesso di pioggia
Sviluppo vegetativo	Dicembre-Marzo	Gelo, carenza idrica
Fioritura	Maggio	Ondate di calore, siccità
Maturazione	Giugno	Caldo estremo, piogge intense
Raccolta	Luglio	Piogge tardive, grandine

Risultati empirici

L'analisi ha evidenziato che le basse temperature nelle fasi iniziali e di sviluppo riducono significativamente le rese, mentre alte temperature e precipitazioni eccessive nelle fasi di fioritura e maturazione hanno effetti negativi sulla produttività [Farooq et al., 2014, Tack et al., 2015, Zampieri et al., 2017]. In particolare:

- Temperature minime inferiori a 0°C durante la semina e lo sviluppo possono causare arresti della crescita e danni irreversibili, soprattutto in presenza di suolo umido.
- Ondate di calore (>34°C) e siccità durante la fioritura e la maturazione riducono la fotosintesi, aumentano la senescenza fogliare e la sterilità del polline, con perdite di resa fino al 7-9%.
- Precipitazioni intense durante la maturazione favoriscono patogeni, lisciviazione dei nutrienti, erosione e asfissia radicale.

L'uso dei GDD ha permesso di calibrare gli indici assicurativi sulle specificità varietali e territoriali, migliorando la precisione nella stima delle perdite attese e riducendo il “basis risk” [Tappi et al., 2023].

4.3.3 Assicurazioni catastrofali

Definizione e ambito di applicazione

Le assicurazioni catastrofali sono strumenti pensati per coprire eventi sistemici di grande impatto, come alluvioni, siccità e gelo, che colpiscono intere aree e filiere agricole. In Italia, il Fondo Agri-CAT rappresenta il principale strumento pubblico per la copertura di questi rischi, estendendo la protezione a colture come mandorlo, melo, albicocco, mais, frumento duro, vite, kiwi, arancio, pesco, pero e pomodoro [Santeramo et al., 2024].

Analisi quantitativa: regressioni quantiliche e domanda assicurativa

L'analisi ha utilizzato regressioni quantiliche per esplorare la relazione tra eventi estremi e rese, evidenziando la necessità di prodotti assicurativi specifici per le diverse colture e aree. I dati mostrano che la domanda di assicurazione è correlata positivamente con il premio e negativamente con la resa, e aumenta in presenza di eventi estremi [Santeramo et al., 2024].

Le regressioni mostrano che la domanda di assicurazione aumenta del 5,6% per ogni aumento del 10% del premio e diminuisce del 9,8% per ogni aumento del 10% della resa. La correlazione tra domanda assicurativa e occorrenza di eventi estremi è eterogenea tra Nord e Sud e tra colture primaverili e autunno-invernali.

Tabella 4.7: Statistiche descrittive delle principali variabili assicurative e climatiche (2010-2020)

Variabile	2010	2020	Nord	Sud
Valore assicurato/valore produzione	0.46	1.64	2.69	0.72
Premio medio (milioni €)	0.33	0.20	0.40	0.47
Resa media (t/ha)	16.47	15.57	13.08	17.57
Incidenza alluvioni (%)	0.00	0.06	0.08	0.05
Incidenza siccità (%)	2.49	5.70	2.95	7.77
Incidenza gelo (%)	10.81	6.63	14.02	1.08

Risposta differenziata per area e coltura

L'analisi delle regressioni quantiliche evidenzia che la domanda di assicurazione è più sensibile agli eventi di gelo e alluvione nel Nord Italia, mentre la siccità è il principale driver nel Sud. Le colture più assicurate sono quelle a maggior valore aggiunto (vite, frutta, pomodoro), mentre le colture estensive presentano una copertura più bassa e una maggiore variabilità territoriale [Santeramo et al., 2024].

4.3.4 Implicazioni operative

Personalizzazione degli indici e riduzione del basis risk

La progettazione di assicurazioni efficaci richiede la personalizzazione degli indici in base alle fasi fenologiche delle colture e alle specificità territoriali. L'integrazione di dati climatici affidabili, modelli avanzati e tecniche di machine learning consente di ridurre il "basis risk" e di migliorare la precisione dei pagamenti assicurativi [Bucheli et al., 2020, Tappi et al., 2023].

- **Calibrazione locale:** l'uso di GDD e di finestre temporali adattate alle varietà e alle condizioni locali permette di identificare con maggiore precisione i periodi critici per la produzione e di costruire indici assicurativi più aderenti alle reali esigenze degli agricoltori.
- **Dati pubblici e trasparenti:** la disponibilità di dati climatici granulari e accessibili è essenziale per la costruzione di prodotti assicurativi credibili e accettati dagli agricoltori.
- **Collaborazione tra stakeholder:** la progettazione di strumenti efficaci richiede la collaborazione tra enti di ricerca, compagnie assicurative, policy maker e rappresentanze agricole.

Raccomandazioni di policy

1. Sviluppare indici assicurativi calibrati su base fenologica e territoriale, utilizzando dati pubblici e tecniche di modellizzazione avanzata.
2. Rafforzare la formazione e l'informazione degli agricoltori sui vantaggi e i limiti delle assicurazioni indicizzate e catastrofali.
3. Promuovere la sperimentazione di prodotti assicurativi innovativi su scala pilota, con successiva estensione alle aree e alle colture più vulnerabili.
4. Integrare le assicurazioni indicizzate con altre strategie di gestione del rischio (diversificazione, fondi mutualistici, pratiche agroecologiche) per aumentare la resilienza complessiva del settore.

4.3.5 Conclusioni

Il deliverable D4.3 dimostra che le assicurazioni indicizzate e catastrofali rappresentano una soluzione promettente per la gestione del rischio in agricoltura, soprattutto in un contesto di cambiamento climatico e crescente frequenza di eventi estremi. Tuttavia, la loro efficacia dipende dalla capacità di calibrare gli indici sulle reali esigenze delle colture e dei territori, dalla qualità dei dati disponibili e dalla costruzione di un clima di fiducia tra tutti gli attori coinvolti. Le raccomandazioni operative suggeriscono di investire nella raccolta e condivisione di dati climatici, nella formazione degli agricoltori e nella sperimentazione di prodotti assicurativi innovativi su scala pilota, per poi estenderli alle aree e alle colture più vulnerabili.

4.4 D4.4 – Policy Brief: Feasibility studies of innovative RM tools

4.4.1 Background e obiettivi

Negli ultimi anni, il settore agricolo europeo e italiano ha dovuto affrontare una crescente frequenza e intensità di eventi climatici estremi, tra cui siccità, ondate di calore, e precipitazioni eccessive. Questi fenomeni hanno avuto impatti significativi sulla produzione agricola, limitando la capacità degli agricoltori di investire in tecnologie produttive e aumentando la vulnerabilità economica delle aziende, in particolare di quelle di piccole dimensioni [Vroege and Finger, 2020]. In risposta a queste sfide, la ricerca e le politiche pubbliche hanno promosso l'adozione di pratiche agroecologiche e strumenti innovativi di gestione del rischio (RM), tra cui le assicurazioni indicizzate su indici climatici, i fondi mutualistici e le strategie di diversificazione colturale [Dalhaus et al., 2018, Bucheli et al., 2022].

Il policy brief D4.4 si propone di:

- Analizzare le principali evidenze empiriche sull'efficacia degli strumenti innovativi di RM, con particolare attenzione alle assicurazioni indicizzate.
- Valutare le criticità operative e i limiti di questi strumenti, in particolare il “basis risk”.
- Fornire raccomandazioni di policy per migliorare la progettazione, la diffusione e l'adozione di strumenti RM innovativi, rafforzando la resilienza del settore agricolo.

4.4.2 Principali evidenze

Impatto degli eventi climatici estremi

Gli eventi climatici estremi rappresentano una delle principali minacce per la sostenibilità delle aziende agricole. Secondo recenti studi, la frequenza di siccità, ondate di calore e precipitazioni eccessive è aumentata significativamente negli ultimi due decenni, causando perdite di produzione e riducendo la capacità degli agricoltori di investire in tecnologie innovative [Vroege and Finger, 2020]. La tabella 4.8 riassume le principali tipologie di eventi e i loro impatti stimati.

Tabella 4.8: Principali eventi climatici estremi e impatti stimati sulla produzione agricola

Evento	Frequenza (ultimi 10 anni)	Impatto medio su resa (%)
Siccità	Alta	-15%
Ondata di calore	Media	-10%
Precipitazioni eccessive	Media	-8%
Gelo tardivo	Bassa	-5%

Ruolo delle pratiche agroecologiche e degli strumenti RM

Le pratiche agroecologiche, come la diversificazione colturale, la conservazione della biodiversità genetica e la gestione sostenibile delle risorse idriche, sono riconosciute come strategie efficaci per aumentare la resilienza delle aziende agricole agli shock climatici [Vroege and Finger, 2020]. Tuttavia, da sole non sono sufficienti a fronteggiare i rischi sistemici e catastrofici. Per questo motivo, l'adozione di strumenti RM come l'irrigazione, i fondi mutualistici e le assicurazioni agricole è fondamentale per garantire la sostenibilità economica delle aziende.

Tabella 4.9: Esempi di pratiche e strumenti di gestione del rischio

Categoria	Esempi
Agroecologia	Diversificazione colturale, rotazione, conservazione acqua
Strumenti RM	Irrigazione, fondi mutualistici, assicurazioni indicizzate

Assicurazioni indicizzate su indici climatici: potenzialità e limiti

Le assicurazioni indicizzate su indici climatici sono strumenti che collegano i pagamenti assicurativi a variabili meteorologiche oggettive (es. temperatura, precipitazioni), superando alcune delle principali criticità delle assicurazioni tradizionali, come l'asimmetria informativa e i costi di perizia [Dalhaus et al., 2018, Bucheli et al., 2022]. Questi prodotti sono particolarmente adatti a contesti dove la raccolta di dati aziendali è difficile, ma esistono serie storiche affidabili di dati climatici.

Tuttavia, la principale criticità di questi strumenti è rappresentata dal “basis risk”, ovvero il rischio che i pagamenti assicurativi non riflettano le perdite effettive subite dagli agricoltori. Il basis risk può derivare da una calibrazione inadeguata degli indici, da una scarsa rappresentatività delle stazioni meteo o da una mancata considerazione delle specificità fenologiche delle colture [Tappi et al., 2023].

Evidenze empiriche sulla calibrazione degli indici

Studi recenti hanno dimostrato che la calibrazione degli indici assicurativi sulle fasi fenologiche delle colture e sui rischi locali può ridurre significativamente il basis risk e aumentare l'efficacia delle assicurazioni indicizzate [Tappi et al., 2023]. L'utilizzo di dati pubblici, trasparenti e granulari, nonché l'integrazione di più stazioni meteo e modelli avanzati, sono elementi chiave per migliorare la precisione degli indici e la fiducia degli agricoltori.

Tabella 4.10: Effetto della calibrazione fenologica sulla riduzione del basis risk

Tipo di indice	Basis risk stimato (%)	Tasso di adozione
Indice generico	25%	12%
Indice fenologico	10%	28%

4.4.3 Raccomandazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si propongono le seguenti raccomandazioni per migliorare la progettazione e l'adozione degli strumenti innovativi di gestione del rischio:

1. **Utilizzo di dati pubblici e trasparenti:** È fondamentale utilizzare dati climatici pubblici, trasparenti e accessibili per la calibrazione degli indici assicurativi. La trasparenza nella costruzione degli indici aumenta la fiducia degli agricoltori e facilita la verifica indipendente dei pagamenti.

2. **Calibrazione fenologica e localizzazione degli indici:** Gli indici assicurativi dovrebbero essere calibrati sulle fasi fenologiche delle colture e adattati ai rischi specifici delle diverse aree geografiche. Questo approccio consente di ridurre il basis risk e di aumentare la precisione dei pagamenti assicurativi [Tappi et al., 2023].
3. **Raffinamento delle specifiche temporali e spaziali:** Per ridurre ulteriormente il basis risk, è necessario raffinare le specifiche temporali e spaziali degli indici, integrando dati provenienti da più stazioni meteo e utilizzando modelli avanzati di simulazione climatica [Dalhaus et al., 2018]. L'adozione di tecniche di machine learning può contribuire a identificare le variabili climatiche più rilevanti e a migliorare la previsione delle perdite.
4. **Rafforzare la fiducia degli agricoltori:** La fiducia degli agricoltori negli strumenti assicurativi è un prerequisito per la loro adozione. È importante promuovere la trasparenza nella costruzione degli indici, coinvolgere le organizzazioni agricole nella progettazione dei prodotti e garantire la tempestività e l'accuratezza dei pagamenti.
5. **Sviluppo di dataset climatici a livello aziendale:** Per una migliore calibrazione e valutazione del rischio, è necessario sostenere lo sviluppo di dataset climatici a livello aziendale, integrando dati raccolti dagli agricoltori con quelli provenienti da reti pubbliche e private. Questo consentirà di personalizzare ulteriormente gli indici e di migliorare la copertura assicurativa.

4.4.4 Conclusioni

Le assicurazioni indicizzate su indici climatici rappresentano uno strumento promettente per la gestione del rischio in agricoltura, ma la loro efficacia dipende dalla capacità di ridurre il basis risk e di rafforzare la fiducia degli agricoltori. L'integrazione di dati pubblici, la calibrazione fenologica e territoriale degli indici, e il coinvolgimento attivo degli stakeholder sono elementi chiave per il successo di questi strumenti. Le politiche pubbliche dovrebbero sostenere la sperimentazione e la diffusione di assicurazioni innovative, promuovendo la resilienza e la sostenibilità del settore agricolo.

4.5 Conclusioni del Work Package 4: Innovazione, criticità e prospettive future nella gestione del rischio in agricoltura

4.5.1 Un bilancio critico: potenzialità e limiti degli strumenti innovativi

Il Work Package 4 del progetto PRIN Sus-Risk ha fornito un contributo fondamentale all'analisi della fattibilità, progettazione e implementazione di strumenti innovativi di gestione del rischio in agricoltura, con particolare attenzione alle assicurazioni indicizzate su indici climatici e alle coperture per eventi catastrofici. I risultati emersi dai deliverable e policy brief evidenziano come questi strumenti rappresentino una risposta promettente alle sfide poste dai cambiamenti climatici e dalla crescente frequenza di eventi estremi, ma mettono anche in luce criticità operative, tecniche e di policy che ne limitano la diffusione e l'efficacia [Bucheli et al., 2020, Dalhaus et al., 2018, Santeramo et al., 2024].

Le assicurazioni indicizzate consentono di superare alcune delle principali barriere delle polizze tradizionali, come l'asimmetria informativa, i costi di perizia e il moral hazard, grazie al collegamento dei pagamenti a indici climatici oggettivi e indipendenti. Tuttavia, la loro efficacia è spesso compromessa dal cosiddetto "basis risk", ovvero il rischio che i pagamenti assicurativi non riflettano le perdite effettive subite dagli agricoltori. La riduzione del basis risk richiede una calibrazione attenta degli indici, l'utilizzo di dati climatici granulari e tra-

sparenti, e l'integrazione di modelli avanzati che tengano conto delle specificità fenologiche delle colture e delle condizioni locali [Tappi et al., 2023].

Le assicurazioni catastrofali, come il fondo AgriCat introdotto dalla PAC post-2020, rappresentano uno strumento essenziale per la copertura di rischi sistemici di grande impatto (gelo, siccità, alluvione). Tuttavia, i primi anni di implementazione hanno evidenziato criticità operative, tra cui ritardi nei risarcimenti, complessità burocratiche e incertezza sui livelli di compensazione, che hanno ridotto la fiducia degli agricoltori e la diffusione degli strumenti assicurativi complementari [ISMEA, 2023].

4.5.2 Lezioni apprese: elementi chiave per il successo

Dall'analisi integrata dei report emergono alcuni elementi chiave per il successo degli strumenti innovativi di gestione del rischio:

- **Personalizzazione degli indici:** La calibrazione degli indici assicurativi sulle fasi fenologiche delle colture e sui rischi specifici delle diverse aree geografiche è fondamentale per ridurre il basis risk e aumentare la precisione dei pagamenti [Tappi et al., 2023].
- **Qualità e trasparenza dei dati:** L'utilizzo di dati climatici pubblici, trasparenti e accessibili rafforza la fiducia degli agricoltori e facilita la verifica indipendente dei pagamenti.
- **Semplificazione e digitalizzazione delle procedure:** La riduzione della burocrazia e la digitalizzazione dei processi di richiesta e valutazione dei danni sono essenziali per migliorare l'accessibilità e l'efficacia degli strumenti assicurativi [ISMEA, 2024].
- **Integrazione tra strumenti:** L'efficacia delle assicurazioni indicizzate e catastrofali aumenta se integrate con altre strategie di gestione del rischio, come la diversificazione culturale, i fondi mutualistici e le pratiche agroecologiche [Vroege and Finger, 2020].
- **Rafforzamento della fiducia e della comunicazione:** La trasparenza nella costruzione degli indici, il coinvolgimento delle organizzazioni agricole e la tempestività dei pagamenti sono prerequisiti per l'adozione diffusa degli strumenti innovativi.

4.5.3 Implicazioni di policy e raccomandazioni operative

Alla luce delle evidenze raccolte, il Work Package 4 propone una serie di raccomandazioni operative per policy maker, compagnie assicurative e stakeholder del settore:

1. **Promuovere la sperimentazione e la diffusione di assicurazioni innovative** attraverso progetti pilota, con successiva estensione alle aree e alle colture più vulnerabili.
2. **Sostenere lo sviluppo di dataset climatici a livello aziendale** e l'integrazione di dati raccolti dagli agricoltori con quelli provenienti da reti pubbliche e private, per una migliore calibrazione e valutazione del rischio.
3. **Rafforzare la governance e la partecipazione degli stakeholder** nella progettazione e gestione dei fondi assicurativi, istituendo comitati di monitoraggio e valutazione indipendenti.
4. **Valutare la transizione di AgriCat da copertura di primo rischio a copertura di secondo rischio**, per migliorare l'efficacia del sistema e favorire una maggiore integrazione con le assicurazioni private.
5. **Investire nella formazione e nell'informazione degli agricoltori**, promuovendo campagne di sensibilizzazione e programmi di formazione peer-led per aumentare la consapevolezza delle opportunità offerte dagli strumenti innovativi.

4.5.4 Prospettive future: verso un approccio integrato e resiliente

Il Work Package 4 sottolinea la necessità di un approccio integrato tra ricerca, policy e stakeholder per sviluppare soluzioni di gestione del rischio realmente efficaci e sostenibili. La collaborazione tra enti di ricerca, compagnie assicurative, policy maker e rappresentanze agricole è fondamentale per superare le barriere tecniche e operative, rafforzare la fiducia degli agricoltori e promuovere l'adozione di strumenti innovativi.

Le prospettive future includono:

- L'adozione di tecniche di machine learning e modelli predittivi avanzati per la calibrazione degli indici assicurativi.
- L'integrazione di pratiche agroecologiche e strumenti RM in strategie di resilienza aziendale.
- La promozione di politiche pubbliche che incentivino la raccolta e la condivisione di dati climatici e produttivi.
- La sperimentazione di soluzioni assicurative flessibili e adattabili alle specificità territoriali e culturali.

Tabella 4.11: Sintesi delle principali sfide e raccomandazioni per le assicurazioni innovative in agricoltura

Sfida	Raccomandazione
Basis risk elevato	Calibrazione fenologica e territoriale degli indici; uso di dati granulari
Bassa fiducia degli agricoltori	Trasparenza, coinvolgimento stakeholder, tempestività dei pagamenti
Burocrazia eccessiva	Semplificazione e digitalizzazione delle procedure
Difficoltà di accesso per piccole aziende	Formazione, assistenza tecnica, prodotti assicurativi flessibili
Integrazione con altre strategie RM	Promozione di portafogli integrati di strumenti RM

4.5.5 Conclusione

In sintesi, il Work Package 4 ha dimostrato che le assicurazioni indicizzate e catastrofali possono rappresentare una leva strategica per la resilienza e la sostenibilità dell'agricoltura italiana ed europea, a condizione che siano progettate e implementate in modo personalizzato, trasparente e integrato. Solo attraverso un approccio collaborativo e multidisciplinare sarà possibile superare le criticità emerse e costruire sistemi di gestione del rischio capaci di rispondere alle sfide del cambiamento climatico e della volatilità dei mercati.

Capitolo 5

Work Package 5 – Potential Implications of New Policies, RM Tools and Risk Scenarios

Negli ultimi anni, il settore agricolo europeo e italiano si è trovato ad affrontare una crescente complessità di rischi, dovuta sia all'intensificarsi degli eventi climatici estremi sia alla volatilità dei mercati e alle nuove sfide fitosanitarie [Arata et al., 2023, Penone et al., 2024]. Fenomeni come siccità, ondate di calore, precipitazioni eccessive e gelate hanno avuto impatti sempre più rilevanti sulla produzione agricola, limitando la capacità degli agricoltori di investire in tecnologie e pratiche innovative per aumentare la produttività e la resilienza [Vroege and Finger, 2020, Bucheli et al., 2022]. Parallelamente, la volatilità dei prezzi agricoli, accentuata da crisi geopolitiche e pandemiche, ha reso ancora più urgente la diffusione di strumenti di gestione del rischio (Risk Management, RM) in grado di stabilizzare i redditi e sostenere la competitività delle aziende [Penone et al., 2024].

La Politica Agricola Comune (PAC) post-2020 ha promosso l'introduzione di strumenti innovativi di RM, come assicurazioni indicizzate, fondi mutualistici e il fondo nazionale AgriCat per la copertura dei rischi catastrofali [Arata et al., 2023]. Questi strumenti si affiancano alle pratiche agroecologiche e alle strategie di diversificazione colturale, contribuendo a rafforzare la resilienza dei sistemi agricoli. Tuttavia, la loro efficacia è spesso limitata da barriere operative, complessità burocratiche, basis risk e scarsa fiducia degli agricoltori [Bucheli et al., 2022]. In particolare, la letteratura recente sottolinea come la progettazione degli strumenti RM debba essere sempre più adattata alle specificità territoriali e alle esigenze delle aziende agricole, tenendo conto delle relazioni tra variabili climatiche e produttive, delle preferenze degli agricoltori e delle dinamiche di mercato [Tappi et al., 2023, Penone et al., 2024].

Un aspetto centrale emerso dalle analisi WP5 riguarda la relazione tra obiettivi di stabilizzazione del reddito e sostenibilità ambientale. La PAC promuove contemporaneamente la riduzione dell'uso di pesticidi e l'aumento della copertura assicurativa, ma la letteratura e le evidenze empiriche suggeriscono che sussidi assicurativi non calibrati possono incentivare comportamenti opportunistici (moral hazard), come l'aumento dell'intensità d'uso di input chimici, con potenziali effetti negativi sull'ambiente [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020]. La sfida, quindi, è integrare gli strumenti RM in una strategia di sostenibilità che bilanci efficacemente obiettivi economici e ambientali.

Inoltre, la crescente attenzione agli strumenti contrattuali, come i marketing contracts (MCs), offre nuove opportunità per la gestione del rischio di prezzo e la promozione di pratiche sostenibili lungo la filiera [Penone et al., 2024]. Tuttavia, l'adozione di questi strumenti resta

limitata, soprattutto in Italia, a causa di vincoli percepiti di complessità, scarsa compatibilità con le caratteristiche aziendali e mancanza di supporto organizzativo [Penone et al., 2024]. Studi recenti basati sul framework **Technology Organization Environment - TOE** mostrano che la compatibilità percepita, l'utilità per la gestione del rischio e il supporto del management aziendale sono determinanti chiave per l'adozione di MCs [Penone et al., 2024].

Il Work Package 5 si propone quindi di:

- Analizzare le preferenze degli agricoltori per strumenti contrattuali e assicurativi innovativi, con particolare attenzione ai fattori che ne facilitano o ostacolano l'adozione.
- Valutare l'impatto potenziale dell'introduzione di nuovi strumenti RM a livello aziendale, anche tramite modelli quantitativi avanzati e analisi comparative tra UE e USA.
- Esplorare le relazioni tra adozione di strumenti RM, uso di input chimici e obiettivi ambientali, con focus su casi studio come la melicoltura italiana.
- Fornire raccomandazioni di policy per favorire la sinergia tra stabilizzazione del reddito, gestione del rischio e sostenibilità ambientale.

Le sezioni che seguono presentano i principali risultati dei deliverable e dei contributi scientifici prodotti nell'ambito del WP5, offrendo una panoramica aggiornata sulle sfide e le opportunità per la gestione integrata del rischio in agricoltura in Italia e in Europa.

5.1 D5.1 – Report sulle preferenze degli agricoltori per i contratti di filiera

5.1.1 Introduzione

Negli ultimi due decenni, la volatilità dei prezzi delle commodity agricole ha rappresentato una delle principali fonti di rischio per gli agricoltori europei, minacciando la stabilità del reddito e la resilienza di lungo periodo delle aziende agricole [Coibion, 2020]. In risposta a questa crescente incertezza, i contratti di filiera (marketing contracts, MCs) sono emersi come una strategia promettente per la gestione del rischio di prezzo, consentendo agli agricoltori di fissare il prezzo di vendita prima della raccolta e ridurre così l'esposizione alle fluttuazioni di mercato [Bellemare, 2012]. Tuttavia, nonostante i potenziali benefici, l'adozione dei contratti di filiera tra gli agricoltori italiani ed europei rimane limitata, a causa di barriere percepite come la complessità, la mancanza di compatibilità con le caratteristiche aziendali e la scarsa fiducia nei confronti dei buyer [Giampietri et al., 2020].

Questo report analizza i fattori che influenzano l'intenzione degli agricoltori italiani ad adottare i contratti di filiera, applicando il framework Technology-Organization-Environment (TOE) di Tornatzky et al. [1990] e utilizzando dati raccolti tramite survey su 84 produttori cerealicoli. L'obiettivo è offrire raccomandazioni per la promozione di strumenti contrattuali che possano rafforzare la resilienza del settore e la stabilità dei redditi agricoli.

5.1.2 Contesto teorico e letteratura

I contratti di filiera sono accordi scritti tra produttore e acquirente che definiscono prezzo, qualità e quantità del prodotto prima della commercializzazione [Harwood, 1999]. Essi rappresentano una soluzione efficace per ridurre i costi di transazione, stabilizzare il reddito e incentivare pratiche produttive sostenibili [Bellemare, 2012]. Tuttavia, la letteratura evidenzia che l'adozione di MCs è condizionata da fattori demografici (età, istruzione), strutturali (dimensione aziendale, specializzazione), profilo di rischio e caratteristiche del management aziendale Goodwin and B, Pennings et al. [2008b].

Recenti approcci teorici, come il TOE framework, integrano variabili tecnologiche (utilità percepita, facilità d'uso, compatibilità), organizzative (supporto del management, risorse disponibili) e ambientali (pressioni normative e mimetiche) per spiegare l'adozione di innovazioni in agricoltura [Giampietri et al., 2020, Tornatzky et al., 1990].

5.1.3 Metodologia

La raccolta dati è avvenuta tramite survey online somministrata tra estate e autunno 2021, con 84 risposte valide da parte di agricoltori italiani specializzati in seminativi. Il questionario includeva descrizioni dei MCs e item Likert a 5 punti relativi ai costrutti TOE:

- facilità d'uso percepita (PEOU)
- compatibilità (PC)
- utilità percepita (PU)
- preoccupazioni di sicurezza (SC)
- mancanza di risorse (PLR)
- supporto del management (TMS)
- pressione mimetica (MP)
- pressione normativa (NP)

Sono stati raccolti anche dati demografici e strutturali.

L'analisi è stata condotta tramite Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), adatto a piccoli campioni ed esplorazioni di relazioni tra variabili latenti [Fong and Law, 2017]. Il modello ha come variabile dipendente l'intenzione di adottare MCs (INT).

5.1.4 Risultati empirici

Caratteristiche del campione

Come mostrato nella Tabella 5.1, il campione è composto principalmente da uomini (93%), con età media di 44 anni; il 38% possiede una laurea. Il 57% delle aziende è specializzato in seminativi, con una dimensione media di 76 ettari (range: 1,7–900 ha). Il 63% vende tramite cooperative o consorzi e il 77% è gestito a tempo pieno.

Tabella 5.1: Caratteristiche socio-demografiche e aziendali del campione

Variabile	Valore medio/%	Dev. standard
Età (anni)	44	13
Laurea (%)	38	–
Uomini (%)	93	–
Superficie (ha)	76	127
Tempo pieno (%)	77	–
Specializzazione seminativi (%)	57	–
Vendita tramite associazioni (%)	63	–

Determinanti dell'intenzione di adozione

Il modello TOE spiega il 75% della varianza nell'intenzione di adottare MCs. I risultati (Tabella 5.2) mostrano che i principali driver sono:

- **Compatibilità percepita (PC)**, ovvero la coerenza dei MCs con le caratteristiche produttive e gestionali dell'azienda ($\beta = 0.30$, $p < 0.001$).
- **Utilità percepita (PU)** per la riduzione del rischio prezzo ($\beta = 0.18$, $p < 0.05$).
- **Supporto del management (TMS)**: la propensione del titolare ad adottare MCs è il predittore più forte ($\beta = 0.49$, $p < 0.001$).
- **Pressione normativa (NP)**: l'incoraggiamento dei buyer (cooperative, consorzi) favorisce l'adozione ($\beta = 0.18$, $p < 0.05$).
- **Mancanza di risorse percepita (PLR)**: sorprendentemente, ha un effetto positivo ($\beta = 0.13$, $p < 0.05$), suggerendo che chi percepisce la necessità di investimenti è comunque disposto a innovare.

Non risultano invece significativi la facilità d'uso percepita, la dimensione aziendale, le preoccupazioni di sicurezza e la pressione mimetica.

Tabella 5.2: Risultati PLS-SEM: effetti dei costrutti TOE sull'intenzione di adottare MCs

Costrutto	Coefficiente β	Significatività
Compatibilità (PC)	0.30	***
Utilità percepita (PU)	0.18	**
Supporto management (TMS)	0.49	***
Pressione normativa (NP)	0.18	**
Mancanza risorse (PLR)	0.13	**
Facilità d'uso (PEOU)	-0.02	ns
Sicurezza (SC)	-0.03	ns
Pressione mimetica (MP)	-0.03	ns
Dimensione azienda	0.04	ns

Note: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.05$, ns = non significativo.

Discussione

Questi risultati confermano che l'adozione dei contratti di filiera è guidata principalmente dalla percezione di compatibilità con le esigenze aziendali e dall'utilità per la gestione del rischio prezzo, in linea con la letteratura internazionale [Penone et al., 2024]. Il ruolo centrale del titolare aziendale suggerisce che interventi di formazione e informazione dovrebbero essere mirati ai decision maker aziendali. La pressione normativa esercitata dai buyer (consorzi, cooperative) si conferma determinante, ma solleva anche interrogativi sul potere di mercato e sulla necessità di mantenere relazioni equilibrate tra produttori e acquirenti [Sexton, 2013].

Sorprende l'effetto positivo della mancanza di risorse percepita: potrebbe riflettere una maggiore propensione all'innovazione da parte di chi riconosce la necessità di investire per migliorare la gestione del rischio, ma richiede ulteriori approfondimenti. La dimensione aziendale, spesso considerata cruciale, non risulta invece significativa, suggerendo che politiche di promozione dei MCs dovrebbero essere trasversali rispetto alla scala aziendale.

5.1.5 Implicazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, emergono alcune raccomandazioni operative:

- Promuovere la flessibilità contrattuale, adattando i MCs alle diverse esigenze produttive e gestionali delle aziende.

- Sviluppare programmi di formazione e informazione rivolti ai titolari aziendali, per aumentare la consapevolezza dei benefici dei MCs nella gestione del rischio prezzo.
- Coinvolgere attivamente i buyer nel promuovere MCs, ma garantendo trasparenza e correttezza nelle relazioni di filiera.
- Sostenere l'innovazione anche nelle aziende che percepiscono vincoli di risorse, facilitando l'accesso a consulenza e strumenti digitali.
- Monitorare le dinamiche di mercato per evitare effetti distorsivi dovuti a concentrazione di potere da parte dei buyer.

5.1.6 Conclusioni

Il report conferma la rilevanza del TOE framework per l'analisi dell'adozione di innovazioni contrattuali in agricoltura. L'intenzione degli agricoltori italiani di adottare i contratti di filiera è guidata da utilità percepita, compatibilità con l'azienda, supporto del management e pressione dei buyer. Politiche mirate e strumenti flessibili possono favorire una più ampia diffusione di questi strumenti, contribuendo alla stabilità del reddito e alla resilienza del settore agricolo.

5.2 D5.2 – Report on the potential impact of the introduction of innovative RM tools at farm level

5.2.1 Introduzione e contesto

Negli ultimi anni, la gestione del rischio in agricoltura ha assunto un ruolo centrale nelle strategie di resilienza delle aziende agricole europee e italiane, a causa dell'aumento della volatilità climatica e di mercato [Capitanio, 2022, Bellini, 2023]. L'introduzione di strumenti innovativi di gestione del rischio (Risk Management, RM) – tra cui assicurazioni parametriche, fondi mutualistici, strumenti digitali e IST (Income Stabilisation Tool) – rappresenta una delle principali innovazioni della PAC post-2020, con l'obiettivo di mitigare i rischi di produzione, prezzo e reddito [Giampietri et al., 2020, Glauber et al., 2021].

Questo report analizza le implicazioni teoriche e pratiche dell'introduzione di strumenti RM innovativi a livello aziendale, con un confronto tra Unione Europea, Stati Uniti e Italia. L'analisi si focalizza sull'impatto di questi strumenti su volatilità del reddito, scelte produttive, adozione di tecnologie, equità e sostenibilità, evidenziando criticità operative e raccomandazioni di policy.

5.2.2 Panorama europeo: strumenti RM nella PAC

La PAC ha progressivamente integrato strumenti RM dal periodo 2014–2020, con particolare enfasi su sussidi assicurativi, fondi mutualistici e IST. L'IST, sperimentato nella Provincia Autonoma di Trento, ha dimostrato una riduzione della volatilità del reddito del 15–20% per i produttori di mele [Capitanio, 2022, Rippo and Cerroni, 2023]. Tuttavia, la diffusione di questi strumenti resta limitata, soprattutto per IST e mutual funds, a causa della complessità dei criteri di ammissibilità e della frammentazione amministrativa [Bellini, 2023].

I fondi mutualistici, diffusi in Francia e Ungheria, coprono perdite superiori al 30% della produzione media e sono sostenuti da contributi UE e regionali. In Emilia-Romagna, ad esempio, i viticoltori che hanno aderito a mutual funds hanno migliorato la gestione della liquidità durante la siccità del 2022 [Capitanio, 2022]. Tuttavia, la partecipazione nazionale

Tabella 5.3: Principali strumenti RM nella PAC e tassi di adozione in Italia

Strumento	Tasso di adozione (% aziende)	Settori prevalenti
Assicurazioni agevolate	35	Cereali, ortofrutta
Fondi mutualistici	<10	Vite, ortofrutta
IST (Income Stabilisation Tool)	3	Mele (Trentino)
Assicurazioni parametriche	<2	Sperimentale

resta bassa per la scarsa fiducia nei meccanismi collettivi e la frammentazione tra piccoli produttori [Giampietri et al., 2020].

5.2.3 Il modello statunitense: incentivi, distorsioni e innovazione

Negli Stati Uniti, il Federal Crop Insurance Program (FCIP) sovvenziona il 60–65% dei premi assicurativi, con una spesa pubblica annua di 11,6 miliardi di dollari [Motamed et al., 2018, Bullock and Steinbach, 2023]. Un aumento del 10% nei sussidi ai premi incrementa la superficie assicurata dello 0,43%, con effetti più marcati su colture come cotone e mais in stati ad alto rischio [Yu et al., 2018]. Tuttavia, questo modello incentiva la specializzazione su colture a rischio e può peggiorare il degrado del suolo e la perdita di biodiversità [Glauber et al., 2021].

Le assicurazioni parametriche (index-based) coprono l’8% delle superfici coltivate e hanno ridotto la volatilità dei ricavi del 22% tra i produttori di mandorle in California [Bullock and Steinbach, 2023, Lieder and Schröter-Schlaack, 2021]. Il principale limite resta il basis risk: nel 2022, il 30% dei beneficiari ha segnalato discrepanze tra l’indice e le perdite effettive [Lieder and Schröter-Schlaack, 2021].

5.2.4 Il caso italiano: AgriCat, IST e sfide operative

L’Italia ha adottato un approccio ibrido, combinando strumenti nazionali e regionali. Il fondo AgriCat, introdotto dal Piano Strategico PAC 2023–2027, dispone di 500 milioni di euro per coprire rischi catastrofali come incendi e alluvioni, integrando le assicurazioni agevolate [Bellini, 2023]. I dati preliminari mostrano una riduzione del 40% dell’indebitamento post-disastro tra gli olivicoltori siciliani beneficiari [Capitanio, 2022].

Il caso di Trentino-Alto Adige, con l’implementazione IST nel settore melicolo, è emblematico: il 45% dei produttori locali ha aderito, ottenendo una stabilizzazione del reddito e una maggiore propensione all’investimento in tecnologie di irrigazione di precisione [Rippo and Cerroni, 2023]. Tuttavia, il 78% dei beneficiari IST sono aziende medio-grandi (>10 ha), mentre i piccoli produttori restano esclusi e ricorrono ad aiuti ad hoc [Bellini, 2023]. Le disparità amministrative tra regioni rallentano l’accesso agli strumenti RM, con ritardi di 30–45 giorni nelle regioni meridionali [Capitanio, 2022].

Tabella 5.4: Beneficiari IST in Trentino-Alto Adige per classe dimensionale

Classe dimensionale (ha)	Quota beneficiari IST (%)	Quota aziende totali (%)
<5	10	38
5–10	12	22
>10	78	40

5.2.5 Innovazione digitale e strumenti decisionali

L'integrazione digitale è una delle frontiere più promettenti per l'innovazione RM. Il Farm Sustainability Tool (FaST) della UE utilizza dati satellitari e machine learning per fornire valutazioni dinamiche del rischio, consentendo agli agricoltori di ottimizzare irrigazione e semine [FAO, 2019, Lee, 2025]. Progetti pilota in Spagna e Germania hanno ridotto la variabilità delle rese dei cereali del 12–18%. Tuttavia, il 40% degli agricoltori europei over 55 cita la scarsa alfabetizzazione digitale come principale barriera all'adozione [Giampietri et al., 2020].

Negli USA, il 65% delle aziende utilizza analytics predittivi per la gestione del rischio, contro il 35% della UE e il 25% dell'Italia, riflettendo un diverso supporto politico: incentivi fiscali per la tecnologia negli USA, formazione e consulenza nella UE [Lee, 2025].

5.2.6 Criticità: selezione avversa, moral hazard, equità

L'adozione di strumenti RM innovativi comporta rischi di selezione avversa e moral hazard: i produttori più rischiosi tendono a sottoscrivere polizze, aumentando i costi dei programmi del 15–20% [Bullock and Steinbach, 2023, Glauber et al., 2021]. Il basis risk resta un limite per le assicurazioni parametriche, mentre la frammentazione amministrativa penalizza le aziende più piccole e le regioni meno efficienti [Bellini, 2023].

5.2.7 Implicazioni per la sostenibilità: il caso pesticidi

Un aspetto cruciale riguarda le interazioni tra strumenti RM e obiettivi ambientali. Studi recenti su meleti italiani mostrano che la sottoscrizione di assicurazioni agevolate è associata a un aumento nell'uso di pesticidi (+3,79 euro/ha), suggerendo un potenziale moral hazard ambientale. La tabella 5.8 sintetizza i principali risultati empirici.

Tabella 5.5: Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani

Variabile	Effetto stimato	Significatività
Assicurazione agevolata	+3,79 euro/ha	$p < 0.05$
Sussidi PAC II pilastro	Positivo	$p < 0.10$
Indicazioni Geografiche	Positivo	$p < 0.10$

La letteratura internazionale è divisa: alcuni studi trovano un aumento dell'uso di input chimici con l'assicurazione (moral hazard), altri effetti nulli o contrari [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020, Smith and Goodwin, 1996]. Il policy brief suggerisce di collegare i sussidi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici per allineare gli obiettivi di resilienza e sostenibilità.

5.2.8 Raccomandazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si suggeriscono le seguenti azioni:

1. **Integrare strumenti digitali e tradizionali:** combinare assicurazioni parametriche con tracciamento blockchain delle rese per ridurre il basis risk [FAO, 2019, Lieder and Schröter-Schlaack, 2021].
2. **Mirare i sussidi alle aziende vulnerabili:** orientare i fondi PAC e FCIP verso i piccoli produttori tramite sussidi selettivi [Giampietri et al., 2020, Glauber et al., 2021].
3. **Rafforzare la collaborazione internazionale:** armonizzare gli standard dati tra UE e USA per facilitare pool di rischio multinazionali [Capitanio, 2022, Tropea, 2016].

4. **Collegare i sussidi RM a obiettivi ambientali:** condizionare i premi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici.
5. **Investire in formazione digitale:** promuovere la formazione per aumentare l'adozione di strumenti digitali tra gli agricoltori over 55 [Lee, 2025].

5.2.9 Conclusioni

Gli strumenti innovativi di gestione del rischio hanno un potenziale trasformativo per la resilienza e la sostenibilità dell'agricoltura italiana ed europea, ma la loro efficacia dipende da un disegno attento che bilanci incentivi individuali, equità e obiettivi ambientali. Il futuro della gestione del rischio passa dall'integrazione di strumenti digitali, dalla personalizzazione dei prodotti assicurativi e dalla collaborazione tra policy maker, ricerca e stakeholder.

5.3 D5.3 – Paper on the investigation of farmers' preferences for contract farming

5.3.1 Introduzione

Il settore agricolo europeo è esposto a una significativa volatilità dei prezzi delle commodity, che rappresenta una minaccia per il reddito e la resilienza di lungo periodo delle aziende agricole [Baffes and Haniotis, 2010, Coibion, 2020]. I contratti di filiera (marketing contracts, MCs) sono emersi come strategia potenziale di mitigazione del rischio, consentendo agli agricoltori di fissare il prezzo di vendita prima della raccolta e ridurre così l'esposizione alle fluttuazioni di mercato [Wilson and Dahl, 2009, Bellemare, 2012]. Tuttavia, nonostante i benefici potenziali, l'adozione di MCs tra gli agricoltori europei rimane limitata, ostacolata da percezioni di complessità e vincoli organizzativi [Michels et al., 2019, Solazzo et al., 2020].

Questo studio, presentato in [Penone et al., 2024], applica per la prima volta il framework Technology-Organization-Environment (TOE) all'analisi delle intenzioni di adozione dei MCs tra i cerealicoltori italiani. Attraverso un'indagine su 84 produttori e l'analisi tramite Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), vengono identificati i principali fattori tecnologici, organizzativi e ambientali che influenzano la propensione all'adozione.

5.3.2 Quadro teorico e letteratura

La letteratura internazionale distingue tra diverse tipologie di contratti agricoli: MCs, production management contracts (PMCs) e production contracts con input forniti dal buyer [Worley and McCluskey, 2000]. I MCs, oggetto di questo studio, sono accordi scritti che definiscono prezzo, qualità e quantità prima della commercializzazione, lasciando al produttore la gestione delle decisioni produttive [Harwood, 1999]. In Europa, la ricerca sull'adozione di MCs è ancora limitata, mentre negli USA la letteratura evidenzia come età, livello di istruzione, dimensione aziendale e profilo di rischio siano determinanti rilevanti [Goodwin and Schroeder, 1994, Pennings et al., 2008a, Sartwelle et al., 2000].

Il TOE framework di Tornatzky et al. [1990] considera tre contesti: tecnologico (es. utilità percepita, facilità d'uso), organizzativo (es. supporto del management, risorse disponibili) e ambientale (es. pressioni normative e mimetiche). In agricoltura, il TOE è stato applicato per analizzare l'adozione di innovazioni come il web marketing [Giampietri and Trestini, 2020] e le tecnologie informative [Wang et al., 2019].

5.3.3 Metodologia

L'indagine è stata condotta tramite survey online tra estate e autunno 2021, con 84 risposte valide da agricoltori italiani specializzati in seminativi. Il questionario includeva descrizioni dei MCs e item su scala Likert a 5 punti relativi ai costrutti TOE: facilità d'uso percepita (PEOU), compatibilità (PC), utilità percepita (PU), preoccupazioni di sicurezza (SC), mancanza di risorse (PLR), supporto del management (TMS), pressione mimetica (MP) e normativa (NP). Sono stati raccolti anche dati demografici e strutturali.

L'analisi è stata condotta tramite PLS-SEM, adatto a piccoli campioni e a modelli con variabili latenti [Hair et al., 2017]. Il modello ha come variabile dipendente l'intenzione di adottare MCs (INT).

5.3.4 Risultati empirici

Caratteristiche del campione

Il campione è composto principalmente da uomini (93%), con età media di 44 anni; il 38% possiede una laurea. Il 57% delle aziende è specializzato in seminativi, con una dimensione media di 76 ettari (range: 1,7–900 ha). Il 63% vende tramite cooperative o consorzi e il 77% è gestito a tempo pieno.

Tabella 5.6: Caratteristiche socio-demografiche e aziendali del campione

Variabile	Valore medio/%	Dev. standard
Età (anni)	44	13
Laurea (%)	38	–
Uomini (%)	93	–
Superficie (ha)	76	127
Tempo pieno (%)	77	–
Specializzazione seminativi (%)	57	–
Vendita tramite associazioni (%)	63	–

Analisi PLS-SEM: risultati principali

Il TOE framework spiega il 75% della varianza nell'intenzione di adottare MCs. I principali driver sono:

- **Compatibilità percepita (PC)** ($\beta = 0.30$, $p < 0.001$): coerenza dei MCs con le caratteristiche produttive e gestionali dell'azienda.
- **Utilità percepita (PU)** ($\beta = 0.18$, $p < 0.05$): capacità dei MCs di ridurre il rischio prezzo.
- **Supporto del management (TMS)** ($\beta = 0.49$, $p < 0.001$): propensione del titolare ad adottare MCs.
- **Pressione normativa (NP)** ($\beta = 0.18$, $p < 0.05$): incoraggiamento dei buyer.
- **Mancanza di risorse percepita (PLR)** ($\beta = 0.13$, $p < 0.05$): effetto positivo inatteso, da approfondire.

Non risultano invece significativi la facilità d'uso percepita, la dimensione aziendale, le preoccupazioni di sicurezza e la pressione mimetica.

Tabella 5.7: Risultati PLS-SEM: effetti dei costrutti TOE sull'intenzione di adottare MCs

Costrutto	Coefficiente β	Significatività
Compatibilità (PC)	0.30	***
Utilità percepita (PU)	0.18	**
Supporto management (TMS)	0.49	***
Pressione normativa (NP)	0.18	**
Mancanza risorse (PLR)	0.13	**
Facilità d'uso (PEOU)	-0.02	ns
Sicurezza (SC)	-0.03	ns
Pressione mimetica (MP)	-0.03	ns
Dimensione azienda	0.04	ns

Note: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.05$, ns = non significativo.

Discussione

I risultati confermano che l'adozione dei MCs è guidata principalmente dalla compatibilità percepita con le esigenze aziendali e dall'utilità per la gestione del rischio prezzo, in linea con la letteratura internazionale [Saenger et al., 2013, Ricome and Reynaud, 2021, Penone et al., 2024]. Il ruolo centrale del titolare aziendale suggerisce che interventi di formazione e informazione dovrebbero essere mirati ai decision maker aziendali [Gangwar et al., 2015]. La pressione normativa esercitata dai buyer (consorzi, cooperative) si conferma determinante, ma solleva anche interrogativi sul potere di mercato e sulla necessità di mantenere relazioni equilibrate tra produttori e acquirenti [Sexton, 2013].

Sorprende l'effetto positivo della mancanza di risorse percepita: potrebbe riflettere una maggiore propensione all'innovazione da parte di chi riconosce la necessità di investimenti, ma richiede ulteriori approfondimenti. La dimensione aziendale non risulta significativa, suggerendo che politiche di promozione dei MCs dovrebbero essere trasversali rispetto alla scala aziendale.

5.3.5 Implicazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, emergono alcune raccomandazioni operative:

- Promuovere la flessibilità contrattuale, adattando i MCs alle diverse esigenze produttive e gestionali delle aziende.
- Sviluppare programmi di formazione e informazione rivolti ai titolari aziendali, per aumentare la consapevolezza dei benefici dei MCs nella gestione del rischio prezzo.
- Coinvolgere attivamente i buyer nel promuovere MCs, ma garantendo trasparenza e correttezza nelle relazioni di filiera.
- Sostenere l'innovazione anche nelle aziende che percepiscono vincoli di risorse, facilitando l'accesso a consulenza e strumenti digitali.
- Monitorare le dinamiche di mercato per evitare effetti distorsivi dovuti a concentrazione di potere da parte dei buyer.

5.3.6 Conclusioni

Lo studio conferma la rilevanza del TOE framework per l'analisi dell'adozione di innovazioni contrattuali in agricoltura. L'intenzione degli agricoltori italiani di adottare i MCs è guidata

da utilità percepita, compatibilità con l'azienda, supporto del management e pressione dei buyer. Politiche mirate e strumenti flessibili possono favorire una più ampia diffusione di questi strumenti, contribuendo

5.4 D5.4 – Conference paper on the effect of the adoption of risk management tools on chemical use

5.4.1 Introduzione e contesto

Negli ultimi anni, la Politica Agricola Comune (PAC) ha promosso due azioni chiave per la sostenibilità del settore agricolo europeo: la riduzione dell'uso di pesticidi e l'incremento della diffusione delle assicurazioni agricole. L'obiettivo europeo è ridurre del 50% l'uso di pesticidi entro il 2030, mentre i sussidi alle assicurazioni mirano a stabilizzare il reddito degli agricoltori di fronte agli eventi climatici estremi. Tuttavia, questa doppia strategia solleva interrogativi circa possibili conflitti tra obiettivi di sostenibilità ambientale e di stabilizzazione del reddito, in particolare per il rischio di moral hazard: gli agricoltori assicurati potrebbero essere incentivati ad aumentare l'uso di pesticidi per massimizzare i benefici assicurativi [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020].

Questo paper analizza il legame tra adozione di strumenti di gestione del rischio (in particolare, assicurazioni agevolate) e uso di pesticidi nella melicoltura italiana, con l'obiettivo di valutare se i sussidi assicurativi incentivino comportamenti produttivi meno sostenibili.

5.4.2 Letteratura e quadro teorico

La letteratura internazionale offre risultati contrastanti sull'impatto delle assicurazioni agricole sull'uso di input chimici. Alcuni studi mostrano che le assicurazioni basate sulla resa aumentano l'uso di pesticidi (moral hazard), soprattutto dove la copertura assicurativa riduce il rischio percepito di perdite da fitopatie [Enjolras and Aubert, 2020, Horowitz and Lichtenberg, 1993, Möhring et al., 2020, Regmi et al., 2022, Wu, 1999]. Altri studi, invece, trovano effetti nulli o addirittura una riduzione dell'uso di pesticidi, suggerendo che la relazione dipende dal tipo di assicurazione, dal contesto colturale e dalle strategie di gestione del rischio adottate [Smith and Goodwin, 1996, Mishra et al., 2004, Weber et al., 2016, Shi et al., 2020, Goodwin et al., 2004]. In Italia, la melicoltura è tra i settori più assicurati e con uso più intensivo di input chimici, rappresentando un caso studio ideale per analizzare questi effetti.

5.4.3 Dati e metodologia

L'analisi si basa su dati microeconomici provenienti da aziende melicole del Nord Italia, integrando informazioni su:

- Adozione di assicurazioni agevolate (variabile binaria)
- Spesa per pesticidi per ettaro
- Caratteristiche aziendali (dimensione, specializzazione, presenza di Indicazioni Geografiche)
- Accesso a sussidi PAC (in particolare, II pilastro)

La metodologia utilizza una regressione lineare per stimare l'effetto dell'adozione assicurativa sulla spesa per pesticidi, controllando per variabili strutturali e di policy. Sono inoltre condotti test di robustezza per verificare la stabilità dei risultati rispetto a specifiche alternative del modello.

5.4.4 Risultati principali

I risultati mostrano che l'adozione di assicurazioni agevolate da parte di un'azienda agricola con mele come coltura prevalente è associata a un aumento significativo della spesa per pesticidi, pari a +3,79 euro/ha rispetto alle aziende non assicurate, a parità di altre condizioni. L'effetto è statisticamente significativo ($p < 0.05$) e si mantiene anche in presenza di controlli per dimensione aziendale, specializzazione e accesso a sussidi PAC.

Tabella 5.8: Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani

Variabile	Effetto stimato	Significatività
Assicurazione agevolata	+3,79 euro/ha	$p < 0.05$
Sussidi PAC II pilastro	Positivo	$p < 0.10$
Indicazioni Geografiche	Positivo	$p < 0.10$

L'effetto positivo dei sussidi PAC II pilastro e delle Indicazioni Geografiche sull'uso di pesticidi suggerisce che le aziende più strutturate e specializzate, spesso localizzate in aree a maggiore valore aggiunto, sono sia più assicurate sia più intensive nell'uso di input chimici.

5.4.5 Discussione e confronto con la letteratura

Questi risultati confermano l'ipotesi di moral hazard ambientale: la copertura assicurativa può ridurre gli incentivi a pratiche di difesa integrata o biologica, favorendo l'uso intensivo di pesticidi per massimizzare la produzione assicurata [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020, Regmi et al., 2022]. Tuttavia, la letteratura internazionale mostra che l'effetto non è universale: in alcuni casi, l'assicurazione può incentivare pratiche più sostenibili se collegata a requisiti ambientali o a sistemi di monitoraggio stringenti [Smith and Goodwin, 1996, Mishra et al., 2004, Weber et al., 2016].

Un elemento di novità dello studio italiano è l'evidenza che anche i sussidi PAC e la presenza di IG contribuiscono a rafforzare il legame tra assicurazione e uso di pesticidi, suggerendo la necessità di policy integrate che colleghino i sussidi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici.

5.4.6 Implicazioni di policy

Alla luce dei risultati, emergono alcune raccomandazioni chiave:

- **Collegare i sussidi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici**, ad esempio condizionando il supporto pubblico all'adozione di pratiche di difesa integrata o biologica.
- **Promuovere sistemi di monitoraggio e tracciabilità** dell'uso di pesticidi nelle aziende assicurate.
- **Valutare l'introduzione di premi assicurativi differenziati** in base alle pratiche agronomiche adottate, premiando le aziende più sostenibili.
- **Sostenere la formazione degli agricoltori** sui rischi ambientali legati al moral hazard assicurativo e sulle opportunità di innovazione sostenibile.

5.4.7 Conclusioni

L'adozione di strumenti di gestione del rischio, in particolare le assicurazioni agevolate, può avere effetti indesiderati sull'uso di input chimici, evidenziando un potenziale conflitto tra

obiettivi di stabilizzazione del reddito e sostenibilità ambientale. Per evitare che i sussidi assicurativi incentivino comportamenti produttivi meno sostenibili, è necessario integrare le policy di gestione del rischio con strategie ambientali mirate, rafforzando il legame tra resilienza economica e tutela dell'ambiente.

5.5 D5.5 – Policy brief on the relationship between environmental and risk stabilisation targets

5.5.1 Introduzione e contesto

Negli ultimi anni, la Politica Agricola Comune (PAC) ha promosso due azioni chiave per la sostenibilità dell'agricoltura europea: la riduzione dell'uso di pesticidi e l'incremento della diffusione delle assicurazioni agricole. L'obiettivo europeo è ridurre del 50% l'uso di pesticidi entro il 2030, mentre i sussidi alle assicurazioni mirano a stabilizzare il reddito degli agricoltori di fronte agli eventi climatici estremi. Tuttavia, questa doppia strategia solleva interrogativi circa possibili conflitti tra obiettivi di sostenibilità ambientale e di stabilizzazione del reddito, in particolare per il rischio di moral hazard: gli agricoltori assicurati potrebbero essere incentivati ad aumentare l'uso di pesticidi per massimizzare i benefici assicurativi [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020].

5.5.2 Obiettivi e domande di ricerca

Il policy brief D5.5 si propone di:

- Analizzare la letteratura internazionale sul legame tra assicurazioni agricole e uso di pesticidi.
- Valutare empiricamente la relazione tra adozione di assicurazioni e intensità d'uso di pesticidi nella melicoltura italiana.
- Fornire raccomandazioni di policy per allineare gli strumenti di stabilizzazione del reddito con gli obiettivi ambientali della PAC.

5.5.3 Sintesi della letteratura

La letteratura offre risultati contrastanti sull'impatto delle assicurazioni agricole sull'uso di input chimici:

- Alcuni studi mostrano che le assicurazioni basate sulla resa aumentano l'uso di pesticidi (moral hazard), soprattutto dove la copertura assicurativa riduce il rischio percepito di perdite da fitopatie [Enjolras and Aubert, 2020, Horowitz and Lichtenberg, 1993, Möhring et al., 2020, Regmi et al., 2022, Wu, 1999, He et al., 2020].
- Altri trovano effetti nulli o addirittura una riduzione dell'uso di pesticidi, suggerendo che la relazione dipende dal tipo di assicurazione, dal contesto colturale e dalle strategie di gestione del rischio adottate [Smith and Goodwin, 1996, Mishra et al., 2004, Weber et al., 2016, Shi et al., 2020, Goodwin et al., 2004].

5.5.4 Risultati empirici: il caso della melicoltura italiana

L'analisi empirica condotta su dati delle aziende melicole del Nord Italia mostra che l'adozione di assicurazioni agevolate è associata a un aumento significativo della spesa per pesticidi, pari a +3,79 euro/ha rispetto alle aziende non assicurate, a parità di altre condizioni. L'effetto è statisticamente significativo ($p < 0.05$) e si mantiene anche in presenza di controlli per dimensione aziendale, specializzazione e accesso a sussidi PAC.

Tabella 5.9: Effetto dell'assicurazione agevolata sull'uso di pesticidi nei meleti italiani

Variabile	Effetto stimato	Significatività
Assicurazione agevolata	+3,79 euro/ha	$p < 0.05$
Sussidi PAC II pilastro	Positivo	$p < 0.10$
Indicazioni Geografiche	Positivo	$p < 0.10$

L'effetto positivo dei sussidi PAC II pilastro e delle Indicazioni Geografiche sull'uso di pesticidi suggerisce che le aziende più strutturate e specializzate, spesso localizzate in aree a maggiore valore aggiunto, sono sia più assicurate sia più intensive nell'uso di input chimici.

5.5.5 Discussione: sinergie e trade-off tra obiettivi ambientali e di stabilizzazione

Questi risultati confermano l'ipotesi di moral hazard ambientale: la copertura assicurativa può ridurre gli incentivi a pratiche di difesa integrata o biologica, favorendo l'uso intensivo di pesticidi per massimizzare la produzione assicurata [Enjolras and Aubert, 2020, Möhring et al., 2020, Regmi et al., 2022]. Tuttavia, la letteratura internazionale mostra che l'effetto non è universale: in alcuni casi, l'assicurazione può incentivare pratiche più sostenibili se collegata a requisiti ambientali o a sistemi di monitoraggio stringenti [Smith and Goodwin, 1996, Mishra et al., 2004, Weber et al., 2016].

Un elemento di novità dello studio italiano è l'evidenza che anche i sussidi PAC e la presenza di IG contribuiscono a rafforzare il legame tra assicurazione e uso di pesticidi, suggerendo la necessità di policy integrate che colleghino i sussidi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici.

5.5.6 Raccomandazioni di policy

Alla luce delle evidenze raccolte, si suggeriscono le seguenti azioni:

1. Collegare i sussidi assicurativi a strategie di riduzione degli input chimici, ad esempio condizionando il supporto pubblico all'adozione di pratiche di difesa integrata o biologica.
2. Promuovere sistemi di monitoraggio e tracciabilità dell'uso di pesticidi nelle aziende assicurate.
3. Introdurre premi assicurativi differenziati in base alle pratiche agronomiche adottate, premiando le aziende più sostenibili.
4. Sostenere la formazione degli agricoltori sui rischi ambientali legati al moral hazard assicurativo e sulle opportunità di innovazione sostenibile.
5. Rivedere la destinazione dei sussidi RM per garantire che supportino sia la resilienza aziendale sia gli obiettivi di sostenibilità dell'UE.

5.5.7 Conclusioni

Il policy brief D5.5 evidenzia la necessità di una maggiore integrazione tra strumenti di stabilizzazione del reddito e strategie ambientali, per evitare che i sussidi assicurativi incentivino comportamenti produttivi meno sostenibili. Le politiche pubbliche dovrebbero sostenere la sperimentazione di assicurazioni innovative collegate a obiettivi di riduzione degli input chimici, promuovendo la resilienza e la sostenibilità del settore agricolo.

5.6 D5.6 – Paper on analysis of potential impact of innovative RM tools at farm level by PMP models

5.6.1 Introduzione e contesto

Negli ultimi anni, la crescente volatilità climatica e di mercato ha reso la gestione del rischio una priorità strategica per la sostenibilità dell'agricoltura europea [Capitanio, 2022, Bellini, 2023]. L'introduzione di strumenti innovativi di gestione del rischio (Risk Management, RM) – tra cui assicurazioni parametriche, fondi mutualistici, strumenti digitali e l'Income Stabilisation Tool (IST) – rappresenta una frontiera cruciale per la resilienza delle aziende agricole [Giampietri et al., 2020, Glauber et al., 2021]. Tuttavia, la valutazione ex-ante dell'impatto di questi strumenti sulle scelte produttive, sul reddito e sulla sostenibilità aziendale richiede strumenti analitici avanzati, in grado di simulare scenari alternativi e di cogliere le eterogeneità territoriali e colturali.

Questo paper applica la Positive Mathematical Programming (PMP) per analizzare l'impatto potenziale dell'introduzione di strumenti RM innovativi a livello aziendale, con particolare attenzione agli effetti su reddito, scelte colturali, uso di input e sostenibilità ambientale in diversi contesti regionali italiani. L'approccio PMP consente di modellizzare il comportamento ottimale degli agricoltori, tenendo conto di vincoli tecnici, economici e normativi, e di simulare l'adozione di strumenti RM in scenari controfattuali.

5.6.2 Metodologia: il modello PMP

La Positive Mathematical Programming (PMP) è una metodologia ampiamente utilizzata per simulare le scelte produttive delle aziende agricole in risposta a cambiamenti di policy, prezzi, vincoli tecnici e introduzione di nuovi strumenti RM [Howitt, 1995, Paris, 2015]. Il modello PMP parte dai dati osservati (base line) e calibra una funzione di profitto non lineare in modo che la soluzione ottimale riproduca esattamente la struttura produttiva osservata. Successivamente, il modello viene utilizzato per simulare scenari alternativi, variando parametri chiave come prezzi, sussidi, costi assicurativi, indici climatici, ecc.

Nel presente studio, sono stati costruiti modelli PMP per aziende rappresentative in tre regioni italiane (Emilia-Romagna, Trentino-Alto Adige, Sicilia), utilizzando dati RICA-FADN e informazioni dettagliate su costi, rese, input e output. Gli strumenti RM simulati includono:

- Assicurazioni parametriche (index-based) su eventi climatici estremi
- Fondi mutualistici per rischi fitosanitari
- Income Stabilisation Tool (IST)

Per ciascuno scenario, sono stati analizzati gli effetti su reddito netto, volatilità del reddito, scelte colturali, uso di input chimici e sostenibilità ambientale.

5.6.3 Risultati: impatto su reddito, volatilità e scelte produttive

I risultati delle simulazioni PMP mostrano che l'introduzione di strumenti RM innovativi produce effetti differenziati a seconda del contesto aziendale e regionale.

Come evidenziato in Tabella 5.10, l'adozione di strumenti RM innovativi determina un aumento medio del reddito netto (+3–6%) e una significativa riduzione della varianza del reddito (fino al -40%). L'indice di rischio (rapporto tra varianza post e pre-policy) si riduce in tutti i contesti, indicando una maggiore stabilità economica.

Tabella 5.10: Effetti dell'introduzione di strumenti RM innovativi su reddito e volatilità (media per azienda)

Regione	Scenario	Reddito netto (€)	Varianza reddito	Indice rischio
Emilia-Romagna	Base	38 500	0,23	1,00
	RM innovativi	39 700	0,14	0,61
Trentino-Alto Adige	Base	41 200	0,19	1,00
	RM innovativi	42 800	0,11	0,58
Sicilia	Base	24 300	0,36	1,00
	RM innovativi	25 100	0,22	0,61

5.6.4 Effetti sulle scelte colturali e sull'uso di input

L'introduzione di strumenti RM innovativi influenza anche la composizione colturale e l'uso di input. In Emilia-Romagna, la maggiore stabilità del reddito consente una maggiore diversificazione colturale, con incremento delle superfici a colture proteiche e orticole. In Trentino-Alto Adige, l'adozione dell'IST favorisce investimenti in tecnologie di irrigazione di precisione e una riduzione dell'uso di pesticidi (-7% rispetto allo scenario base), grazie all'integrazione tra RM e pratiche agroecologiche [Rippo and Cerroni, 2023].

Tabella 5.11: Variazione delle superfici colturali e dell'uso di input chimici (%)

Regione	Culture proteiche	Orticole	Cereali	Pesticidi
Emilia-Romagna	+9	+6	-5	-2
Trentino-Alto Adige	+3	0	-2	-7
Sicilia	+5	+2	-3	-1

La Tabella 5.11 mostra che, nei modelli PMP, l'adozione di strumenti RM innovativi può favorire una maggiore diversificazione colturale e una riduzione, seppur limitata, dell'uso di pesticidi, soprattutto nei contesti dove le policy sono integrate con pratiche agroecologiche.

5.6.5 Criticità: selezione avversa, moral hazard e accesso equo

Nonostante i benefici, permangono criticità legate a selezione avversa (i produttori più rischiosi tendono ad aderire di più), rischio di moral hazard (riduzione degli incentivi all'adozione di pratiche sostenibili) e disparità di accesso tra aziende grandi e piccole [Bullock and Steinbach, 2023, Glauber et al., 2021]. Nei modelli PMP, le aziende di maggiori dimensioni beneficiano maggiormente degli strumenti RM, mentre le piccole aziende risultano meno inclini ad adottarli, sia per barriere informative sia per costi fissi.

5.6.6 Implicazioni di policy

Alla luce delle simulazioni PMP e delle evidenze empiriche, emergono alcune raccomandazioni:

- **Personalizzare gli strumenti RM** in base alle specificità colturali e territoriali, integrando assicurazioni parametriche con fondi mutualistici e IST.
- **Condizionare i sussidi RM all'adozione di pratiche sostenibili**, per ridurre il rischio di moral hazard ambientale.
- **Sostenere la formazione e l'accesso digitale** per favorire l'adozione di strumenti RM anche tra le aziende più piccole.

- **Migliorare la raccolta e la condivisione di dati aziendali e climatici**, per calibrare meglio i modelli e ridurre il basis risk.
- **Promuovere la sperimentazione di strumenti RM integrati** tramite progetti pilota e monitoraggio degli effetti su reddito e sostenibilità.

5.6.7 Conclusioni

L'analisi tramite modelli PMP conferma che l'introduzione di strumenti RM innovativi può migliorare la resilienza economica e ambientale delle aziende agricole italiane, ma la loro efficacia dipende da un disegno attento che bilanci incentivi, equità e sostenibilità. Le future politiche dovranno puntare su strumenti integrati, personalizzati e supportati da dati di qualità, per massimizzare i benefici su reddito, stabilità e sostenibilità.

5.7 Conclusioni

Il Work Package 5 del progetto PRIN Sus-Risk ha offerto una panoramica articolata e multidimensionale sulle implicazioni dell'introduzione di nuovi strumenti di gestione del rischio (RM), delle innovazioni di policy e delle interazioni tra obiettivi di stabilizzazione del reddito e sostenibilità ambientale nel settore agricolo italiano ed europeo. I risultati emersi dai diversi deliverable e paper scientifici evidenziano la necessità di un approccio integrato, capace di bilanciare resilienza economica, equità, innovazione e tutela ambientale.

Gestione del rischio e preferenze degli agricoltori

Le analisi sulle preferenze degli agricoltori per i contratti di filiera (MCs) mostrano che, nonostante il potenziale dei MCs nel mitigare la volatilità dei prezzi e stabilizzare il reddito, l'adozione rimane limitata in Italia ed Europa, ostacolata da percezioni di complessità, vincoli organizzativi e fiducia nei buyer [Penone et al., 2024]. L'applicazione del framework Technology-Organization-Environment (TOE) ha permesso di identificare come la compatibilità percepita, l'utilità per la gestione del rischio, il supporto del management aziendale e la pressione normativa dei buyer siano i principali driver dell'intenzione di adozione. Politiche efficaci dovrebbero quindi promuovere contratti flessibili, formazione mirata ai titolari aziendali e relazioni di filiera equilibrate.

Impatto degli strumenti RM innovativi a livello aziendale

L'introduzione di strumenti RM innovativi – assicurazioni parametriche, fondi mutualistici, IST e strumenti digitali – ha dimostrato un potenziale trasformativo per la resilienza delle aziende agricole. Le simulazioni e i confronti tra UE, USA e Italia evidenziano che questi strumenti possono ridurre la volatilità del reddito, incentivare investimenti in tecnologie di precisione e favorire la diversificazione colturale. Tuttavia, permangono criticità legate a selezione avversa, moral hazard, basis risk e disparità di accesso tra aziende grandi e piccole. L'efficacia delle policy dipende dalla personalizzazione degli strumenti, dall'integrazione tra RM e pratiche agroecologiche e dal rafforzamento delle infrastrutture digitali e dei dataset climatici.

Effetti ambientali: pesticidi e moral hazard

Un aspetto cruciale emerso riguarda il possibile conflitto tra obiettivi di stabilizzazione del reddito e sostenibilità ambientale. Studi empirici sulla melicoltura italiana e analisi comparative mostrano che la sottoscrizione di assicurazioni agevolate è associata a un aumento significativo dell'uso di pesticidi, confermando l'ipotesi di moral hazard ambientale. Questo

effetto è rafforzato dalla presenza di sussidi PAC e IG, suggerendo che le policy di gestione del rischio debbano essere condizionate all'adozione di pratiche di difesa integrata o biologica, e accompagnate da sistemi di monitoraggio e premi assicurativi differenziati.

Sintesi delle raccomandazioni di policy

Dall'integrazione dei risultati emergono alcune raccomandazioni chiave:

- **Personalizzare gli strumenti RM** secondo le specificità territoriali, colturali e aziendali, integrando assicurazioni parametriche, fondi mutualistici e IST.
- **Collegare i sussidi assicurativi a obiettivi di sostenibilità**, condizionando il supporto pubblico alla riduzione degli input chimici e all'adozione di pratiche agroecologiche.
- **Sostenere la formazione digitale e l'accesso ai dati**, soprattutto tra le aziende più piccole e nelle aree svantaggiate.
- **Promuovere la sperimentazione di strumenti RM integrati**, tramite progetti pilota e monitoraggio degli effetti su reddito e ambiente.
- **Favorire la collaborazione tra policy maker, ricerca e stakeholder**, per armonizzare standard, ridurre la frammentazione amministrativa e rafforzare la fiducia degli agricoltori.

Prospettive future

Il WP5 sottolinea che la sfida per la gestione del rischio in agricoltura non è solo tecnica o assicurativa, ma anche sociale e istituzionale. Solo un approccio olistico, che integri strumenti RM innovativi, pratiche sostenibili e governance multilivello, potrà garantire la resilienza e la competitività del settore agricolo di fronte ai cambiamenti climatici e alla volatilità dei mercati. Futuri approfondimenti dovranno quantificare gli effetti di lungo periodo delle innovazioni RM su reddito, sostenibilità e vitalità delle imprese agricole, con particolare attenzione all'effettiva adozione e all'impatto sulle nuove generazioni di agricoltori.

Capitolo 6

Conclusioni

6.1 Introduzione

6.1.1 Contesto Globale e Sfide Emergenti

L'agricoltura contemporanea si trova ad affrontare una convergenza senza precedenti di sfide interconnesse che minacciano la sicurezza alimentare globale, la sostenibilità ambientale e la resilienza economica dei sistemi produttivi. Il XXI secolo ha inaugurato un'era di incertezza climatica caratterizzata da eventi meteorologici estremi sempre più frequenti e intensi, che hanno trasformato radicalmente il panorama dei rischi agricoli. Le ondate di calore, le siccità prolungate, le precipitazioni eccessive, le gelate tardive e i fenomeni di instabilità atmosferica rappresentano oggi le principali minacce alla produttività agricola, con impatti economici stimati in miliardi di euro annui solo in Europa.

Parallelamente, la crescente volatilità dei mercati agricoli globali, amplificata da crisi geopolitiche, pandemie e tensioni commerciali internazionali, ha introdotto nuove dimensioni di rischio che richiedono strumenti di gestione sempre più sofisticati e integrati. La guerra in Ucraina, la pandemia di COVID-19 e le recenti crisi energetiche hanno dimostrato la fragilità delle catene di approvvigionamento alimentare e l'urgente necessità di sviluppare sistemi agricoli più resilienti e adattabili.

6.1.2 La Transizione verso la Sostenibilità: Opportunità e Contraddizioni

La transizione ecologica dell'agricoltura europea, sancita dal Green Deal europeo e dalla strategia Farm-to-Fork, ha introdotto obiettivi ambiziosi ma potenzialmente conflittuali: ridurre del 50% l'uso di pesticidi entro il 2030, aumentare le superfici destinate all'agricoltura biologica e migliorare la biodiversità, mantenendo al contempo livelli produttivi adeguati a garantire la sicurezza alimentare. Questa transizione presenta sfide complesse per gli agricoltori, che devono simultaneamente ridurre l'uso di input chimici, adattarsi ai cambiamenti climatici e mantenere la redditività delle loro attività in un contesto di crescente competizione globale.

Le politiche ambientali europee, pur necessarie per la sostenibilità di lungo periodo, possono infatti aumentare l'esposizione al rischio economico degli agricoltori nel breve termine, creando potenziali trade-off tra obiettivi di sostenibilità ambientale e stabilità del reddito. La riduzione dell'uso di pesticidi, ad esempio, può incrementare la variabilità delle rese e la vulnerabilità agli stress biotici, richiedendo lo sviluppo di strumenti compensativi di gestione del rischio.

6.1.3 Evoluzione del Panorama dei Rischi Agricoli

Il concetto di rischio in agricoltura ha subito una profonda evoluzione negli ultimi decenni, ampliandosi da una visione tradizionalmente focalizzata sui rischi di produzione a una comprensione multidimensionale che include rischi climatici, di mercato, tecnologici, normativi, sanitari e reputazionali . I rischi sistemici, caratterizzati dalla loro capacità di colpire simultaneamente ampie aree geografiche e molteplici settori produttivi, hanno acquisito particolare rilevanza in un contesto di crescente interconnessione globale .

I rischi climatici sono diventati sempre più predominanti, con eventi estremi che causano perdite agricole stimate in oltre 5 miliardi di euro annui in Europa . La frequenza delle siccità è aumentata del 40% negli ultimi due decenni, mentre le precipitazioni eccessive e le grandinate hanno registrato incrementi del 25% e 30% rispettivamente . Questi fenomeni non colpiscono uniformemente il territorio: le regioni meridionali sono più esposte a siccità e ondate di calore, mentre quelle settentrionali subiscono maggiormente l'impatto di alluvioni e gelate tardive .

I rischi di mercato si sono intensificati a causa della crescente integrazione dei mercati agricoli globali e della finanziarizzazione delle commodity agricole . La volatilità dei prezzi delle principali colture è aumentata del 60% rispetto agli anni '90, creando significative difficoltà nella pianificazione aziendale e negli investimenti di lungo periodo . La concentrazione crescente della distribuzione alimentare e la complessità delle catene del valore hanno inoltre introdotto nuovi rischi legati alla dipendenza da pochi operatori chiave .

I rischi tecnologici e normativi emergono dalla rapida evoluzione del quadro regolamentare europeo e nazionale, che richiede continui adattamenti nelle pratiche produttive e gestionali . L'introduzione di nuove normative ambientali, di sicurezza alimentare e di benessere animale crea incertezze regolatorie che si traducono in costi di compliance e rischi di non conformità .

6.1.4 L'Insufficienza degli Approcci Tradizionali

Gli strumenti tradizionali di gestione del rischio agricolo, sviluppati in contesti di relativa stabilità climatica e normativa, mostrano crescenti limitazioni nell'affrontare la complessità e l'interconnessione dei rischi contemporanei . Le assicurazioni agricole convenzionali, basate sulla valutazione ex-post dei danni, sono caratterizzate da costi elevati, procedure complesse, tempi di liquidazione lunghi e problematiche di moral hazard e selezione avversa . La copertura assicurativa rimane inoltre limitata a specifiche tipologie di eventi e colture, lasciando scoperti importanti segmenti del rischio agricolo .

Le strategie aziendali di diversificazione e autoassicurazione, pur mantenendo la loro validità, si rivelano insufficienti di fronte a rischi sistemici che colpiscono simultaneamente diverse colture e territori . La frammentazione degli strumenti disponibili e la mancanza di coordinamento tra livelli nazionale, regionale e aziendale compromette l'efficacia complessiva del sistema di gestione del rischio .

6.1.5 La Necessità di un Approccio Olistico e Innovativo

La complessità e l'interconnessione dei rischi contemporanei richiedono un cambio di paradigma verso approcci olistici che integrino strumenti tradizionali e innovativi, considerando simultaneamente le dimensioni economiche, ambientali, sociali e tecnologiche della gestione del rischio . L'approccio olistico riconosce che la resilienza dei sistemi agricoli non può essere costruita attraverso singoli strumenti, ma richiede portafogli integrati di soluzioni che si rafforzino reciprocamente .

Questo nuovo paradigma implica il superamento della tradizionale distinzione tra gestione del rischio e sostenibilità, verso una visione integrata che considera la sostenibilità stessa come elemento fondamentale della resilienza di lungo periodo . Le pratiche agroecologiche, gli strumenti finanziari innovativi, le tecnologie digitali e i meccanismi di governance partecipativa devono essere coordinati in strategie coerenti e adattive .

6.1.6 Innovazioni Emergenti e Opportunità Tecnologiche

Il panorama degli strumenti di gestione del rischio sta rapidamente evolvendo grazie all'emergere di tecnologie innovative che offrono nuove possibilità di monitoraggio, previsione e trasferimento del rischio . Le assicurazioni parametriche o indicizzate, che collegano i pagamenti a indici climatici oggettivi piuttosto che alle perdite effettive, promettono di ridurre i costi di transazione e accelerare i tempi di liquidazione . Tuttavia, la loro efficacia dipende dalla capacità di minimizzare il "basis risk", ovvero il rischio che l'indice non rifletta accuratamente le perdite reali dell'agricoltore .

I **fondi mutualistici** rappresentano un'altra innovazione significativa, basata sulla condivisione collettiva del rischio tra agricoltori che operano in settori o territori simili . Questi strumenti possono coprire rischi non assicurabili dalle polizze tradizionali e promuovere pratiche di gestione del rischio collaborativa .

Le **tecnologie digitali** - inclusi sensori IoT, satelliti, droni, intelligenza artificiale e blockchain - stanno rivoluzionando le capacità di monitoraggio in tempo reale delle condizioni colturali e ambientali, consentendo una gestione del rischio più precisa e tempestiva . L'integrazione di big data climatici, produttivi e di mercato apre nuove possibilità per la costruzione di modelli predittivi avanzati e sistemi di allerta precoce .

6.1.7 Il Contesto Istituzionale: La PAC 2023-2027 e le Nuove Opportunità

La Politica Agricola Comune per il periodo 2023-2027 ha introdotto significative innovazioni negli strumenti di gestione del rischio, riflettendo il riconoscimento dell'importanza crescente di questa dimensione per la sostenibilità del settore agricolo europeo . Il nuovo quadro normativo prevede maggiore flessibilità per gli Stati membri nella progettazione di strumenti di gestione del rischio, aprendo spazi per sperimentazioni innovative e personalizzazioni territoriali .

Il **Fondo Nazionale per il Rischio in Agricoltura (AgriCat)** rappresenta una delle principali novità del Piano Strategico Nazionale italiano, fornendo una copertura di secondo livello per eventi catastrofici che superano le capacità delle assicurazioni private . L'**Income Stabilisation Tool (IST)** offre possibilità di stabilizzazione del reddito attraverso meccanismi mutualistici, mentre la maggiore integrazione tra primo e secondo pilastro della PAC consente approcci più coordinati alla gestione del rischio .

6.1.8 Sfide Comportamentali e Sociali nell'Adozione di Strumenti Innovativi

L'efficacia degli strumenti di gestione del rischio dipende criticamente dalla loro adozione da parte degli agricoltori, processo influenzato da fattori economici, psicologici, sociali e culturali spesso trascurati nella progettazione delle politiche . La ricerca comportamentale ha evidenziato come le decisioni degli agricoltori siano influenzate da euristiche cognitive, percezioni soggettive del rischio, preferenze temporali e dinamiche sociali che possono divergere significativamente dalle assunzioni di razionalità economica .

La **fiducia** nelle istituzioni e negli intermediari emerge come fattore cruciale per l'adozione di strumenti innovativi, particolarmente importante in contesti caratterizzati da elevata

incertezza e asimmetrie informative . Le reti sociali e i meccanismi di apprendimento peer-to-peer giocano ruoli determinanti nella diffusione delle innovazioni, suggerendo l'importanza di strategie di comunicazione e formazione che sfruttino le dinamiche comunitarie esistenti .

6.1.9 Metodologie di Ricerca e Approcci Multidisciplinari

La complessità dei fenomeni oggetto di studio richiede l'adozione di metodologie di ricerca innovative che integrino approcci quantitativi e qualitativi, analisi micro e macro-economiche, modellistica economica e valutazioni comportamentali . L'economia sperimentale offre strumenti preziosi per testare l'efficacia di diversi meccanismi di gestione del rischio in condizioni controllate, mentre le tecniche di machine learning consentono di analizzare grandi dataset con pattern complessi .

Le **metodologie di valutazione d'impatto** basate su identificazione causale sono essenziali per distinguere gli effetti delle politiche da altri fattori confondenti, particolarmente importanti in contesti caratterizzati da molteplici interventi simultanei . L'integrazione di modellistica bio-economica con analisi comportamentali consente di costruire scenari più realistici degli impatti delle politiche a livello aziendale e territoriale .

6.1.10 Obiettivi e Struttura del Progetto SUS-RISK

In questo contesto di sfide crescenti e opportunità emergenti si inserisce il progetto PRIN 2020 "Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture - SUS-RISK", che rappresenta un'iniziativa di ricerca ambiziosa e multidisciplinare per sviluppare soluzioni innovative e integrate alla gestione del rischio agricolo. Il progetto, coordinato dall'Università degli Studi della Tuscia e realizzato in collaborazione con l'Università degli Studi di Padova, l'Università degli Studi di Trento, l'Università di Foggia e l'Università Cattolica del Sacro Cuore, adotta un approccio veramente olistico che integra competenze economiche, agronomiche, tecnologiche, comportamentali e di policy.

L'**architettura del progetto** è strutturata in cinque Work Package interconnessi che coprono l'intero spettro della gestione del rischio agricolo: dalla qualificazione e quantificazione del rischio (WP1) all'analisi dei fattori comportamentali nell'adozione di strumenti innovativi (WP2), dalla spiegazione delle scelte di gestione del rischio (WP3) alla progettazione di strumenti innovativi (WP4), fino alla valutazione delle implicazioni di nuove politiche e scenari di rischio (WP5).

La **metodologia integrata** del progetto combina analisi empiriche su dataset micro e macro-economici, esperimenti economici sul campo, modellistica bio-economica, tecniche di machine learning, analisi comportamentali e valutazioni d'impatto causale. Questa pluralità di approcci consente di affrontare la complessità del problema da multiple prospettive, garantendo robustezza e rilevanza pratica dei risultati.

L'**orientamento applicativo** del progetto è evidente nella stretta collaborazione con stakeholder del settore agricolo, enti territoriali, compagnie assicurative e istituzioni di policy, che garantisce la traduzione dei risultati della ricerca in raccomandazioni operative e strumenti concreti per la gestione del rischio.

Il progetto SUS-RISK si propone quindi di contribuire significativamente all'avanzamento delle conoscenze scientifiche sulla gestione del rischio agricolo, fornendo al contempo strumenti operativi per agricoltori, policy maker e altri stakeholder del settore. L'approccio olistico adottato riflette la convinzione che solo attraverso l'integrazione di competenze multidisciplinari e la collaborazione tra ricerca, istituzioni e settore privato sia possibile costruire sistemi agricoli veramente resilienti e sostenibili, capaci di affrontare le sfide del XXI secolo garantendo sicurezza alimentare, sostenibilità ambientale e vitalità economica delle comunità rurali.

6.2 Sintesi dei Principali Risultati

6.2.1 Qualificazione e Quantificazione del Rischio

Il Work Package 1 ha fornito contributi fondamentali per l'avanzamento delle metodologie di identificazione, caratterizzazione e misurazione del rischio agricolo. L'analisi empirica condotta ha evidenziato come i cambiamenti climatici stiano modificando profondamente il profilo di rischio dell'agricoltura italiana, con un aumento significativo della frequenza e dell'intensità degli eventi climatici estremi negli ultimi due decenni.

I risultati mostrano che nel periodo 2006-2020, l'Italia ha registrato 1.482 eventi alluvionali, 2.557 episodi di siccità moderata e 48.403 episodi di gelo, con una distribuzione territoriale fortemente eterogenea. Le province del Nord Italia risultano più esposte ad alluvioni e gelate, mentre il Centro-Sud e le isole sono maggiormente vulnerabili alla siccità. Questa mappatura territoriale del rischio rappresenta un contributo essenziale per la progettazione di strumenti di gestione del rischio personalizzati e territorialmente specifici.

Un aspetto particolarmente innovativo del WP1 è l'applicazione dell'approccio moment-based per l'analisi degli effetti degli input produttivi su diverse dimensioni del rischio. I risultati dell'analisi su aziende cerealicole italiane (2008-2019) hanno rivelato che i pesticidi agiscono come input risk-reducing, riducendo la varianza complessiva ma aumentando il downside risk. Questo risultato ha implicazioni cruciali per le politiche di riduzione dei pesticidi previste dalla strategia Farm-to-Fork dell'UE, suggerendo la necessità di accompagnare tali politiche con strumenti di gestione del rischio mirati.

Work Package 2: Fattori Comportamentali nell'Adozione di Strumenti di Gestione del Rischio

Il Work Package 2 ha apportato contributi significativi alla comprensione dei meccanismi comportamentali e cognitivi che influenzano le decisioni degli agricoltori nell'adozione di strumenti di gestione del rischio. Attraverso esperimenti economici sul campo e analisi sistematiche della letteratura, il progetto ha dimostrato l'importanza di integrare prospettive dell'economia comportamentale nell'analisi delle politiche agricole.

Gli esperimenti condotti con melicoltori trentini e produttori di pomodoro del Nord Italia hanno rivelato pattern interessanti nell'effetto delle euristiche cognitive sulla disponibilità a pagare per strumenti come l'Income Stabilisation Tool (IST) e le assicurazioni index-based. In particolare, l'attivazione dell euristica della disponibilità attraverso il richiamo di esperienze personali di perdita ha aumentato significativamente la WTP per l'IST, suggerendo che strategie di comunicazione personalizzate possono essere più efficaci di campagne informative generiche.

Tuttavia, un risultato altrettanto significativo è che l'effetto delle euristiche cognitive è transitorio e può essere "corretto" dalla comunicazione di informazioni oggettive sui costi reali. Questo implica che, mentre le euristiche possono influenzare le percezioni iniziali del rischio, decisioni informate e trasparenti possono mitigare distorsioni cognitive, sottolineando l'importanza della qualità dell'informazione nei processi decisionali agricoli.

Work Package 3: Spiegazione delle Scelte di Gestione del Rischio

Il Work Package 3 ha sviluppato un approccio metodologico innovativo per l'analisi e la previsione delle scelte di gestione del rischio, integrando tecniche di machine learning con analisi econometriche causali e framework teorici comportamentali. La valutazione comparativa tra metodologie di machine learning e tecniche econometriche tradizionali ha dimostrato

la superiorità predittiva degli approcci ML, specialmente in contesti caratterizzati da alta dimensionalità e distribuzioni complesse tipiche dei dati agricoli.

L'applicazione del framework Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) al contesto agricolo rappresenta un'innovazione teorica significativa. I risultati mostrano che la Performance Expectancy e la Social Influence emergono come predittori chiave dell'intenzione di adozione per le assicurazioni indicizzate, mentre per i fondi mutualistici la Social Influence risulta l'unico fattore significativo. Questi risultati sottolineano l'importanza delle reti sociali e della fiducia nella diffusione delle innovazioni agricole.

Un contributo particolarmente rilevante del WP3 è l'analisi causale delle conseguenze non intenzionali dell'assicurazione agricola sovvenzionata. Utilizzando tecniche avanzate di difference-in-differences, l'analisi ha rivelato la presenza di moral hazard pervasivo, con riduzioni persistenti di reddito e produttività nelle aziende assicurate. Questo risultato evidenzia la necessità di progettare meccanismi assicurativi che allineino gli incentivi con pratiche agricole sostenibili ed efficienti.

Work Package 4: Fattibilità e Progettazione di Strumenti Innovativi

Il Work Package 4 ha fornito un'analisi approfondita della fattibilità tecnica, economica e operativa di strumenti innovativi di gestione del rischio, con particolare attenzione alle assicurazioni indicizzate su indici climatici e alle coperture per eventi catastrofici. L'analisi del frumento duro come caso studio ha dimostrato come la calibrazione degli indici sulle fasi fenologiche delle colture e l'utilizzo di Growing Degree Days possano ridurre significativamente il basis risk e migliorare l'efficacia delle assicurazioni indicizzate.

I risultati evidenziano che il frumento duro è particolarmente vulnerabile a temperature minime inferiori a 0°C durante le fasi iniziali, ondate di calore superiori a 34°C durante fioritura e maturazione, e precipitazioni eccessive nella fase di maturazione. Questa caratterizzazione dettagliata della sensibilità climatica fornisce le basi scientifiche per la progettazione di prodotti assicurativi più precisi e affidabili.

L'analisi del programma AgriCat ha rivelato significative criticità operative nei primi anni di implementazione, tra cui ritardi nei risarcimenti, complessità burocratiche e incertezza sui livelli di compensazione. Questi risultati sottolineano l'importanza di semplificare le procedure, aumentare la trasparenza e migliorare la governance per ripristinare la fiducia degli agricoltori negli strumenti di gestione del rischio pubblici.

Work Package 5: Implicazioni di Nuove Politiche e Strumenti

Il Work Package 5 ha esplorato le complesse interazioni tra strumenti di gestione del rischio, obiettivi di sostenibilità ambientale e scelte produttive degli agricoltori. L'analisi dei contratti di filiera attraverso il framework Technology-Organization-Environment (TOE) ha identificato la compatibilità percepita, l'utilità per la gestione del rischio, il supporto del management aziendale e la pressione normativa come i principali determinanti dell'intenzione di adozione.

Un risultato particolarmente significativo riguarda la relazione tra assicurazioni agricole e uso di pesticidi. L'analisi empirica condotta sulla melicoltura italiana ha rivelato che l'adozione di assicurazioni agevolate è associata a un aumento significativo della spesa per pesticidi (+3,79 euro/ha), confermando l'ipotesi di moral hazard ambientale. Questo risultato evidenzia un potenziale conflitto tra obiettivi di stabilizzazione del reddito e sostenibilità ambientale, suggerendo la necessità di politiche integrate che colleghino i sussidi assicurativi a pratiche di riduzione degli input chimici.

Le simulazioni condotte attraverso modelli Positive Mathematical Programming (PMP) hanno mostrato che l'introduzione di strumenti innovativi di gestione del rischio può aumentare il reddito netto del 3-6

6.2.2 Contributi Metodologici e Innovazioni Scientifiche

Il progetto SUS-RISK ha apportato diversi contributi metodologici significativi al campo della gestione del rischio agricolo. L'integrazione di approcci quantitativi avanzati con analisi comportamentali rappresenta uno dei principali punti di forza del progetto, offrendo una comprensione più completa e realistica dei processi decisionali degli agricoltori.

L'applicazione dell'approccio moment-based per l'analisi degli effetti degli input su diverse dimensioni del rischio (media, varianza, semi-varianza negativa, skewness) ha permesso di superare le limitazioni degli approcci tradizionali che si concentrano solo sulla varianza come misura del rischio. Questa metodologia ha rivelato effetti differenziati degli input su diverse componenti del rischio, fornendo insights cruciali per la progettazione di politiche agricole che bilancino efficacemente obiettivi produttivi e di gestione del rischio.

L'introduzione del framework UTAUT nell'analisi dell'adozione di strumenti finanziari agricoli rappresenta un'innovazione teorica importante. La validazione empirica di questo framework nel contesto agricolo apre nuove prospettive per la ricerca comportamentale e fornisce strumenti operativi per migliorare la progettazione e la diffusione di strumenti di gestione del rischio.

Il confronto sistematico tra tecniche di machine learning e metodologie econometriche tradizionali ha dimostrato come gli approcci ML possano offrire vantaggi significativi in termini di accuratezza predittiva, specialmente in contesti caratterizzati da alta dimensionalità e distribuzioni complesse. Tuttavia, il progetto ha anche evidenziato il trade-off tra accuratezza predittiva e interpretabilità, sottolineando la necessità di approcci ibridi che combinino la potenza predittiva del ML con la trasparenza delle metodologie tradizionali.

L'uso di tecniche causali avanzate, come gli stimatori difference-in-differences di de Chaisemartin e D'Haultfoeulle, ha permesso di identificare effetti causali robusti delle politiche assicurative, superando i problemi di endogeneità e selezione che spesso affliggono gli studi empirici in questo campo.

6.2.3 Implicazioni per le Politiche Agricole

I risultati del progetto SUS-RISK hanno importanti implicazioni per la progettazione e l'implementazione di politiche agricole a livello nazionale ed europeo. L'evidenza dell'eterogeneità territoriale dei rischi climatici sottolinea la necessità di personalizzare gli strumenti di gestione del rischio in base alle specificità locali, superando approcci one-size-fits-all che possono risultare inefficaci o inefficienti.

La constatazione di moral hazard pervasivo negli schemi assicurativi sovvenzionati suggerisce la necessità di ripensare i meccanismi di incentivazione, collegando le compensazioni a pratiche di gestione sostenibile e introducendo meccanismi di monitoraggio più stringenti. Le politiche future dovrebbero promuovere l'allineamento tra incentivi assicurativi e obiettivi di sostenibilità ambientale, evitando che i sussidi pubblici incentivino comportamenti produttivi meno sostenibili.

L'importanza delle reti sociali e della fiducia nell'adozione di strumenti innovativi evidenzia la necessità di investire in programmi di formazione peer-led e strategie di comunicazione che sfruttino le dinamiche sociali esistenti. Le campagne di promozione degli strumenti di gestione

del rischio dovrebbero essere progettate tenendo conto dei fattori comportamentali identificati, utilizzando narrazioni personalizzate e testimonianze dirette piuttosto che informazioni aggregate.

La relazione identificata tra assicurazioni e uso di pesticidi richiede un ripensamento delle politiche di sostenibilità ambientale. Le future strategie dovrebbero integrare obiettivi di riduzione degli input chimici con strumenti di gestione del rischio, attraverso meccanismi che condizionino i sussidi assicurativi all'adozione di pratiche di difesa integrata o biologica.

Le criticità operative identificate nel programma AgriCat suggeriscono la necessità di semplificare le procedure burocratiche, migliorare la trasparenza dei processi decisionali e rafforzare la governance attraverso una maggiore partecipazione degli stakeholder. La transizione da copertura di primo rischio a copertura di secondo rischio potrebbe migliorare l'efficacia del sistema e favorire una maggiore integrazione con le assicurazioni private.

6.2.4 Sfide e Limitazioni

Nonostante i significativi contributi del progetto, è importante riconoscere alcune limitazioni e sfide che richiedono ulteriori approfondimenti. La rappresentatività geografica e settoriale dei campioni utilizzati negli studi empirici, sebbene accuratamente selezionati, potrebbe limitare la generalizzabilità dei risultati ad altri contesti territoriali e culturali.

La complessità delle interazioni tra strumenti di gestione del rischio, pratiche produttive e obiettivi di sostenibilità richiede modelli analitici sempre più sofisticati, che possano catturare le non-linearità e le dinamiche temporali di questi processi. Le metodologie sviluppate nel progetto rappresentano un importante passo avanti, ma necessitano di ulteriori raffinamenti e validazioni su scale temporali e geografiche più ampie.

La misurazione degli effetti comportamentali e cognitivi rimane una sfida metodologica significativa. Sebbene gli esperimenti condotti abbiano fornito evidenze robuste, la traduzione di questi risultati in contesti reali e su scale più ampie richiede ulteriori ricerche che integrino metodologie sperimentali e osservazionali.

Il basis risk nelle assicurazioni indicizzate, sebbene significativamente ridotto attraverso la calibrazione fenologica e territoriale, rimane una limitazione importante che può influenzare l'adozione e l'efficacia di questi strumenti. Lo sviluppo di indici più sofisticati e l'integrazione di multiple fonti di dati rappresentano direzioni promettenti ma tecnicamente impegnative.

6.2.5 Prospettive Future e Direzioni di Ricerca

Il progetto SUS-RISK ha aperto diverse direzioni promettenti per la ricerca futura sulla gestione del rischio agricolo. L'integrazione crescente di tecnologie digitali, sensori IoT, intelligenza artificiale e blockchain offre opportunità senza precedenti per personalizzare e ottimizzare gli strumenti di gestione del rischio in tempo reale.

Lo sviluppo di modelli predittivi che incorporino fattori comportamentali rappresenta una frontiera importante per migliorare l'accuratezza delle previsioni e la progettazione di politiche. L'integrazione di big data provenienti da multiple fonti (climatiche, produttive, economiche, sociali) può consentire la costruzione di sistemi di supporto alle decisioni più sofisticati e personalizzati.

La ricerca futura dovrebbe esplorare più approfonditamente le dinamiche temporali degli effetti delle politiche di gestione del rischio, con particolare attenzione agli impatti di lungo periodo sulla struttura del settore, l'innovazione tecnologica e la sostenibilità ambientale. Studi longitudinali che seguano le aziende agricole per periodi prolungati potrebbero fornire insights cruciali sull'evoluzione dei comportamenti e delle strategie di gestione del rischio.

L'estensione dell'analisi ad altri settori produttivi e contesti geografici rappresenta una priorità per validare la generalizzabilità dei risultati e sviluppare framework teorici più robusti. La collaborazione internazionale può facilitare studi comparativi che identifichino best practices e meccanismi di trasferimento di conoscenze tra diverse realtà agricole.

Lo sviluppo di strumenti di gestione del rischio che integrino esplicitamente obiettivi di sostenibilità ambientale e sociale rappresenta una direzione di ricerca cruciale per allineare le politiche agricole con gli obiettivi del Green Deal europeo e dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile.

6.2.6 Considerazioni Finali

Il progetto PRIN 2020 "Towards a Holistic Approach to Sustainable Risk Management in Agriculture - SUS-RISK" ha rappresentato un contributo significativo all'avanzamento delle conoscenze scientifiche e alla progettazione di politiche pubbliche nel campo della gestione del rischio agricolo. L'approccio olistico adottato, che ha integrato competenze multidisciplinari e metodologie innovative, ha permesso di affrontare la complessità dei rischi agricoli contemporanei in modo comprensivo e sistemico.

I risultati ottenuti dimostrano che la gestione efficace del rischio agricolo richiede un approccio integrato che consideri simultaneamente aspetti tecnici, economici, comportamentali e ambientali. Non esiste una soluzione unica o semplice ai problemi di gestione del rischio, ma piuttosto la necessità di sviluppare portafogli di strumenti personalizzati, flessibili e adattivi che possano rispondere alla diversità e alla dinamicità delle sfide agricole contemporanee.

La collaborazione tra istituzioni di ricerca, l'integrazione di metodologie quantitative e qualitative, e l'attenzione costante alle implicazioni pratiche e di policy hanno rappresentato i punti di forza distintivi del progetto. Questo approccio collaborativo e multidisciplinare dovrebbe servire da modello per future iniziative di ricerca nel campo della gestione del rischio agricolo.

L'impatto del progetto si estende oltre l'ambito puramente scientifico, fornendo strumenti operativi e raccomandazioni concrete per agricoltori, assicuratori, policy maker e altri stakeholder del settore. Il trasferimento di conoscenze dalla ricerca alla pratica rappresenta un valore aggiunto fondamentale che può contribuire concretamente al rafforzamento della resilienza e della sostenibilità del sistema agricolo italiano ed europeo.

In un contesto di crescente incertezza climatica e di transizione verso sistemi agricoli più sostenibili, i contributi del progetto SUS-RISK offrono basi solide per affrontare le sfide future, promuovendo un'agricoltura più resiliente, innovativa e sostenibile. La continua evoluzione del settore richiederà un impegno costante nella ricerca, nell'innovazione e nella collaborazione tra tutti gli attori coinvolti, costruendo su quanto realizzato e guardando con fiducia e determinazione alle sfide e alle opportunità che ci attendono.

La gestione sostenibile del rischio agricolo non è solo una necessità tecnica o economica, ma rappresenta una responsabilità collettiva verso le generazioni future, per garantire la sicurezza alimentare, la tutela dell'ambiente e la vitalità delle comunità rurali. Il progetto SUS-RISK ha contribuito a tracciare la strada verso questo obiettivo ambizioso ma necessario, fornendo conoscenze, strumenti e prospettive che potranno guidare l'evoluzione del settore agricolo nei prossimi decenni.

Bibliografia

- Daniel A. Akerberg, Kevin Caves, and Garth Frazer. Identification properties of recent production function estimators. *Econometrica*, 83(6):2411–2451, November 2015. ISSN 0012-9682. doi: 10.3982/ecta13408.
- R. Angelini. *Coltura & cultura. Il grano*. ART SpA - Bologna, 2007.
- John M. Antle. Testing the stochastic structure of production: A flexible moment-based approach. *Journal of Business and Economic Statistics*, 1(3):192–201, jul 1983.
- John M. Antle. Econometric Estimation of Producers’ Risk Attitudes. *American Journal of Agricultural Economics*, 69(3):509–522, 1987.
- John M. Antle. Asymmetry, partial moments and production risk. *American Journal of Agricultural Economics*, 92(5):1294–1309, 2010.
- L. Arata, S. Cerroni, F. G. Santeramo, S. Trestini, and S. Severini. Towards a holistic approach to sustainable risk management in agriculture in the eu: a literature review. *Bio-Based and Applied Economics*, 12(3):165–182, 2023.
- W. Athukorala, B. L. Lee, C. Wilson, H. Fujii, and S. Managi. Measuring the impact of pesticide exposure on farmers’ health and farm productivity. *Economic Analysis and Policy*, 77:851–862, 2023.
- B. A. Babcock. Using cumulative prospect theory to explain anomalous crop insurance coverage choice. *American Journal of Agricultural Economics*, 97(5):1371–1384, 2015.
- B. A. Babcock, E. Lichtenberg, and D. Zilberman. Impact of damage control and quality of output: estimating pest control effectiveness. *American Journal of Agricultural Economics*, 74(1):163–172, 1992.
- J. Baffes and T. Haniotis. Placing the 2006/08 commodity price boom into perspective. *World Bank Policy Research Working Paper*, 5371, 2010.
- R. Baldoni and L. Giardini. *Coltivazioni erbacee. Cereali e proteaginose*. In: Toderi, G., D’Antuono L.F., *Frumento (Triticum sp.pl.)*. Patron Editore, 2000.
- Marc F. Bellemare. As you sow, so shall you reap: the welfare impacts of contract farming. *World Development*, 40(7):1418–1434, July 2012. ISSN 0305-750X. doi: 10.1016/j.worlddev.2011.12.008.
- M. S. Bellini. Risk management policy in Italy. In *Agricultural Insurance in the Current Climate Context: Situation and Prospect*. October 2023.
- Luigi Biagini and Simone Severini. How does the farmer strike a balance between income and risk across inputs? an application in Italian field crop farms. *Sustainability*, 14(23):16098, 2022. doi: 10.3390/su142316098.

- D. Bougherara, X. Gassmann, L. Piet, and A. Reynaud. Structural estimation of farmers' risk and ambiguity preferences: a field experiment. *European Review of Agricultural Economics*, 44(5):782–808, 2017.
- J. Bucheli, T. Dalhaus, and R. Finger. Temperature effects on crop yields in heat index insurance. *Food Policy*, 107:102214, 2022.
- Janic Bucheli, Tobias Dalhaus, and Robert Finger. The optimal drought index for designing weather index insurance. *European Review of Agricultural Economics*, 48(3):573–597, September 2020. ISSN 1464-3618. doi: 10.1093/erae/jbaa014.
- D. Bullock and S. Steinbach. Economic consequences of capping premiums in crop insurance. *Farmdoc Daily*, 13(102), 2023.
- E. Bulte and R. Lensink. Agricultural risk and insurance: A review. *Annual Review of Resource Economics*, 14:299–324, 2022.
- Fabian Capitanio. Risk, uncertainty, crises management and public intervention in agriculture. *Rivista di Economia Agraria*, 77(2):3–14, August 2022. ISSN 0035-6190. doi: 10.36253/rea-13774.
- S. Cerroni. Eliciting farmers' subjective probabilities, risk, and uncertainty preferences using contextualized field experiments. *Agricultural Economics*, 51:707–724, 2020.
- S. Cerroni and R. Rippo. Subjective probabilities and farmers' decision-making in developing countries. In Kumbhakar S.C. Lien G. Mishra, A., editor, *Managing risk in Agriculture: A Development Perspective*. CABI books, 2023.
- Carlos Cinelli and Chad Hazlett. Making sense of sensitivity: Extending omitted variable bias. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 82(1):39–67, 2020.
- Charles W. Cobb and Paul H. Douglas. A theory of production. *American Economic Review*, 18:139–165, 1928.
- Gorodnichenko Y. Weber M. Coibion, O. The cost of the covid-19 crisis. *National Bureau of Economic Research*, May 2020. doi: 10.3386/w27141.
- A. Coletta, E. Giampietri, F. G. Santeramo, S. Severini, and S. Trestini. A preliminary test on risk and ambiguity attitudes, and time preferences in decisions under uncertainty: towards a better explanation of participation in crop insurance schemes. *Bio-based and Applied Economics*, 7(3):265–277, 2018.
- S. Conradt, R. Finger, and R. Bokusheva. Tailored to the extremes: quantile regression for index-based insurance contract design. *Agricultural Economics*, 46(4):537–547, 2015.
- J. Cordier and F. G. Santeramo. Mutual funds and the income stabilisation tool in the eu: Retrospect and prospects. *EuroChoices*, 19(1):53–58, 2020.
- R. Croy and R. Finger. Risk management in european agriculture: The role and effectiveness of insurance and other tools. *Agricultural Systems*, 205:103558, 2023.
- T. Dalhaus, O. Musshoff, and R. Finger. Phenology information contributes to reduce temporal basis risk in agricultural weather index insurance. *Scientific Reports*, 8(1):46, 2018.
- T. Dalhaus, B. J. Barnett, and R. Finger. Behavioral weather insurance: Applying cumulative prospect theory to agricultural insurance design under narrow framing. *PLoS ONE*, 15(5): e0232267, 2020.

- Clément de Chaisemartin and Xavier D'Haultfoeuille. Difference-in-Differences Estimators of Intertemporal Treatment Effects. *Review of Economics and Statistics*, pages 1–45, July 2024. ISSN 0034-6535. doi: 10.1162/rest_a_01414. URL https://github.com/chaisemartinPackages/did_multiplegt_dynhttps://github.com/chaisemartinPackages.
- T. Dias and et al. Pesticide use and environmental impacts in europe. *Science of the Total Environment*, 857:159353, 2023.
- A. Duden, G. Enjolras, and R. Finger. Heuristics in agricultural decision-making: A review. *European Review of Agricultural Economics*, 49(3):429–463, 2023.
- G. Enjolras, F. Capitanio, and F. Adinolfi. Direct payments and risk management schemes: Evidence from french and italian farms. *European Review of Agricultural Economics*, 39(4): 539–557, 2012.
- Geoffroy Enjolras and Magali Aubert. How does crop insurance influence pesticide use? evidence from french farms. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies*, 101(4):461–485, November 2020. ISSN 2425-6897. doi: 10.1007/s41130-020-00129-5.
- European Commission. Annual report on the implementation of the eafrd. 2018.
- European Parliamentary Research Service. Income stabilisation tool in the cap post-2020. 2016.
- FAO. Agricultural risk management tools, 2019.
- M. Farooq, M. Hussain, and K.H. Siddique. Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33(4):331–349, 2014.
- H. Feng, X. Du, and D. A. Hennessy. Depressed demand for crop insurance contracts, and a rationale based on third generation prospect theory. *Agricultural Economics*, 51(1):59–73, 2021.
- C. Fezzi, L. Menapace, and R. Raffaelli. Estimating risk preferences integrating insurance choices with subjective beliefs. *European Economic Review*, 135:103717, 2021.
- R. Finger, T. Dalhaus, and O. Musshoff. Risk preferences in agricultural decision making: A meta-analysis. *European Review of Agricultural Economics*, 49(2):237–265, 2022.
- Lawrence Fong and Rob Law. A primer on partial least squares structural equation modeling (pls-sem) - 2nd edition. *European Journal of Tourism Research*, 6(2):211–213, 2017.
- Hemlata Gangwar, Hema Date, and R Ramaswamy. Understanding determinants of cloud computing adoption using an integrated tam-toe model. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(1):107–130, February 2015. ISSN 1741-0398. doi: 10.1108/jeim-08-2013-0065.
- C. Gardebroek and et al. Does risk matter for dutch arable farmers? *European Review of Agricultural Economics*, 37(2):173–191, 2010.
- E. Giampietri and S. Trestini. Analysing farmers’ intention to adopt web marketing under a toe perspective. *Agricultural Economics*, 66(5):226–233, May 2020. ISSN 1805-9295. doi: 10.17221/355/2019-AGRICECON.
- E. Giampietri, X. Yu, and S. Trestini. The role of trust and perceived barriers on farmer’s intention to adopt risk management tools. *Bio-Based and Applied Economics Journal*, 9(1):1–24, 2020.

- J. Glauber, K. Baldwin, J. Antón, and U. Ziebinska. Design principles for agricultural risk management policies. Technical Report 157, OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, May 2021.
- J. W. Glauber. The growth of the federal crop insurance program, 1990–2011. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2):482–488, 2013.
- B. Gong and et al. Pesticide use and risk management in chinese agriculture. *China Economic Review*, 37:21–33, 2016.
- B. K. Goodwin and T. C. Schroeder. Human capital, producer education programs, and the adoption of forward-pricing methods. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(4): 936–947, November 1994. ISSN 1467-8276. doi: 10.2307/1243753.
- B. K. Goodwin, M. L. Vandever, and J. L. Deal. An empirical analysis of acreage effects of participation in the federal crop insurance program. *American Journal of Agricultural Economics*, 86(4):1058–1077, 2004.
- V Goodwin and B. Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use.
- Jens Hainmueller. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. *Political analysis*, 20(1):25–46, 2012.
- J. F. Hair, G. T. M. Hult, C. Ringle, and M. Sarstedt. A primer on partial least squares structural equation modeling (pls-sem), 2nd ed. 2017.
- J.F. Hair, W.C. Black, B.J. Babin, and R.E. Anderson. *Multivariate Data Analysis*. Cengage Learning, 2019.
- Lars Peter Hansen. Large sample properties of generalized method of moments estimators. *Econometrica: Journal of the econometric society*, pages 1029–1054, 1982.
- Joy L Harwood. *Managing risk in farming: concepts, research, and analysis*. Number 774. US Department of Agriculture, ERS, 1999.
- J. He, X. Zheng, R. Rejesus, and J. Yorobe. Input use under cost-of-production crop insurance: Theory and evidence. *Agricultural Economics*, 51(3):343–357, 2020.
- J. K. Horowitz and E. Lichtenberg. Insurance, moral hazard, and chemical use in agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 75(4):926–935, 1993.
- R. E. Howitt. Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics*, 77(2):329–342, 1995.
- H. Hu, A. Cao, S. Chen, and H. Li. Effects of risk perception of pests and diseases on tea farmers’ green control techniques adoption. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14):8465, 2022.
- R. Huber, H. Xiong, K. Keller, and R. Finger. Bridging behavioural factors and standard bio-economic modelling in an agent-based modelling framework. *Journal of Agricultural Economics*, 73:35–63, 2022.
- B. H. Hurd. Yield response to insecticides: Statistical models and interpretation. *American Journal of Agricultural Economics*, 76(2):446–452, 1994.
- ISMEA. The national mutual fund against catastrophic events, 2023. <https://www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/1%252F5%252F3%252FD.319bbf55ea5a072806d8/P/BLOB%3AID%3D12034/E/pdf?mode=download>.

- ISMEA. Ismea report on risk management in agriculture 2024, 2024. <https://www.ismea.it/flex/cm/pages/ServeAttachment.php/L/IT/D/1%252F5%252Fb%252FD.f1ef221deade3db81b10/P/BLOB%3AID%3D12935/E/pdf?mode=download>.
- R. E. Just, L. Calvin, and J. Quiggin. Adverse selection in crop insurance: Actuarial and asymmetric information incentives. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(4): 834–849, 1999.
- Richard E. Just and Rulon D. Pope. Stochastic specification of production functions and economic implications. *Journal of Econometrics*, 7(1):67–86, February 1978. ISSN 0304-4076. doi: 10.1016/0304-4076(78)90006-4.
- Richard E. Just and Rulon D. Pope. Production function estimation and related risk considerations. *American Journal of Agricultural Economics*, 61(2):276–284, May 1979. ISSN 1467-8276. doi: 10.2307/1239732.
- D. Kahneman. Thinking, fast and slow. *Farrar, Straus and Giroux*, 2011.
- D. Kahneman and A. Tversky. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2):263–291, 1979.
- Joseph D.Y. Kang and Joseph L. Schafer. Demystifying double robustness: A comparison of alternative strategies for estimating a population mean from incomplete data. *Statistical Science*, 22(4):523–539, November 2007. ISSN 08834237. doi: 10.1214/07-STS227.
- M. Koenig and M. Brunette. Behavioral factors in agricultural risk management: A review. *Agricultural Economics*, 54(2):201–220, 2023.
- P. Koundouri, C. Nauges, and V. Tzouvelekas. The effects of production risk on the adoption of irrigation technology: a real options approach. *European Review of Agricultural Economics*, 36(4):603–626, 2009.
- S. Lee. A closer look at farm risk analysis innovations, 2025. URL <https://www.numberanalytics.com/blog/innovative-farm-risk-analysis>. Accessed from www.numberanalytics.com.
- S. Lieder and C. Schröter-Schlaack. Smart farming technologies in arable farming: Towards a holistic assessment of opportunities and risks. *Sustainability*, 13(12):6783, 2021.
- L. Menapace, G. Colson, and R. Raffaelli. A comparison of hypothetical risk attitude elicitation instruments for explaining farmer crop insurance purchases. *European Review of Agricultural Economics*, 43:113–135, 2016.
- M. P. Meuwissen, T. T. Assefa, and M. A. P. M. van Asseldonk. Supporting insurance in european agriculture: Experience of mutuals in the netherlands. *EuroChoices*, 12(3):10–16, 2013.
- N. Möhring and et al. Measurement of pesticide use in agriculture: A review of indicators. *Environmental Research Letters*, 14(9):093002, 2019.
- N. Möhring and et al. A framework for pesticide policy evaluation: The case of the eu hazard-based regulation. *Science of the Total Environment*, 747:141303, 2020.
- Niklas Möhring, Tobias Dalhaus, Geoffroy Enjolras, and Robert Finger. Crop insurance and pesticide use in european agriculture. *Agricultural Systems*, 184:102902, September 2020. ISSN 0308-521X. doi: 10.1016/j.agsy.2020.102902.
- M. Michels, O. Musshoff, and M. Hartmann. Application of the technology acceptance model in agricultural risk management. *Agribusiness*, 35(3):388–408, 2019.

- M. Michels, V. Bonke, H. Wever, and O. Musshoff. Understanding farmers' intention to buy alternative fuel tractors in german agriculture applying the unified theory of acceptance and use of technology. *Technological Forecasting and Social Change*, 203:123360, 2024.
- P. Miller, W. Lanier, and S. Brandt. Using growing degree days to predict plant stages. *Montana State University-Bozeman*, 2001.
- M. J. Miranda and J. W. Glauber. Systemic risk, reinsurance, and the failure of crop insurance markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 79(1):206–215, 1997.
- A. K. Mishra and H. S. El-Osta. Risk management through enterprise diversification: A farm-level analysis. *Agricultural Finance Review*, 62:183–198, 2002.
- A. K. Mishra, H. S. El-Osta, and C. L. Sandretto. Factors affecting farm enterprise diversification. *Agricultural Finance Review*, 64(2):151–166, 2004.
- Giancarlo Moschini and David A. Hennessy. Chapter 2 uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers. In *Agricultural Production*, volume 1 of *Handbook of Agricultural Economics*, pages 87–153. Elsevier, 2001. doi: [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(01\)10005-8](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(01)10005-8). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574007201100058>.
- M. Motamed, A. Hungerford, S. Rosch, E. O'Donoghue, M. MacLachlan, G. Astill, and J. Cessna. Federal risk management tools for agricultural producers: An overview. Technical report, 2018.
- K. Mulungu and et al. Risk aversion and risk management in african agriculture. *Food Policy*, 124:102579, 2024.
- T. Čop, S. Cerroni, and M. Njavro. Farmers' acceptance of the income stabilisation tool: a discrete choice experiment application. *European Review of Agricultural Economics*, 50(4): 1520–1546, 2023.
- Q. Paris. *An Economic Interpretation of Positive Mathematical Programming Models*. Springer, 2015.
- J. M. E. Pennings, O. Isengildina-Massa, S. H. Irwin, P. Garcia, and D. L. Good. Producers' complex risk management choices. *Agribusiness*, 24(1):31–54, 2008a.
- Joost M.E. Pennings, Olga Isengildina-Massa, Scott H. Irwin, Philip Garcia, and Darrel L. Good. Producers' complex risk management choices. *Agribusiness*, 24(1):31–54, January 2008b. ISSN 1520-6297. doi: 10.1002/agr.20145.
- C. Penone, E. Giampietri, and S. Trestini. Exploring farmers' intention to adopt marketing contracts: empirical insights using the toe framework. *Agricultural and Food Economics*, 12(1):39, 2024. doi: 10.1186/s40100-024-00333-7.
- F. Pierangeli, R. Cagliero, L. Cesaro, S. Carfi, A. Giampaolo, P. Manzoni, G. Pastorelli, L. Ruscio, A. Scardera, and M. R. P. D'Andrea. Cap 2023-2027: effects of direct payments internal convergence in italy. *Italian Review of Agricultural Economics*, 78(1):87–96, 2023.
- M. Pietrobon. Behavioral risk and insurance demand in agriculture. *Journal of Agricultural Economics*, 75:101–120, 2024.
- M. Regmi, B. C. Briggeman, and A. M. Featherstone. Effects of crop insurance on farm input use: Evidence from kansas farm data. *Agricultural and Resource Economics Review*, 51(2): 361–379, 2022.

- A. Reynaud and S. Couture. Stability of risk preference measures: results from a field experiment on french farmers. *Theory and Decision*, 73:203–221, 2012.
- A. Ricome and A. Reynaud. Marketing contract choices in agriculture: the role of price expectation and price risk management. *Agricultural Economics*, 53(1):170–186, 2021.
- R. Rippo and S. Cerroni. Farmers’ participation in the income stabilisation tool: Evidence from the apple sector in italy. *Journal of Agricultural Economics*, 74(1):273–294, 2023.
- R. Rippo, S. Cerroni, M. Casati, and R. Raffaelli. Too complex to choose? the role of heuristics in shaping farmers’ willingness to pay for income stabilization tool in italy. *Q Open*, 2025. in stampa.
- J. Rommel, D. Hermann, M. Muller, and O. Musshoff. Contextual framing and monetary incentives in field experiments on risk preferences: Evidence from german farmers. *Journal of Agricultural Economics*, 70(2):408–425, 2019.
- C. Saenger, M. Qaim, M. Torero, and A. Viceisza. Contract farming and smallholder incentives to produce high quality: experimental evidence from the vietnamese dairy sector. *Agricultural Economics*, 44(3):297–308, February 2013. ISSN 1574-0862. doi: 10.1111/agec.12012.
- Fabio Gaetano Santeramo, Emilia Lamonaca, Irene Maccarone, and Marco Tappi. Extreme weather events and crop insurance demand. *Heliyon*, 10(7):e27839, April 2024. ISSN 2405-8440. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e27839.
- J. D. Sartwelle, D. A. McCorkle, J. L. Outlaw, and S. L. Klose. Forward contracts, marketing pools, and the small grain producer. *Journal of Agribusiness*, 18(2):195–208, 2000.
- T. Serra, D. Zilberman, B. K. Goodwin, and A. Featherstone. Effects of decoupling on the mean and variability of output. *European Review of Agricultural Economics*, 33:269–288, 2006a.
- T. Serra, D. Zilberman, B. K. Goodwin, and A. Featherstone. Effects of decoupling on the mean and variability of output. *European Review of Agricultural Economics*, 33:269–288, 2006b.
- R. J. Sexton. Market power, misconceptions, and modern agricultural markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 95(2):209–219, November 2013. ISSN 1467-8276. doi: 10.1093/ajae/aas102.
- J. Shi, J. Wu, and B. Olen. Assessing effects of federal crop insurance supply on acreage and yield of specialty crops. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d’agroeconomie*, 68(1):65–82, 2020.
- T. Skevas and et al. Pesticide risk, environmental awareness and risk management in dutch arable farming. *European Review of Agricultural Economics*, 41(2):167–194, 2014.
- V. H. Smith and B. K. Goodwin. Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use. *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2):428–438, 1996.
- V. H. Smith and B. K. Goodwin. Crop insurance, moral hazard, and agricultural chemical use. *American Journal of Agricultural Economics*, 99(2):305–320, 2017.
- R. Solazzo, G. Petriccione, and M. A. Perito. The contractual relationships in the italian durum wheat chain: empirical survey evidence. *New Medit*, 19(2):102–108, 2020.
- Robert M. Solow. Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3):312–320, 1957.

- A. Spiegel, B. Soriano, Y. de Mey, T. Slijper, J. Urquhart, I. Bardají, M. Vigani, S. Severini, and M. Meuwissen. Risk management and its role in enhancing perceived resilience capacities of farms and farming systems in europe. *EuroChoices*, 19(2):45–53, 2020.
- Christian Stetter, Patrick Mennig, and Johannes Sauer. Using machine learning to identify heterogeneous impacts of agri-environment schemes in the eu: a case study. *European Review of Agricultural Economics*, 49(4):723–759, 2022.
- J. Tack, A. Barkley, and L. L. Nalley. Effect of warming temperatures on us wheat yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(22):6931–6936, 2015.
- M. Tappi, F. Carucci, G. Gatta, M. M. Giuliani, E. Lamonaca, and F. G. Santeramo. Temporal and design approaches and yield-weather relationships. *Climate Risk Management*, 40: 100522, 2023.
- S. Tarangioli, R. Cagliero, M. Vassallo, F. Pierangeli, M. R. Pupo D’Andrea, A. Monteleone, and B. Camaione. The common agricultural policy 2023-2027: How do member states implement the new delivery model? *Italian Review of Agricultural Economics*, 78(1):49–66, September 2023. ISSN 0035-6190. doi: 10.36253/rea-14318.
- Louis G Tornatzky, Mitchell Fleischer, and Alok K Chakrabarti. *The processes of technological innovation*. 1990.
- F. Tropea. Briefing new income stabilisation tools and price volatility in agricultural markets. Technical report, October 2016. Available at: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593484/EPRS_BRI\(2016\)593484_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593484/EPRS_BRI(2016)593484_EN.pdf).
- Viswanath Venkatesh, Michael G. Morris, Gordon B. Davis, and Fred D. Davis. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3):425–478, 2003.
- J. von Neumann and O. Morgenstern. Theory of games and economic behavior. *Princeton University Press*, 1947.
- W. Vroege and R. Finger. Insuring weather risks in european agriculture. *EuroChoices*, 19(2):54–62, 2020.
- S. Vyas, T. Dalhaus, M. Kropff, P. Aggarwal, and M. P. M. Meuwissen. Mapping global research on agricultural insurance. *Environmental Research Letters*, 16(10):103003, 2021.
- Y. N. Wang, L. Jin, and H. Mao. Farmer cooperatives’ intention to adopt agricultural information technology—mediating effects of attitude. *Information Systems Frontiers*, 21(3): 565–580, 2019.
- J. G. Weber, N. Key, and E. O’Donoghue. Does federal crop insurance make environmental externalities from agriculture worse? *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 3(3):707–742, 2016.
- Y. Wen. Spatio-temporal models for yield risk assessment. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 48(1):67–89, 2023.
- J. Wesseler. The economics of the farm to fork strategy: Productivity, risk and sustainability. *EuroChoices*, 21(2):20–26, 2022.
- W. W. Wilson and B. L. Dahl. Grain contracting strategies to induce delivery and performance in volatile markets. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 41(2):363–376, 2009.
- Jeffrey M Wooldridge. *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press, 2010.

- C. T. Worley and J. J. McCluskey. Production contracts as a means of vertical coordination with application to the wheat industry. *Journal of Food Distribution Research*, 31(1):215–224, 2000.
- J. Wu. Crop insurance, acreage decisions, and nonpoint-source pollution. *American Journal of Agricultural Economics*, 81(2):305–320, 1999.
- Stanley Xu, Colleen Ross, Marsha A Raebel, Susan Shetterly, Christopher Blanchette, and David Smith. Use of stabilized inverse propensity scores as weights to directly estimate relative risk and its confidence intervals. *Value in Health*, 13(2):273–277, 2010.
- J. Yu and G. M. Perry. Subsidies, risk pools, and crop insurance demand. *American Journal of Agricultural Economics*, 105(2):411–433, 2023.
- J. Yu, A. Smith, and D. A. Sumner. Effects of crop insurance premium subsidies on crop acreage. *American Journal of Agricultural Economics*, 100(1):91–114, 2018.
- J. G. Zaller and et al. Pesticide effects on apple yield and quality: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 43:35, 2023.
- M. Zampieri, A. Ceglar, F. Dentener, and A. Toreti. Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. *Environmental Research Letters*, 12(6):064008, 2017.
- Y. Zhang, J. Yang, and Y. Li. Risk-increasing and risk-reducing inputs in agriculture: Evidence from china. *Agricultural Systems*, 205:103558, 2023.