



Cofinanziato
dall'Unione europea



Regione Toscana

CONFERENZA REGIONALE DELL'AGRICOLTURA E DELLO SVILUPPO RURALE 2026

Ciclo di webinar preparatori

Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana: primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Sara Turchetti



IRPET

Istituto Regionale
Programmazione
Economica
della Toscana

Webinar IRPET - 23 aprile 2026

In un articolo intitolato «La rivoluzione digitale», gli autori riassumono un video online prodotto da una delle più grandi aziende produttrici di trattori al mondo, intitolato «Farm Forward», che presenta la visione dell'azienda per il futuro dell'agricoltura:

«Vediamo un agricoltore americano iniziare la sua giornata lavorativa: dal soggiorno di casa accede al centro operativo della sua azienda tramite un tavolo touch e uno schermo olografico. Una voce digitale lo accoglie e gli chiede di stabilire le priorità della giornata. Scatta un allarme per l'irrigazione; l'agricoltore attiva le pompe dal suo computer. Riceve una videochiamata dal suo assistente, che lo informa che alcuni lavori di manutenzione sono stati completati; poi un messaggio dal suo consulente agronomico riguardo a una nuova mappa di prescrizione, che l'agricoltore trasferisce facendo scorrere il dito su una mappa digitale della sua azienda al campo interessato... Successivamente l'agricoltore esce a fare un giro nei campi e, utilizzando la fotocamera del suo smartphone, analizza una manciata di terreno e le condizioni di una pianta di mais. » (Leroy et al., 2016: p. 14)

Era il video di marketing più singolare, poiché non c'era nulla di particolarmente bello o accattivante nella visione futura proposta dall'azienda.

(Addicott, 2019, p. 2; *trad pr.*)

Motivazioni del contributo

Abbandono

1982-2020:

- -340.000 ha SAU (-34%)
- -100.000 aziende

Invecchiamento

- Under-40: 8,5%
- Over-60: 50%
- Rapporto 5:1

Scarso ricambio generazionale

- 2.660 imprese <40 anni (6,8%)
- -5% nel periodo 2018-2023
- Probabile rallentamento...

Struttura produttiva e sostenibilità economica

- Micro e piccole imprese (oltre la metà <5 ha)
- Elevata specializzazione in coltivazioni legnose agrarie di qualità
- Elevata eterogeneità e polarizzazione



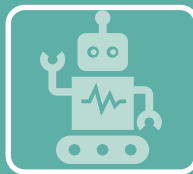
La digitalizzazione può sostenere l'upgrading del settore agricolo regionale e contribuire agli obiettivi di sostenibilità?

Cosa s'intende per digitalizzazione in agricoltura (1)

La digitalizzazione in agricoltura è una forma di innovazione che combina diverse soluzioni dell'ICT con l'obiettivo di:



Raccogliere, utilizzare e analizzare dati per aumentare le capacità «diagnostiche» dell'agricoltore e supportarne le scelte (*Decision Support Systems*: Klerkx et al., 2019)

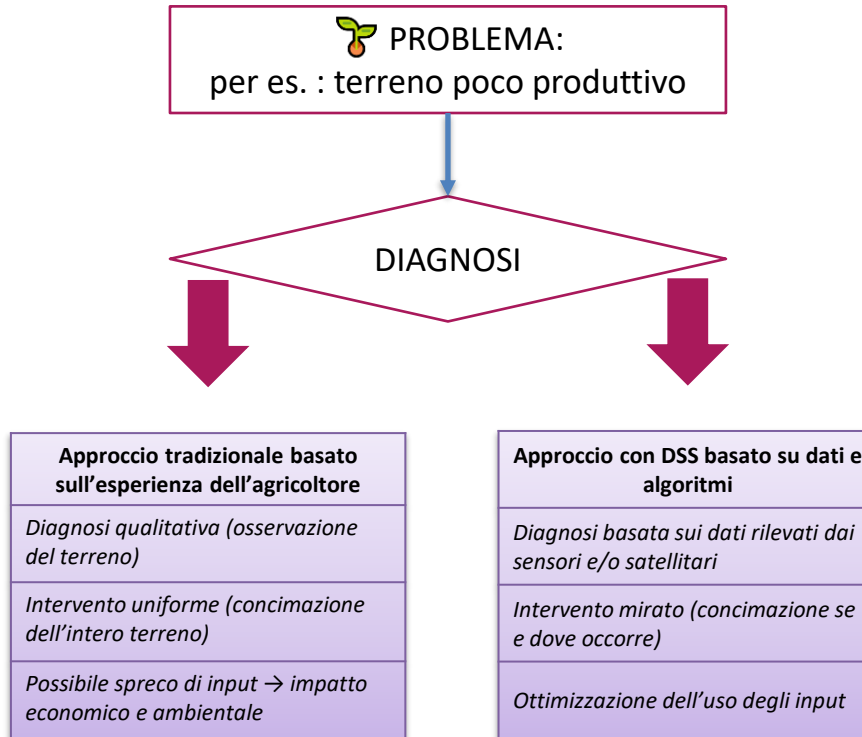


Ottimizzare e automatizzare le fasi del processo produttivo (FAO, 2022)



Utilizzo dei dati per favorire l'integrazione della filiera agroalimentare e la tracciabilità e la sicurezza degli alimenti (*Blockchain technologies*) (Terrizzi et al. 2023)

Cosa s'intende per digitalizzazione in agricoltura (2)



Potenzialmente si tratta di un **cambiamento paradigmatico e fortemente trasformativo** in cui:

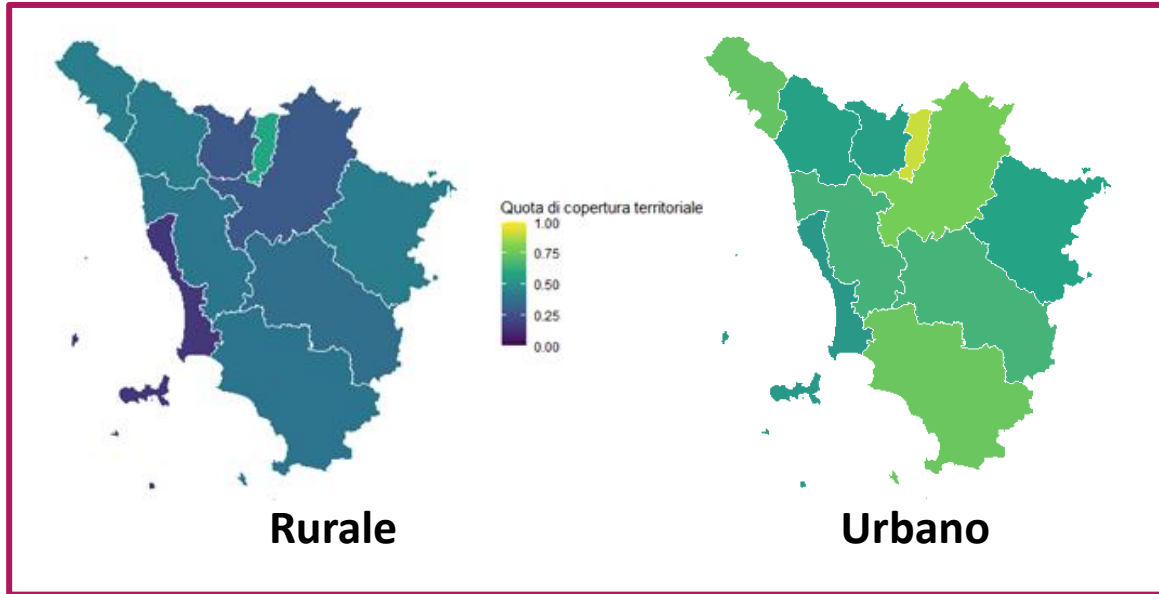
- *La conoscenza non è più tacita ma codificata* (Carolan, 2018, 2017; Polanyi, 1966)
- *Muta il rapporto tra input e output* → non si aggiungono input per produrre di più (intensificazione) ma se ne ottimizza l'uso (Klerkx and Rose, 2020)
...e tra produzione e consumo...
- *La proprietà dei dati incide sulle relazioni tra attori della filiera* → Chi produce, archivia e utilizza i dati? Chi decide quali tipi di dati devono essere raccolti? (Bronson and Knezevic, 2016)

«È realistico pensare che i nostri agricoltori del futuro utilizzeranno robot, droni, intelligenza artificiale e sensori, tutti contemporaneamente, oppure dovranno stabilire delle priorità e scegliere quali tecnologie possono permettersi di utilizzare dal punto di vista economico? [...] Come si inseriscono le tecnologie dell'Agricoltura 4.0 nei diversi modelli di sistemi agroalimentari proposti per affrontare le criticità attuali?»

(Klerkx and Rose, 2020, p. 3; *trad. pr.*)

Digital divide urbano-rurale

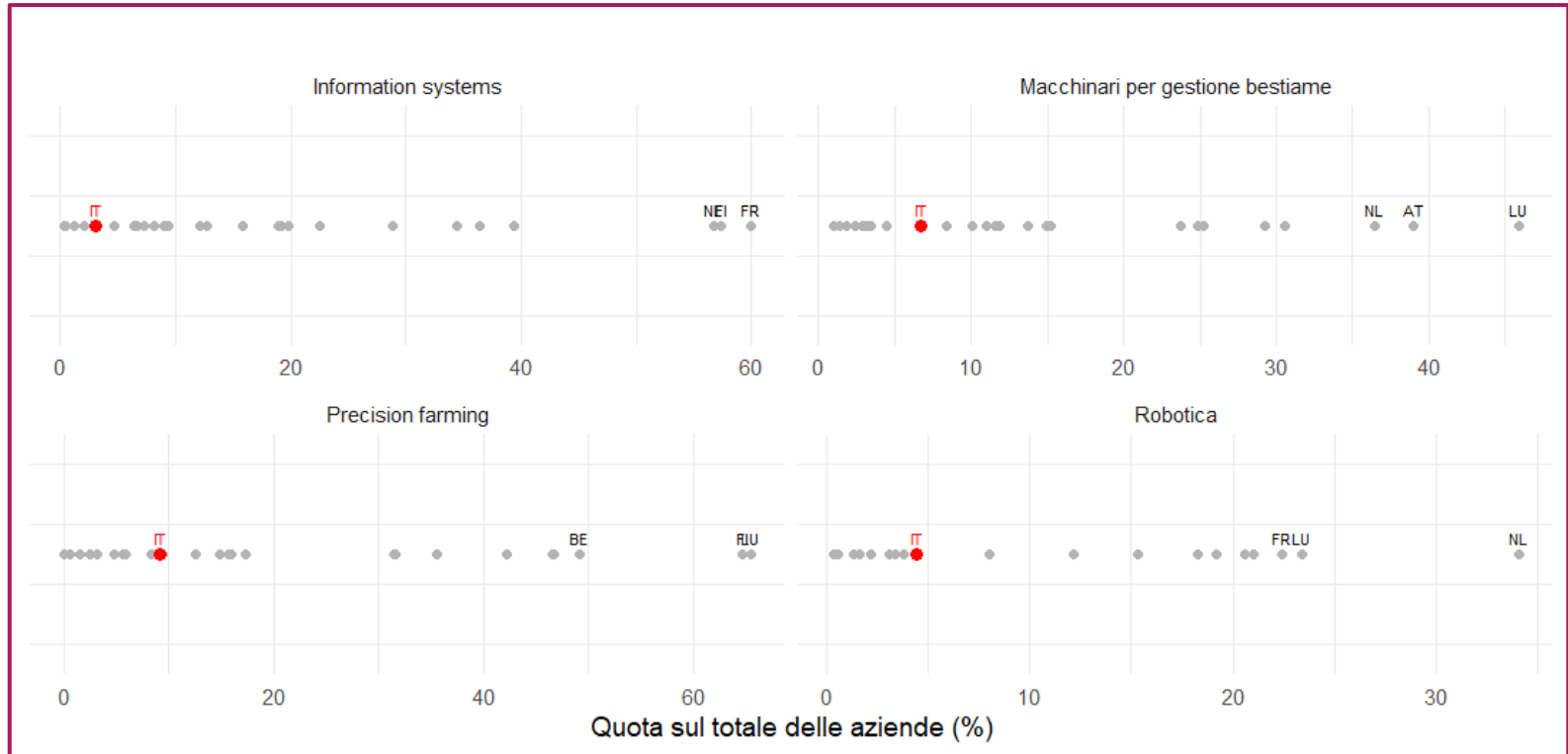
Very high-capacity network (VHCN) infrastructure



- Poco più di un quarto delle aziende agricole ha accesso a una rete a terra ad alta velocità (dati Eurostat)
- Possibili cambiamenti dalla evoluzione del mobile (rete 5G)...

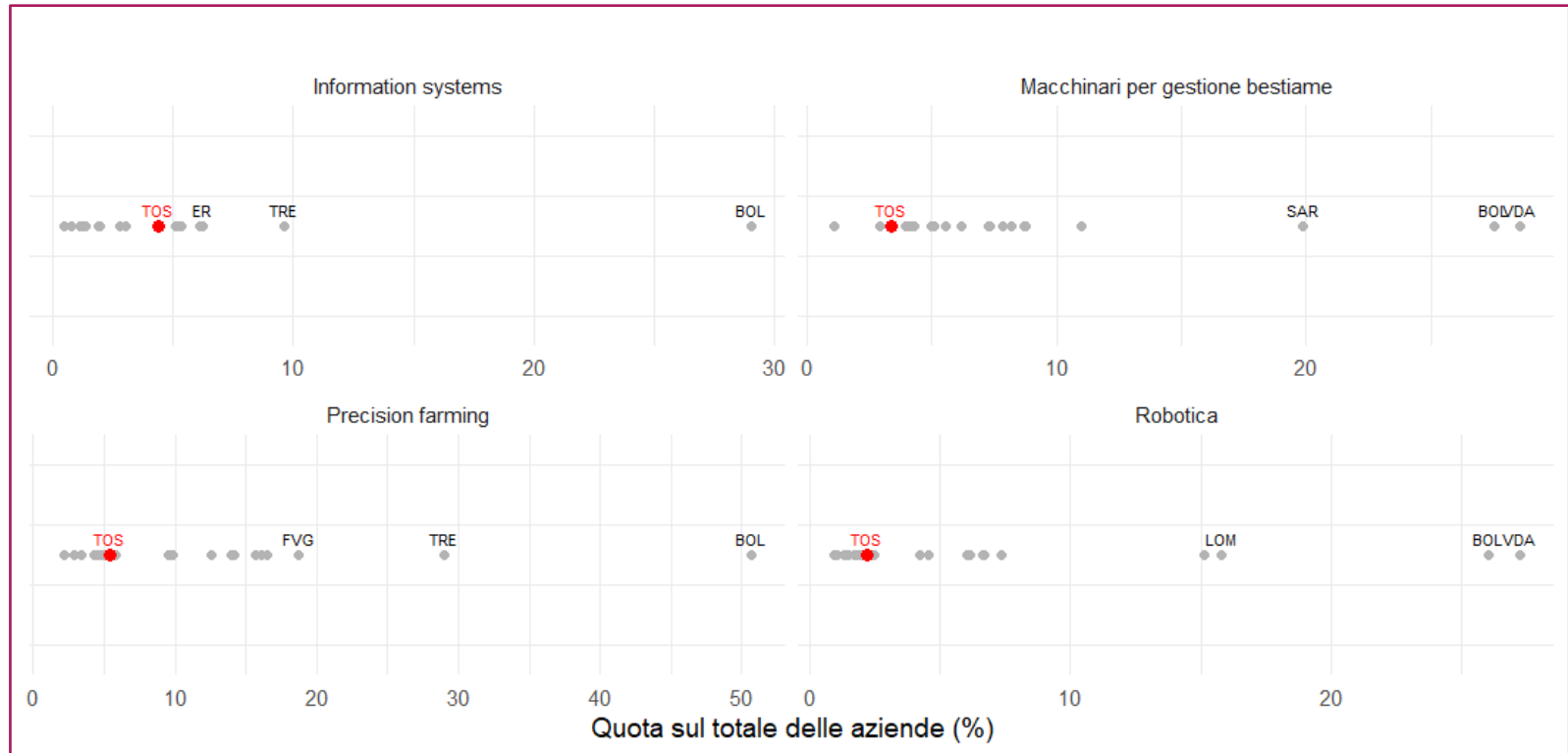
Fonte: CE, KPI-DESI

Posizionamento Italia



Fonte: Elaborazioni proprie su dati Eurostat

Posizionamento Toscana



Fonte: Elaborazioni proprie su dati Eurostat

Perché? I benefici

Riduzione dell'impatto ambientale, soprattutto nell'utilizzo dei suoli e dell'acqua



Approccio tendenzialmente conservativo di risorse e conoscenze ma con un elevato potenziale trasformativo

Riduzione dei costi operativi e incremento generale dell'efficienza, potenzialmente lungo tutta la catena del valore non solo *in-field* (Schroeder et al., 2021; Wolfert et al., 2017)



Gli aumenti di efficienza possono tradursi in incrementi di produttività e redditività, pur mantenendo inalterati i livelli qualitativi → al contrario della Rivoluzione Verde, l'obiettivo non è produrre di più ma produrre meglio!

Aumentare le capacità previsive in un contesto di cambiamenti climatici e mercati sempre più instabili



Disponibilità di una grande quantità di dati e informazioni in *real-time*



I benefici reali dipendono dalla capacità del sistema di integrare i dati nei processi produttivi e valorizzarne l'effettivo utilizzo → **approccio olistico** che enfatizza le relazioni simbiotiche tra ecosistemi agricoli e ambiente, con l'obiettivo di creare sistemi agricoli rigenerativi e autosufficienti (Mgendi, 2024)

Barriere all'adozione

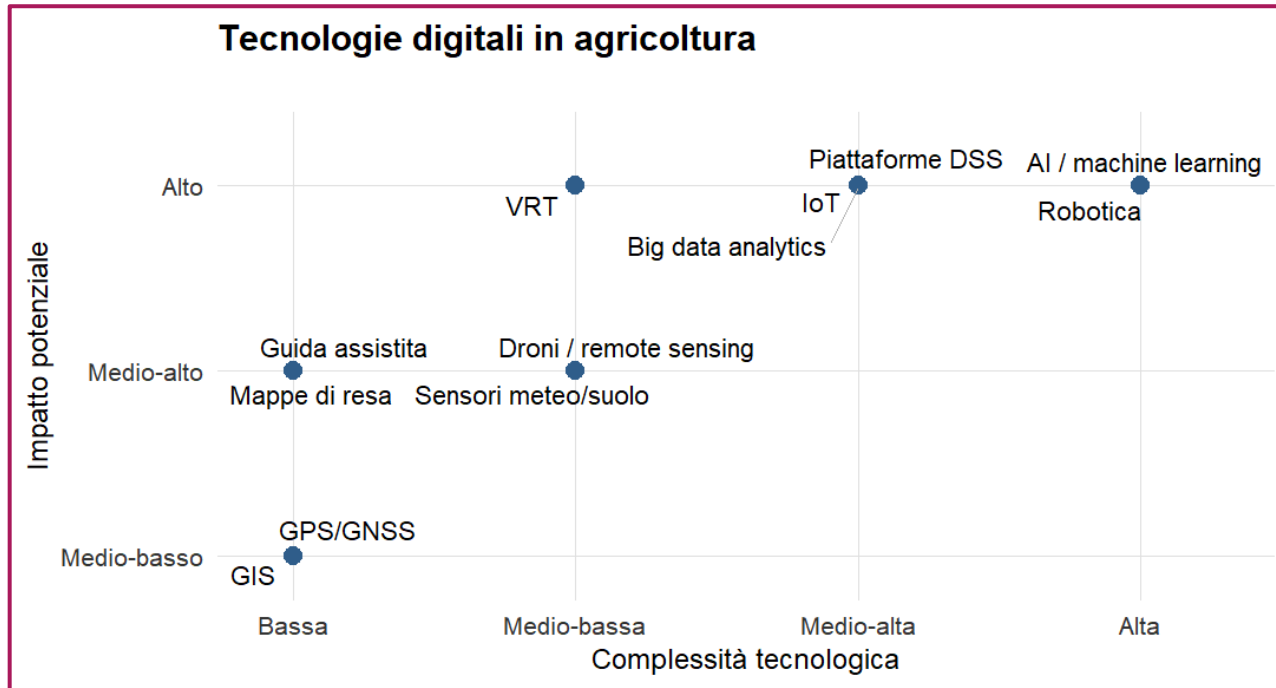
I precedenti processi di innovazione (meccanizzazioni e Rivoluzione Verde) hanno mostrato la disfunzionalità di un approccio tecnocratico del tipo *one-fits-all*, basato sulla diffusione rapida delle soluzioni tecnologiche disponibili → necessità di creare le condizioni istituzionali per un *upgrading* sistemico (**ECOSISTEMA DIGITALE**)

- Adattamento a routine completamente nuove (Brunori, 2022; Rolandi et al., 2021) → acquisizione nuove competenze interne o esterne
- Effetti sul lavoro incerti → sostituzione (robotica) oppure creazione di nuovi (migliori o forse no) posti di lavoro (Rotz et al., 2019)?
- Consistenti investimenti in capitale fisico → sforzo di sostegno economico pubblico in una prospettiva di ritiro della PAC

- Limiti all'effettiva condivisione e usabilità dei dati (Brunori, 2022; Carolan, 2018; 2017): i) Diritti di proprietà intellettuale legati all'uso del software; ii) Interoperabilità dei sistemi
- Necessità di collaborazioni per adattare le tecnologie alle specificità locali

Rafforzamento delle connessioni intersistemiche

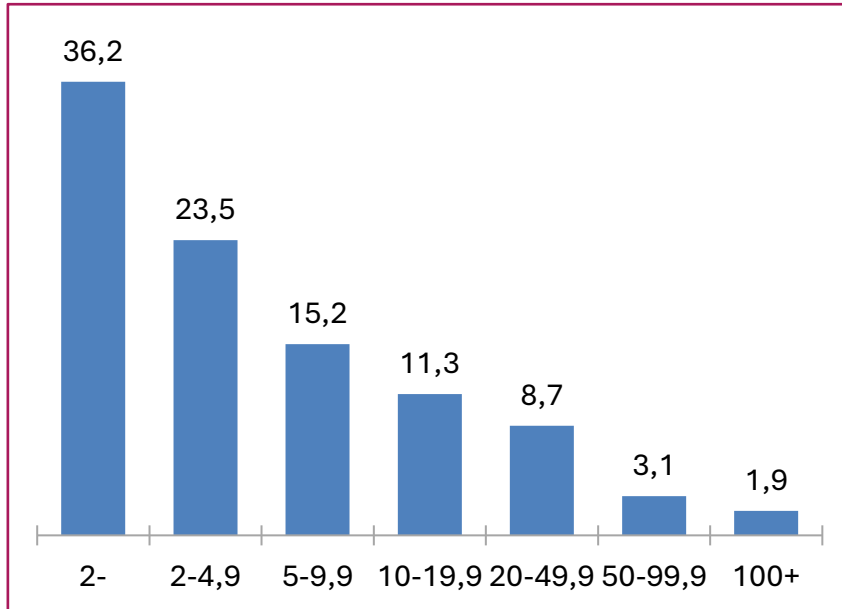
Trade-off/ rischi polarizzazione (1)



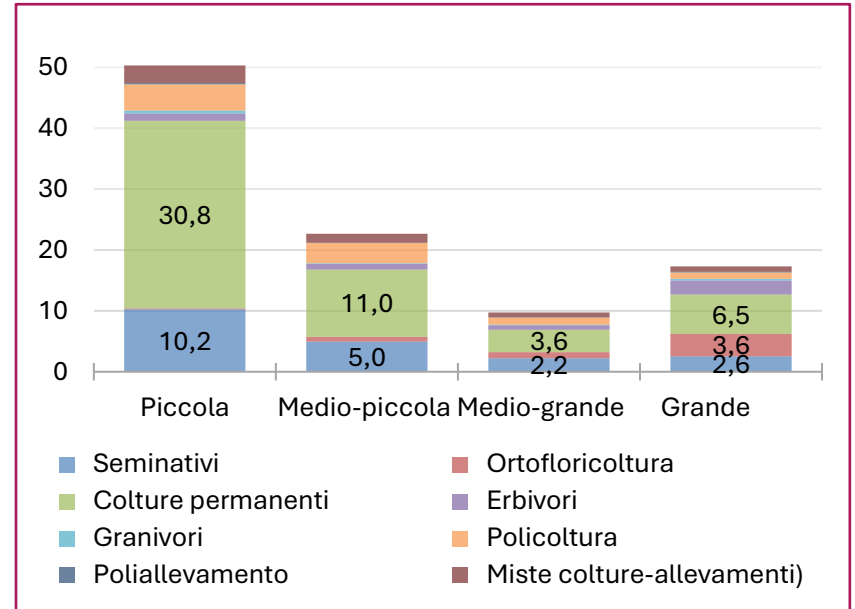
Elaborazioni proprie su letteratura relativa a digital agriculture

Trade-off/ rischi polarizzazione (2)

Distribuzione per classi di SAU



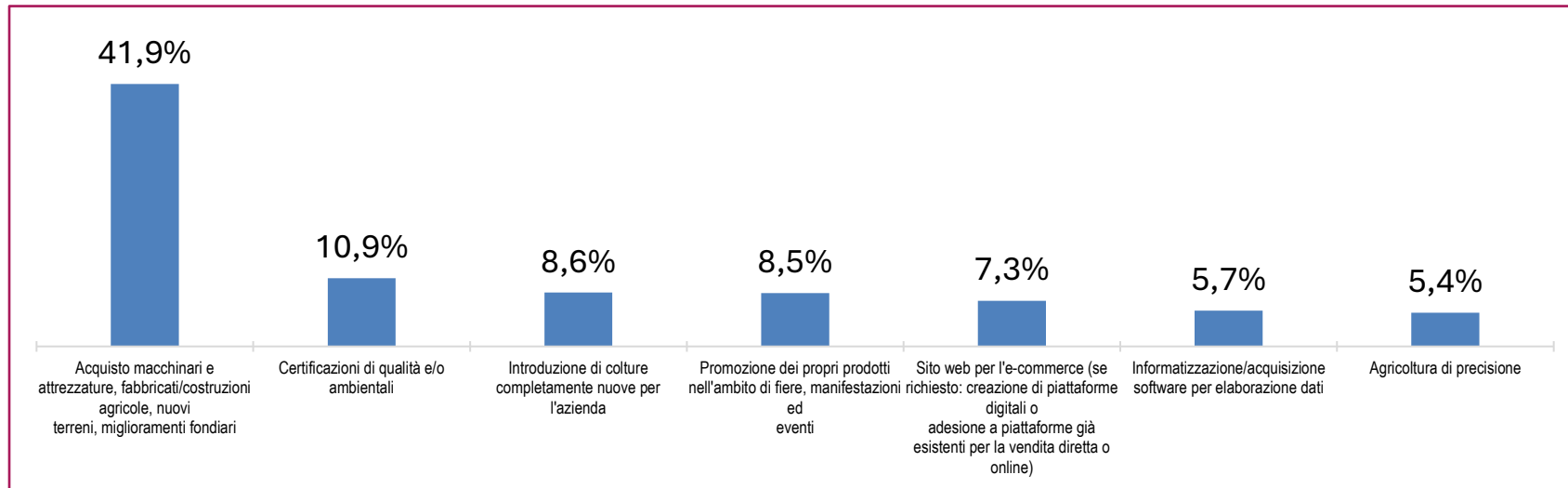
Distribuzione per classi di SO e OTE



Elaborazioni proprie su dati Censimento 2020

Investimenti in digitalizzazione

Negli ultimi 3 anni ha effettuato i seguenti investimenti?

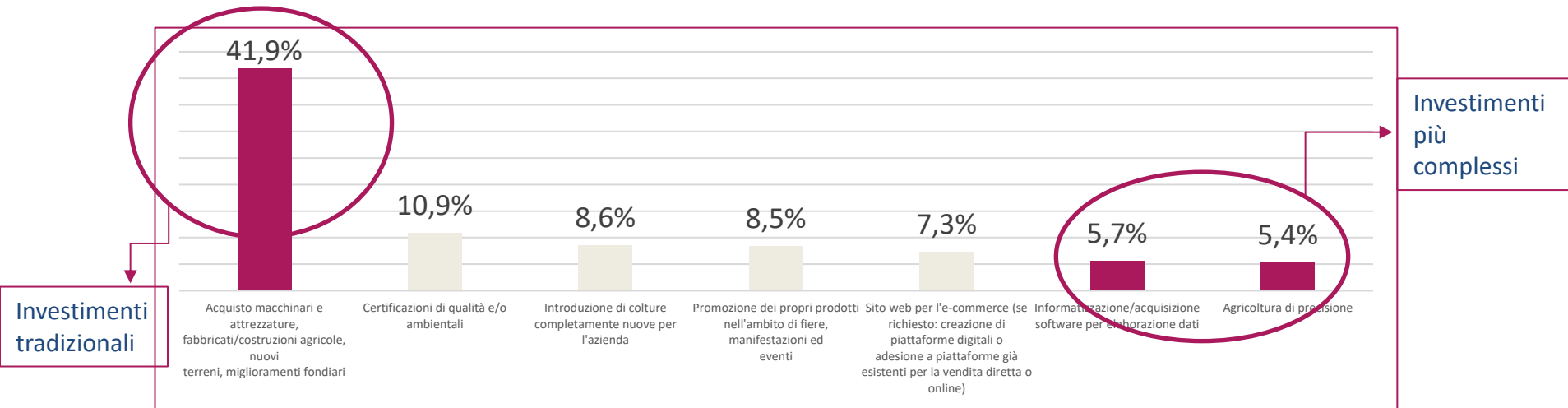


La metà delle aziende almeno un investimento

Studio IRPET basato su indagine a 1300 imprese agricole (2023)

Investimenti in digitalizzazione

Negli ultimi 3 anni ha effettuato i seguenti investimenti?



La metà delle aziende almeno un investimento

Studio IRPET basato su indagine a 1300 imprese agricole (2023)

Il modello

Utilizzando un *modello logit ordinato*, si stima la probabilità che l'impresa realizzi un investimento con diversi livelli di complessità. Assumendo l'esistenza di una propensione latente influenzata da specifici *drivers*:

$$y_j^* = \beta_1 x_{\{1j\}} + \beta_2 x_{\{2j\}} + \dots + \beta_k x_{\{kj\}} + u_j$$

Dato il coefficiente delle covariate x_{ij} e che la variabile osservata y_j dipende da determinate soglie (*cutpoints*):

$$y = \begin{cases} 0: \text{nessun investimento } (y_j^* < k_1) \\ 1: \text{investimento tradizionale } (k_1 \leq y_j^* < k_2) \\ 2: \text{investimento complesso } (y_j^* \geq k_2) \end{cases}$$

Il modello stima i coefficienti β e le soglie (*cutpoints*) k_1 e k_2 che separano i diversi livelli di complessità:

Studio IRPET basato su indagine a 1.300 imprese agricole (2023)

Risultati

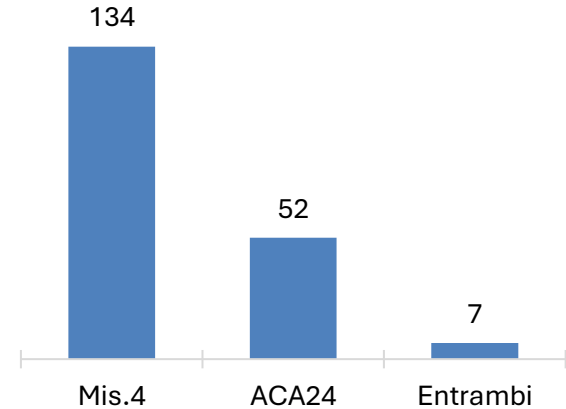
DRIVERS CHE AUMENTANO LA PROPENSIONE A EFFETTUARE INVESTIMENTI COMPLESSI

- ✓ Dimensione di impresa: grandi avvantaggiate rispetto a tutte le altre (nessuna differenza significativa tra medie e piccole)
 - ✓ Essere *market-oriented*, domandare lavoro e diversificare
 - ✓ Continuità familiare solida
 - ✓ Essere agricoltori giovani e istruiti
-
- × Differenze non significative tra settori, tranne parzialmente vitivinicoltura (10%)
 - × Nessuna differenza di genere

Studio IRPET basato su indagine a 1.300 imprese agricole (2023)

Policy mix regionale

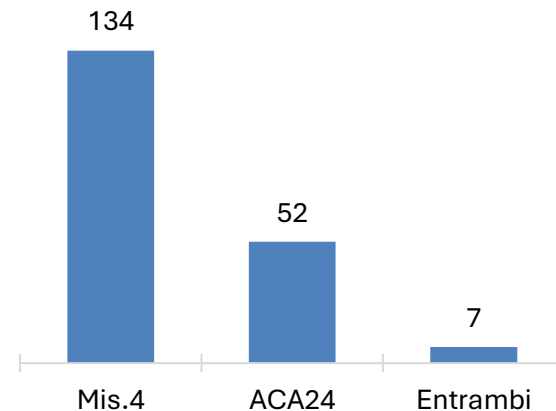
	Misura 4.1.1	ACA24
Impegno	Investimento in macchinari	Sostegno annuale per ettaro per l'adozione di almeno una pratica di agricoltura di precisione
Obiettivo	Dotazione tecnologica	Migliorare l'efficienza dell'uso di risorse attraverso la raccolta, gestione e integrazione di dati
Fattore	Abilitante	STRATEGICO



Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Policy mix regionale

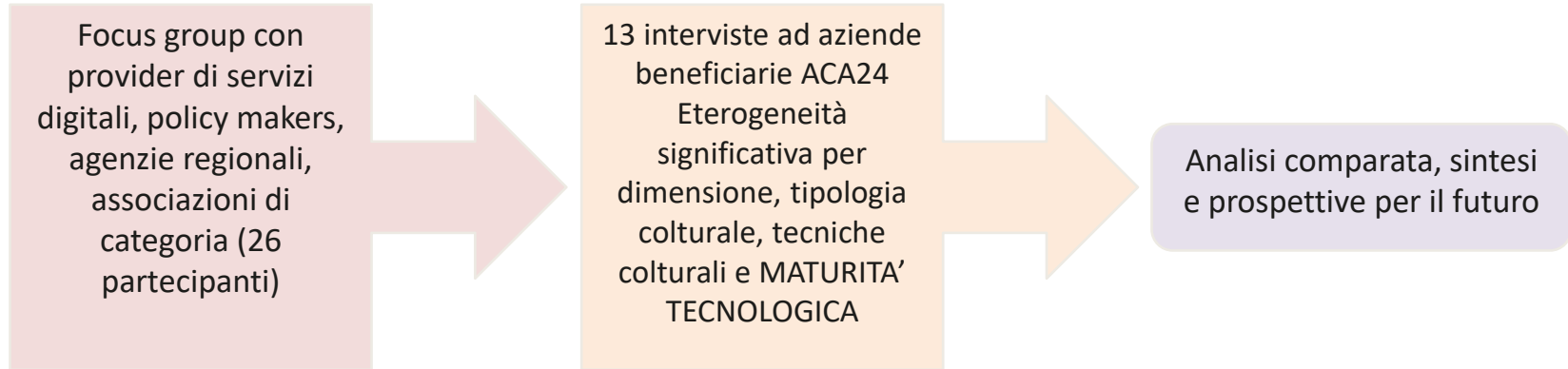
	Misura 4.1.1	ACA24
Impegno	Investimento in macchinari	Sostegno annuale per ettaro per l'adozione di almeno una pratica di agricoltura di precisione
Obiettivo	Dotazione tecnologica	Migliorare l'efficienza dell'uso di risorse attraverso la raccolta, gestione e integrazione di dati
Fattore	Abilitante	STRATEGICO



Il focus è sul capitale cognitivo e l'incremento della maturità tecnologica d'impresa, più che sul capitale fisico

Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Metodologia: focus group e interviste



Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Risultati: valutazione di impatto dell'ACA24 (1)

Benefici immediati

- **Risparmio sui mezzi tecnici:** 15–25% (fino al 30% in annate stabili)
- **Riduzione ore macchina** del 10–20%; meno sopralluoghi fisici in campo
- **Ottimizzazione del lavoro e della manodopera**
- **Migliore allocazione delle risorse e riduzione degli errori decisionali:** minor rischio di perdita di qualità, maggiore uniformità della produzione e migliore gestione degli stress biotici e abiotici

Criticità trasversali

- **Interoperabilità scarsa tra piattaforma software, macchine e dispositivi**
- **Connettività** insufficiente nelle aree rurali e collinari: dati in ritardo o assenti
- **Sensoristica fragile:** manutenzione costosa e spesso non gestibile internamente
- **Frammentazione fondiaria/difficoltà organizzative**
- **Complessità burocratiche**
- **Carico cognitivo**

Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Risultati: valutazione di impatto dell'ACA24 (2)



FATTORI ABILITANTI



Tecnologico

- Standard comuni e piattaforme unificate
- Assistenza tecnica rapida

Organizzativo

- Competenze interne ed esterne
- Governance gestionale e aziendale necessarie per valorizzare l'uso delle tecnologie

Decisionale

- Consulenza agronomica evoluta,
- Formazione continua

Economico

- Sostegno pubblico
- Pianificazione investimenti integrati

Relazionale

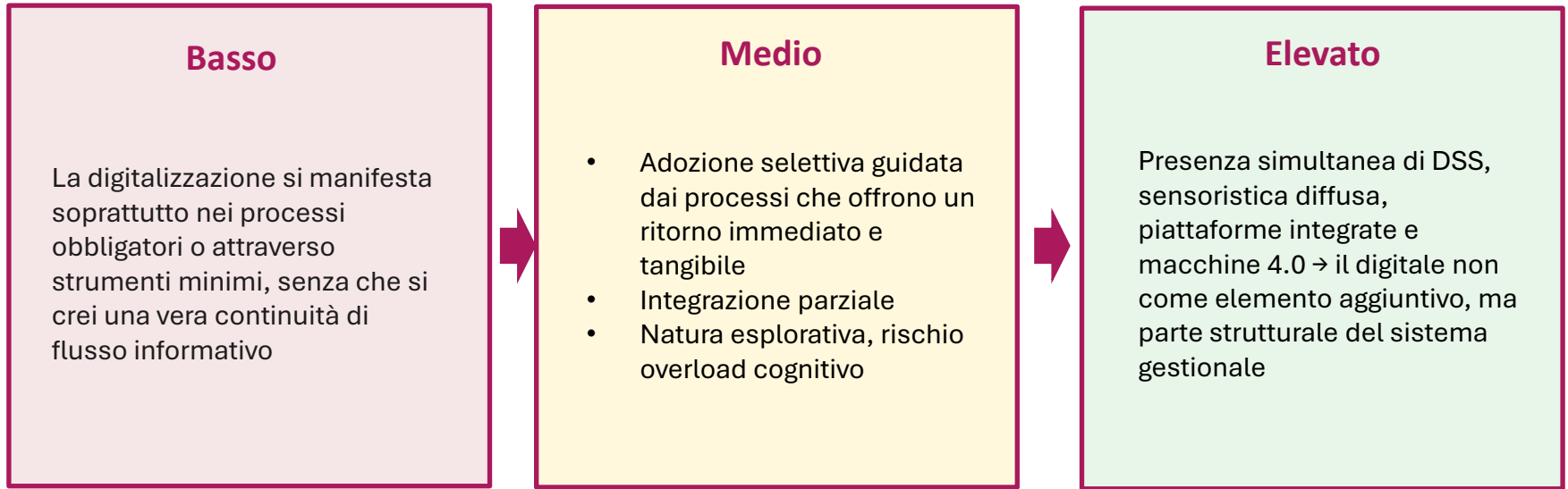
- Reti territoriali consolidate (rivenditori, associazioni, cooperative)
- Condivisione delle esperienze

Sostenibilità

- Continuità/ disponibilità dei dati nel tempo
- Monitoraggio delle esperienze

Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Livello di maturità digitale delle imprese



L'analisi complessiva mostra che la maturità digitale non è determinata unicamente dalla dimensione fisica o economica, ma dipende da una combinazione di fattori: la cultura aziendale, la predisposizione all'innovazione, la capacità di affrontare la complessità tecnologica, la disponibilità di persone formate e la natura del territorio in cui si opera.

Brunori, G., Mariani, M., Santini, C., Turchetti, S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione

Implicazioni di policy (1)

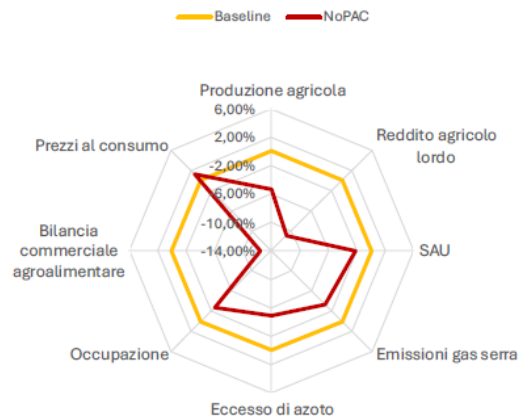
- **La digitalizzazione è un'opportunità strategica per l'agricoltura toscana**, sia per contribuire al necessario *upgrading*, fondamentale per garantire un certo grado di continuità al sistema e raggiungere gli obiettivi di sostenibilità ambientale richiesti.
- **I benefici legati a un approccio di supporto alle decisioni sono molteplici**: si tratta di un approccio conservativo di risorse e conoscenze in grado di aumentare l'efficienza, ottimizzando l'utilizzo degli input e migliorando le capacità di risposta ai problemi degli agricoltori e quelle previsive in un contesto di cambiamenti climatici.
- **I benefici effettivi dipendono dalle caratteristiche aziendali e dalle scelte tecnologiche**
- **La diffusione di queste tecnologie è frenata da barriere strutturali significative** (scarsa connettività nelle aree rurali, interoperabilità limitata tra piattaforme e macchine, frammentazione fondiaria, barriere economiche, barriere cognitive) e può comportare un **rischio di peggioramento della polarizzazione** già molto evidente nel sistema produttivo della Toscana.

Implicazioni di policy (2)

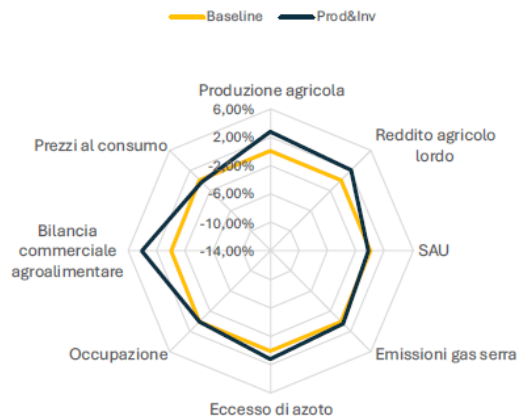
- Allo stato dell'arte, l'evidenza quantitativa mostra che la **dimensione di impresa** è la determinante principale che guida il processo di adozione, seppure legata a una **solida base familiare**. Tuttavia, dall'evidenza qualitativa emerge che la **maturità digitale** dipende anche dalla combinazione di diversi fattori: la cultura aziendale, la predisposizione all'innovazione, la capacità di affrontare la complessità tecnologica, la disponibilità di persone formate e la natura del territorio in cui si opera.
- La costruzione di un **ecosistema digitale radicato a livello locale**, capace di identificare le necessità e offrire soluzioni *context-specific*, e il ruolo di coordinamento delle istituzioni sono elementi cruciali. In questo quadro, il policy mix della Regione Toscana mira principalmente a sviluppare il capitale cognitivo degli agricoltori e la maturità digitale delle imprese, considerando l'acquisizione di macchinari come un fattore abilitante, ma non strategico rispetto all'adozione di sistemi di supporto alle decisioni.
- Seppure non ancora sufficientemente integrato, il policy mix regionale va nella direzione giusta.

L'incognita PAC

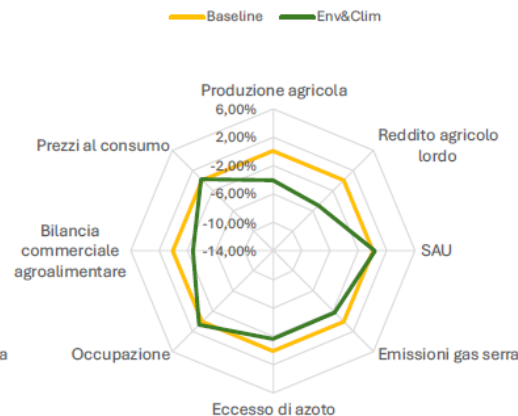
Variazioni NoPAC vs. baseline



Variazioni Prod&Inv vs. baseline



Variazioni Env&Clim vs. baseline



Indicatore	Baseline	NoPAC
Produzione agricola	0,00%	-5,40%
Reddito agricolo lordo	0,00%	-11,00%
SAU	0,00%	-2,20%
Emissioni gas serra	0,00%	-3,30%
Eccesso di azoto	0,00%	-4,90%
Occupazione	0,00%	-2,80%
Bilancia commerciale agroalimentare	0,00%	-12,40%
Prezzi al consumo	0,00%	1,35%

Indicatore	Baseline	Prod&Inv
Produzione agricola	0,00%	2,70%
Reddito agricolo lordo	0,00%	2,00%
SAU	0,00%	-0,20%
Emissioni gas serra	0,00%	0,50%
Eccesso di azoto	0,00%	1,20%
Occupazione	0,00%	0,10%
Bilancia commerciale agroalimentare	0,00%	4,10%
Prezzi al consumo	0,00%	-0,36%

Indicatore	Baseline	Env&Clim
Produzione agricola	0,00%	-4,00%
Reddito agricolo lordo	0,00%	-5,00%
SAU	0,00%	0,30%
Emissioni gas serra	0,00%	-1,70%
Eccesso di azoto	0,00%	-1,70%
Occupazione	0,00%	0,70%
Bilancia commerciale agroalimentare	0,00%	-2,80%
Prezzi al consumo	0,00%	0,34%

Ferrari, G.M., Francescone, M., Carriero, M. (2025). Contributi analitici al dibattito sulla Politica agricola comune dell'UE basati su «Scenar 2040» (JRC). Documento ISMEA realizzato nell'ambito del programma della Rete Nazionale della PAC 2025-2027

Bibliografia

- Addicott, J.E. (2019). *The Precision Farming Revolution: Global Drivers of Local Agricultural*. Palgrave MacMillan. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-9686-1>
- Bronson, K., Knezevic, I. (2016). «Big Data in food and agriculture». *Big Data & Society*: 1-5. DOI: 10.1177/2053951716648174
- Brunori G., Mariani M., Santini C., Turchetti S. (2025). Digitalizzazione dell'agricoltura in Toscana. Primi risultati dello studio sugli interventi per l'agricoltura di precisione. IRPET.
- Carolan M. (2017). «Publicizing food: big data, precision agriculture, and co-experimental techniques of addition». *Sociologia Ruralis*, 57(2), 135-154.
- Carolan M. (2018). «Data-driven farming and social relations». *Sociologia Ruralis*, 58(1), 3-22.
- FAO (2022). Digital agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferrari G.M., Francescone M., Carriero M. (2025). Contributi analitici al dibattito sulla Politica agricola comune dell'UE basati su «Scenar 2040» (JRC). ISMEA.
- Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. (2019). «A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0». *NJAS*, 90-91.
- Klerkx, L., Rose, D. (2020). «Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? ». *Global Food Security*. No. 24
- Mgendi, G. (2024). «Unlocking the potential of precision agriculture for sustainable farming». *Discover Agriculture*, 2, No 87. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00078-3>
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Rolandi S. et al. (2021). «The future of work in agri-food». *Futures*, 127, 102497.
- Rotz S. et al. (2019). «The politics of digital agricultural technologies: a systematic literature review». *Sociologia Ruralis*, 59(2), 203-229.
- Schroeder P. et al. (2021). «Digitalization as enabler for sustainable value chains». *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 49, 60-65.
- Terrizzi, G., Marino, A., Cinici, M. C., & Baglieri, D. (2024). «Blockchain applications in the agri-food sector: Current insights, challenges and research avenues». *British Food Journal*, 126 (13), pp. 504-520
- Wolfert, S., Ge, L., a, Verdouw, C., Bogaardt, M.J. (2017). «Big data in smart farming: a review». *Agricultural Systems*, 153, pp. 69-80.