Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ICSC Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

REPORT

COLTURE E SUOLI

OS
Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo

Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

Osserv-azioni su...

AGRICOLTURA DI PRECISIONE

Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing

Luglio 2024

Indice

Indice 2

Introduzione 3

Lo stato dell'arte 4

Big Data, IA e GenIA nell'agricoltura 7

Il supercalcolo nell'agricoltura 9

Le tecnologie quantistiche nell'agricoltura 10

Agricoltura di precisione e supercalcolo: quali casi d'uso? 11

Olivair, il drone per la raccolta delle olive 11

Agricoltura di precisione nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing 13

Indicatori sintetici per le imprese agricole: il progetto AGRI@INTESA 13

Un gemello digitale per le colture: il progetto SOW 14

Scenari e prospettive future per l'agricoltura di precisione 15

I trend per l'agricoltura di precisione 15

Trend tecnologici 16

Driver socio-tecnici 19

Verso l'agricoltura rigenerativa 21

Quattro scenari per il futuro dell'agricoltura di precisione in Europa 22

Ottimismo economico 24

Sviluppo sostenibile globale 24

Competizione regionale 25

Sviluppo sostenibile regionale 25

Sistemi e paradigmi trasformativi per l'AgriFood 30

Le tecnologie per la gestione idrica: quali scenari possibili? 33

Lo sviluppo e l'adozione limitata delle tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica 37

Sicurezza alimentare e tecnologie: quali scenari possibili? 39

Bibliografia 49

Introduzione

Secondo McKinsey & Company, circa un terzo del cibo prodotto viene perso o sprecato ogni anno, comportando un impatto economico di 940 miliardi di dollari. Le inefficienze nella semina, nel raccolto, nell'uso dell'acqua, nella ridotta produttività animale, così come l'incertezza riguardo al clima, ai parassiti, alla domanda dei consumatori e ad altri fattori intangibili contribuiscono a queste perdite. Una risposta a tali esigenze proviene dall'agricoltura di precisione ossia dall'insieme di tecnologie e strumenti applicati ai processi produttivi in agricoltura posti in essere al fine di migliorare la produzione, minimizzare i danni ambientali ed elevare gli standard qualitativi dei prodotti agricoli. Questo è la definizione ripotata dal Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali nel report "Agricoltura di precisione."

In questo report, viene fornito un quadro generale del settore agricolo in Italia, evidenziandone le potenzialità e le criticità. Vengono inoltre identificati i possibili miglioramenti che si possono avere quando vengono applicate insieme tecnologie come Big Data, IA, GenIA e HPC.

Come Osservatorio attivo nella raccolta e mappatura dei casi d'uso illustriamo poi progetti concreti e offriamo esempi di come questi strumenti intelligenti vengano utilizzati già nel settore agricolo.

Vengono poi presentati i progetti in corso presso il Centro Nazionale ICSC, evidenziando le iniziative di ricerca e sviluppo che contribuiscono all'avanzamento di questo settore, nella collaborazione tra grandi aziende ed istituzioni di ricerca.

Infine, concludiamo il report presentando i trend di mercato attuali e possibilità di sviluppi futuri.



Eleonora Barelli
Eleonora.barelli@ifabfoundation.org



Eleonora Ocello
Eleonora.ocello@ifabfoundation.org



Ilaria Olivieri
Ilaria.olivieri@bi-rex.it

Lo stato dell'arte

Il crescente interesse per le tecniche dell'agricoltura di precisione nasce dalle emergenti problematiche connesse all'aumento della popolazione mondiale (stimato dalla FAO in oltre 9 miliardi di persone entro il 2050) e quindi dalla necessità di incrementare la resa e la produttività dell'agricoltura a livello mondiale.

Le tecnologie sulle quali si fonda l'agricoltura di precisione (sensori per l'acquisizione di dati, software per la loro elaborazione e visualizzazione, guida semiautomatica dei trattori tramite GPS, robotica), consentono di ottenere sistemi produttivi sempre più efficienti e sostenibili, aspetto che colloca l'agricoltura in un contesto moderno e di attualità. L'agricoltura di precisione rappresenta, quindi, una serie ciclica di operazioni effettuate per ottimizzare la produzione, minimizzando l'utilizzo di risorse (quali l'acqua, fitormaci, fertilizzanti) e i tempi di lavorazione per massimizzare la resa.

I benefici dell'agricoltura di precisione sono dunque tangibili, essa infatti permette direttamente di:

- ottimizzare l'efficienza produttiva e qualitativa;
- ridurre i costi aziendali;
- ottimizzare gli input minimizzando gli impatti ambientali;
- creare opportunità imprenditoriali come aziende di consulenza.

L'Italia, per favorire l'implementazione di queste tecnologie per il settore agricolo, dopo aver approvato il decreto ministeriale n. 33671 del 22 dicembre 2017 sulle "Linee guida per lo sviluppo della Agricoltura di precisione in Italia", è stata interessata da ulteriori interventi normativi. È stato infatti istituito il Fondo per gli investimenti innovativi delle imprese agricole con una dotazione di circa 5 milioni di euro ed è stata promossa una concessione alle imprese agricole di un contributo a fondo perduto per il finanziamento di iniziative finalizzate allo sviluppo di processi produttivi e dell'agricoltura di precisione.

Ulteriormente, nel contesto del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), l'Agricoltura di Precisione è inclusa nella Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", specificamente nella componente M2C1 "Economia circolare e agricoltura sostenibile". Qui, l'investimento destina 500 milioni di euro all'innovazione e alla meccanizzazione del settore agricolo e alimentare (in particolare attività verso la sostenibilità del processo di trasformazione dell'olio di oliva e verso l'ammodernamento dei macchinari agricoli per implementare tecniche di agricoltura di precisione).

Nonostante gli incentivi bisogna sempre tener in conto le criticità del settore in Italia. Infatti, l'impiego di tecnologie applicate all'agricoltura deve fare i conti puntualmente con i problemi strutturali dell'agricoltura quali la frammentazione delle aziende agricole in imprese di piccole e medie dimensioni (e la conseguente difficoltà di investimenti in tecnologia e formazione), l'obsolescenza delle macchine agricole e la limitata diffusione della banda larga.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

L'Osservatorio Smart AgriFood ha pubblicato, nel maggio 2024, il report *"Agricoltura 4.0: il mercato e il livello di adozione in Italia nel 2023"* nel quale viene fornito un quadro sull'andamento del mercato nazionale, sul panorama dell'offerta tecnologica e sullo stato di adozione delle soluzioni digitali da parte delle aziende agricole italiane e sul loro grado di maturità digitale.

Con il termine "Agricoltura 4.0" si intende l'evoluzione dell'agricoltura di precisione, realizzata attraverso la raccolta automatica, l'integrazione e l'analisi di dati provenienti dal campo, da sensori e da qualsiasi altra fonte terza. Tutto questo è abilitato dall'utilizzo di tecnologie digitali 4.0, che rendono possibile la creazione di conoscenza e il supporto all'agricoltore nel processo decisionale relativo alla propria attività e al rapporto con altri soggetti della filiera, rompendo (almeno potenzialmente) i confini della singola impresa. Lo scopo ultimo è quello di aumentare la profittabilità e la sostenibilità economica, ambientale e sociale dell'agricoltura.

In Italia, dopo anni caratterizzati da una forte spinta del mercato dell'Agricoltura 4.0 e da significativi investimenti nel comparto, nel 2023 le analisi di stima a preventivo hanno rilevato un trend di crescita del mercato ancora positivo, seppur con un tasso inferiore rispetto a quello dell'anno precedente. Il mercato di Agricoltura 4.0 ha infatti raggiunto il valore di 2,5 miliardi di euro, registrando una crescita del +19% rispetto al 2022, come mostrato in Figura 1.

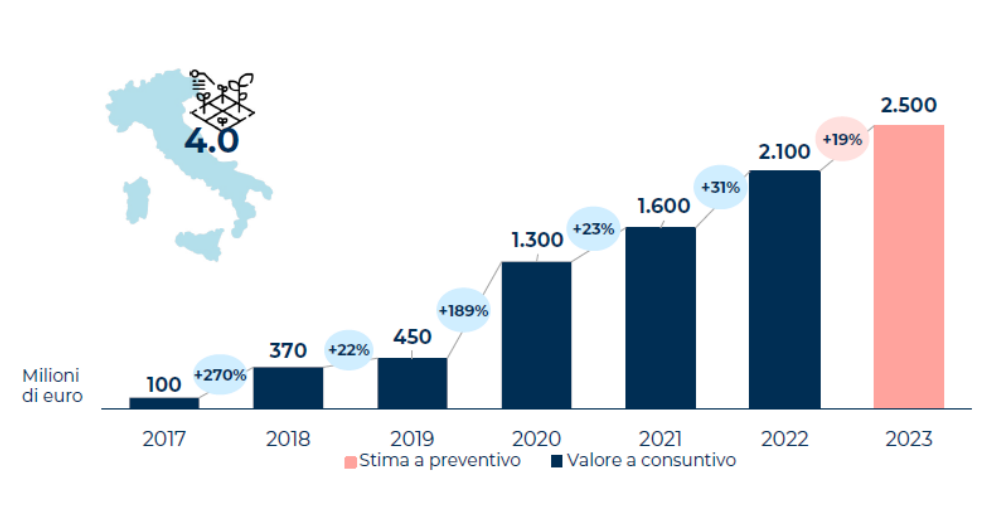


Figura 1. L'evoluzione del valore del mercato italiano di Agricoltura 4.0 *(Credits: Osservatorio Smart AgriFood 2024, Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano, www.osservatori.net)*

Il mercato dell'Agricoltura 4.0 nel 2023 mostra una nuova tendenza rispetto al passato: sebbene i macchinari connessi (23%) e sistemi di monitoraggio e controllo dei mezzi e attrezzature (25%) ne costituiscano ancora circa la metà, per la prima volta si assiste a un loro calo in termini percentuali rispetto all'anno precedente. La riduzione dell'incidenza della componente hardware nel mercato lascia spazio a favore delle soluzioni software: si registra infatti una crescita dei software gestionali aziendali e FMIS (+5%), dei DSS (+2%) e l'emergere delle

piattaforme di integrazione dei dati. Questo cambiamento nella composizione del mercato di Agricoltura 4.0 si spiega parzialmente con la riduzione degli incentivi previsti dal piano "Transazione 4.0", che hanno contribuito in questi anni al rinnovamento del parco macchine delle aziende, che oggi necessitano di integrare i mezzi, le attrezzature e i dati da essi raccolti attraverso soluzioni software dedicate. Aumenta, inoltre, la consapevolezza del valore dei dati e, quindi, delle soluzioni che ne abilitano le analisi, si veda Figura 2.

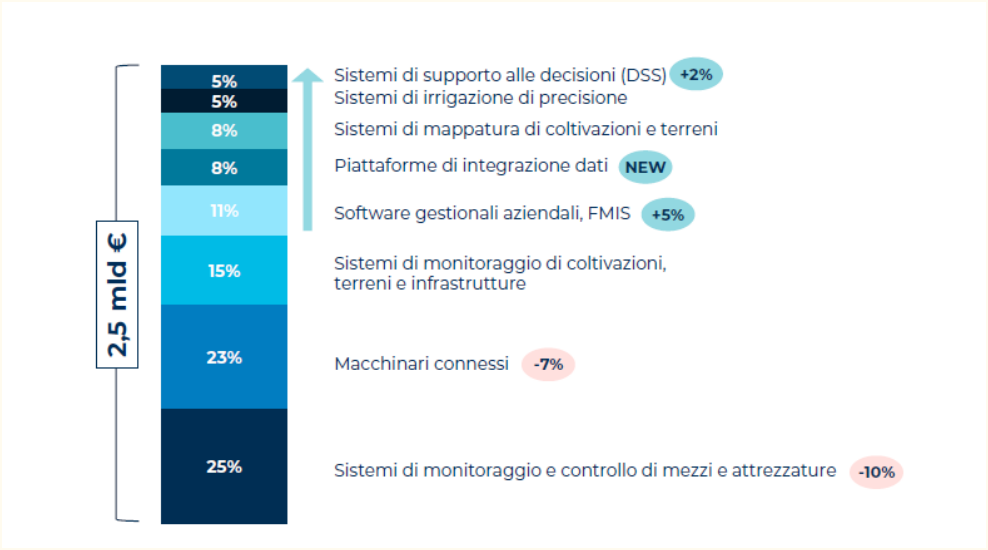


Figura 2. La composizione del mercato di Agricoltura 4.0 nel 2023 (Credits: Osservatorio Smart AgriFood 2024, Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano, www.osservatori.net)

Rispetto invece alla quota di aziende agricole che ha adottato almeno una soluzione di Agricoltura 4.0, questa rimane sostanzialmente invariata (72%, con un aumento dell'1% rispetto all'anno precedente). Tuttavia, aumenta però lievemente il numero medio di soluzioni utilizzate per azienda e il numero di aziende che utilizzano più di una soluzione (57%, +5% rispetto alla rilevazione precedente): si rafforzano dunque gli investimenti sul digitale da parte delle aziende agricole che avevano già intrapreso un percorso di digitalizzazione in precedenza (Figura 3).

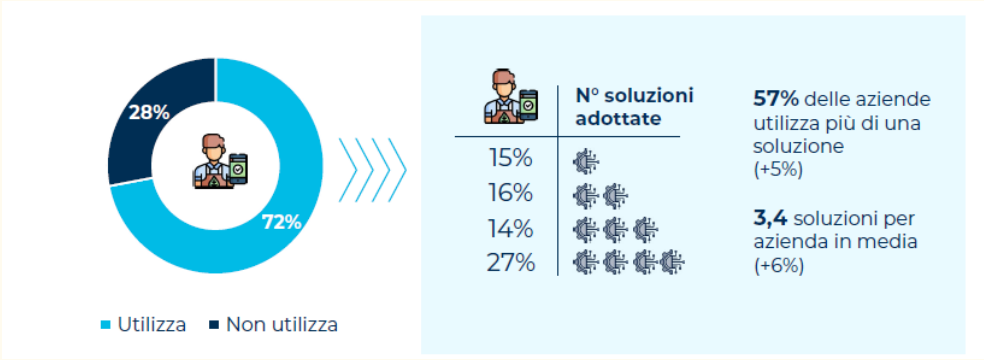


Figura 3. La percentuale di aziende agricole che hanno adottato e utilizzano almeno una soluzione di Agricoltura 4.0 (Credits: Osservatorio Smart AgriFood 2024, Osservatori Digital Innovation - Politecnico di Milano, www.osservatori.net)

Il report evidenzia come l'Agricoltura 4.0 in Italia continui a crescere e ad evolversi, con un mercato sempre più orientato verso soluzioni software e una maggiore integrazione dei dati. Nonostante il rallentamento del tasso di crescita complessivo, il settore mostra una chiara maturazione digitale e un consolidamento degli investimenti in tecnologie avanzate, segno di un progresso costante verso un'agricoltura più sostenibile ed efficiente.

Big Data, IA e GenIA nell'agricoltura

L'emergere di tecnologie in rapida evoluzione (Big Data, GenIA) sta offrendo agli operatori del settore agricolo un potente strumento per affrontare le diverse sfide del settore, in particolare *la domanda globale di nutrizione e la sostenibilità ambientale*. L'IA generativa, ad esempio, ha catturato l'immaginazione di molti leader del settore agricolo e potrebbe essere l'impulso per creare un cambiamento significativo, come riportato nel report di Giugno 2024 "From Bytes to Bushels: How Gen IA Can Shape the Future of Agriculture" di McKinsey & Company.

L'intelligenza artificiale può creare un valore significativo diretto per l'agricoltura in due aree chiave:

- sul campo, che si riferisce alla produzione di colture e bestiame;
- per l'impresa, che si riferisce alle funzioni aziendali.

Sul campo: l'implementazione di soluzioni IA e GenIA possono aiutare a ottimizzare l'uso degli input e a gestire efficacemente la manodopera (un esempio di possibile utilizzo in Figura 4). I consulenti virtuali agronomici abilitati dall'IA generativa possono effettivamente analizzare set di dati differenti (come condizioni meteorologiche, del suolo e pressione di parassiti e malattie) per aiutare gli agricoltori a prendere decisioni più informate.

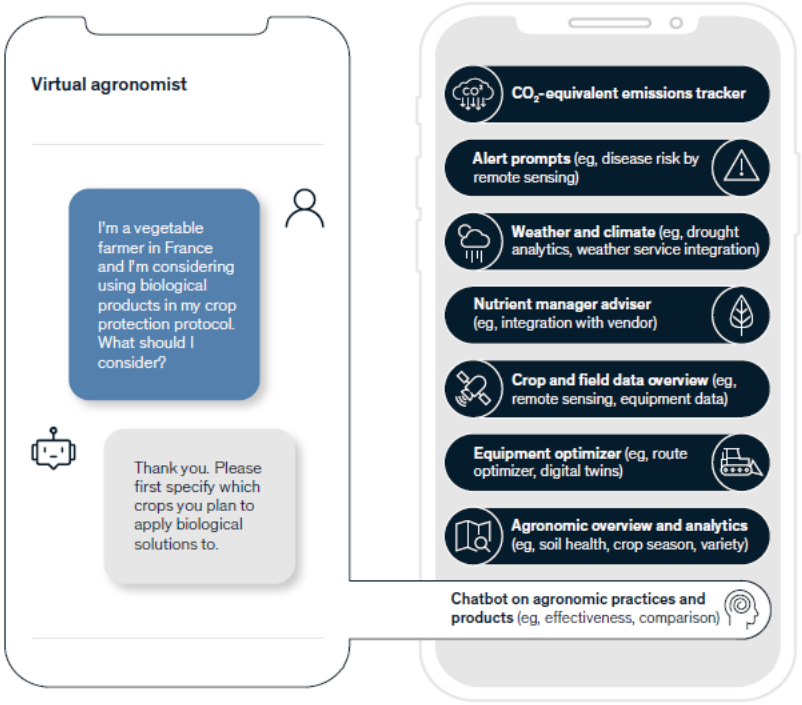


Figura 4. Consulente agronomo virtuale fornisce un quadro completo dello stato del campo per aiutare gli agricoltori a gestire i raccolti, le emissioni di CO_2 e i dati personali *(Credits to McKinsey & Company, Giugno 2024)*

Per l'impresa: la combinazione di IA e GenIA può creare valore migliorando l'efficienza funzionale (Figura 5).

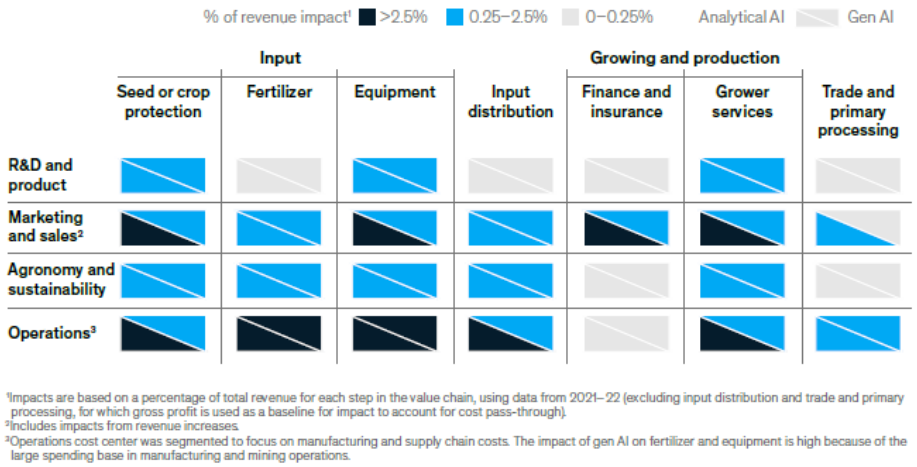


Figura 5. Valore incrementale dall'IA combinata alla GenIA per una tipica azienda del settore agricolo *(Credits to McKinsey & Company, Giugno 2024).*

La combinazione di IA e GenIA può dunque creare opportunità per tutti gli attori coinvolti nella catena del valore:

- Per i produttori di sementi e protezione delle colture, queste tecnologie possono migliorare l'intero ciclo di vita della ricerca e sviluppo, dalla generazione di ipotesi iniziali tramite scansione di brevetti e ricerche scientifiche, alla proposta di sequenze genomiche per l'innovazione delle colture. Inoltre, l'IA generativa può accelerare la registrazione dei prodotti automatizzando la raccolta e l'analisi dei dati e fornendo informazioni sul panorama regolatorio;
- Gli attori che distribuiscono input agricoli e offrono servizi di crescita e produzione possono utilizzare IA e GenIA per supportare le funzioni di marketing e vendite, gestendo prezzi e margini, migliorando il servizio clienti, e aumentando la crescita delle vendite e la produttività. Ad esempio, l'IA può segmentare i clienti e generare raccomandazioni sui prezzi, mentre l'IA generativa può monitorare la domanda e l'offerta in tempo reale e fornire supporto testuale ai clienti durante il processo di acquisto.

L'IA generativa sta emergendo dunque come forza trainante per l'innovazione, migliorando la gestione delle risorse sul campo e ottimizzando le funzioni aziendali. L'adozione di queste tecnologie non solo permette agli agricoltori di prendere decisioni più informate e di aumentare i raccolti, ma consente anche alle imprese agricole di migliorare l'efficienza operativa, la gestione dei costi e il servizio clienti. Il futuro dell'agricoltura sarà quindi sempre più caratterizzato dall'uso combinato di IA e GenIA, che insieme offriranno nuove opportunità e vantaggi competitivi lungo tutta la catena del valore.

Il supercalcolo nell'agricoltura

L'agricoltura di precisione, come detto sopra, è attualmente guidata da due principali tendenze tecnologiche: l'uso dei big data e delle capacità avanzate di analisi da un lato, e la robotica, incluse immagini aeree, robot di alimentazione e mungitura, sensori intelligenti e previsioni meteorologiche sofisticate, dall'altro.

Per implementare efficacemente queste tecnologie, è necessario:

- fondere una vasta gamma di fonti di dati disponibili grazie a varie innovazioni tecnologiche;
- utilizzare algoritmi ottimizzati per l'esecuzione parallela che possano sfruttare questa moltitudine di dati e massimizzarne il potenziale;
- sfruttare capacità infrastrutturali avanzate per gestire l'esecuzione di questi algoritmi abilitati ai big data in modo efficiente, riducendo i tempi di risposta a pochi secondi per prendere decisioni critiche in tempo reale.

L'immagine in Figura 6 mostra graficamente come il sinergico impiego di tecnologie diverse può essere utilizzato nel raccolto.

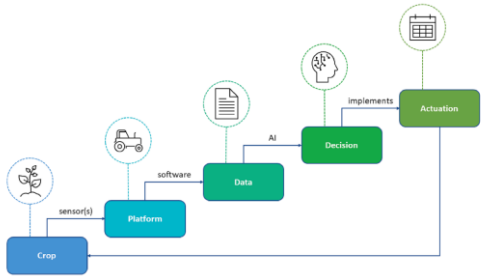


Figura 6. Agriculture 5.0 in crop management life cycle (Credits to Polymeni et al., 2023)

In riferimento a queste applicazioni, oltre ai concetti teorici, esistono già soluzioni che utilizzano l'HPC combinata con i Big Data e analisi avanzata dei dati. Una di queste è la piattaforma CYBELE, come riportato nell'articolo "Fostering precision agriculture & livestock farming" di Marcos e altri. CYBELE è una piattaforma integrata che offre servizi non solo agli agricoltori, ma anche a una vasta gamma di stakeholder coinvolti nella catena del valore agroalimentare, come la comunità di ricerca, le PMI e gli imprenditori. La piattaforma fornisce già accesso integrato a una vasta quantità di dataset su larga scala di diversi tipi, provenienti da una varietà di fonti, inclusi dati dei sensori, dati ambientali e climatici storici, immagini satellitari e aeree. Inoltre, CYBELE offre strumenti tecnologici necessari per sperimentare con questi dati e per la composizione di nuovi servizi attraverso ambienti di modellazione corrispondenti.

La piattaforma CYBELE è un esempio tangibile di come l'uso sinergico di big data, HPC e analisi avanzata possa portare a innovazioni concrete e a vantaggi per una vasta gamma di stakeholder nel settore agroalimentare. Questo approccio olistico non solo aiuta a ottimizzare la gestione delle colture e degli allevamenti, ma prepara anche il settore agricolo ad affrontare le sfide future legate alla crescita della popolazione e ai cambiamenti climatici.

Le tecnologie quantistiche nell'agricoltura

Il calcolo quantistico sta emergendo come una tecnologia rivoluzionaria nell'agricoltura, offrendo numerosi vantaggi rispetto al calcolo convenzionale, come riportato da Maraveas e altri. Sfruttando fenomeni quantistici come l'interferenza, l'entanglement e la sovrapposizione, i computer quantistici possono affrontare problemi complessi con una velocità e un'efficienza significativamente superiori. Questa tecnologia permette di eseguire molteplici processi simultaneamente, rendendola ideale per gestire le enormi quantità di dati generate nell'agricoltura di precisione.

Nel settore agricolo, il calcolo quantistico è già utilizzato per:

- Agricoltura di precisione: migliora la raccolta e l'analisi dei dati provenienti da sensori, immagini satellitari e telerilevamento, ottimizzando i rendimenti delle colture e riducendo l'impatto ambientale;
- Gestione delle malattie e dei parassiti: integrato con dispositivi IoT, il calcolo quantistico facilita la modellazione in tempo reale, il monitoraggio e la previsione delle malattie, oltre a catturare, contare e categorizzare i parassiti;
- Automazione agricola: consente il controllo preciso dei robot agricoli per operazioni come l'irrigazione di precisione e il monitoraggio multispettrale delle colture;
- Ottimizzazione dei fertilizzanti: utilizzato per migliorare l'efficienza nella produzione di fertilizzanti, come nel processo Haber-Bosch, riducendo i costi e l'energia necessaria;
- Previsioni meteorologiche: calcola simultaneamente variabili meteorologiche complesse per migliorare i rendimenti delle colture.

La Figura 7 illustra graficamente l'agricoltura di precisione (PA), che utilizza il calcolo quantistico, la tecnologia dell'informazione, la raccolta di dati prossimali e il telerilevamento. Questa tecnologia ottimizza i rendimenti e riduce gli impatti ambientali. Il design centrato sull'utente descrive come gli agricoltori influenzano la forma della procedura.

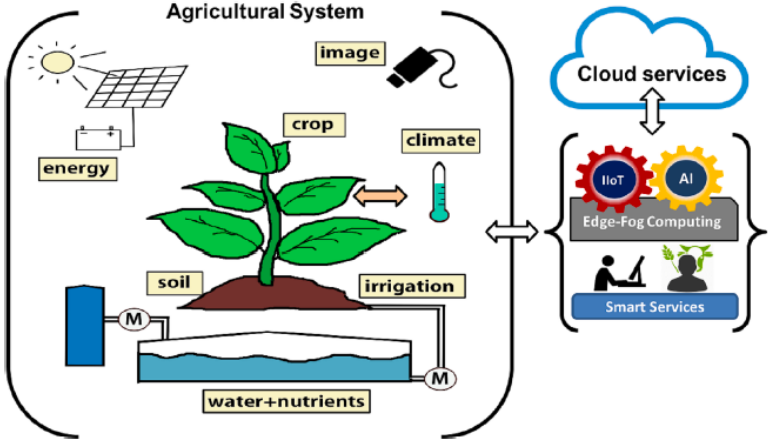


Figura 7. Quantum Computing and Precision Agriculture (Credits to Ferrandez-Pastor et al.)

Agricoltura di precisione e supercalcolo: quali casi d'uso?

Per comprendere meglio come le innovazioni tecnologiche stanno influenzando il settore agricolo, abbiamo diffuso un questionario tra professionisti del settore, ricercatori e organizzazioni, per raccogliere progetti e use cases nel settore.

Nella sezione seguente presentiamo il caso d'uso "Olivair", che offre una prospettiva innovativa sul settore e suggerisce strumenti avanzati per l'impiego delle tecnologie più recenti nel campo dell'agricoltura di precisione.

Nella descrizione dei casi, utilizzeremo un sistema di icone per indicare:

abstract del progetto;

benefici attesi e/o obiettivi del progetto;

tecnologia, se presente, utilizzata nel progetto.

Per condividere nuovi casi d'uso, si può compilare il form al seguente link: https://forms.office.com/e/6ZNCp04rUW .

Olivair, il drone per la raccolta delle olive

Un drone di due metri e mezzo di diametro che tramite il vento prodotto da eliche appositamente progettate, scuote i rami degli ulivi determinando la caduta delle olive sulle reti. Questo strumento si pone come sostituto agli attuali scuotitori che non possono essere utilizzati nelle zone scoscese, sono estremamente lenti e danneggia la pianta.

Questo nuovo strumento permette un risparmio del 30% per l'olivicoltore. Consente di risolvere il problema del reperimento della manodopera nelle zone scoscese, con una raccolta più veloce e sostenibile.

Vengono utilizzate simulazioni numeriche per l'ottimizzazione 2D e 3D della pala. Inoltre, verranno sfruttati algoritmi di intelligenza artificiale per il riconoscimento della maturità dell'oliva per ottimizzare il processo di raccolta partendo dalle coltivazioni meno resistenti alla caduta.

OLIVAIR

https://www.olivair.eu/



Figura 8. Raccolta delle olive tramite droni (credits: Osservatorio Supercalcolo, illustrazione realizzata con il supporto di strumenti di IA generativa)

Agricoltura di precisione nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing

Il Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing tratta il tema della agricoltura e, più nello specifico, dell'agricoltura di precisione con iniziative inter-spoke, ossia con progetti che intersecano linee e approcci di ricerca e innovazione appartenenti a diverse aree tematiche (dalla ricerca spaziale di Spoke 2 – Fundamental Research & Space Economy, a quella sulle società intelligenti e connesse di Spoke 9 – Digital Society & Smart Cities, dalla ricerca orientata allo studio dei cambiamenti climatici di Spoke 4 – Earth and Climate, a quella sui disastri ambientali e gli eventi estremi di Spoke 5 – Environment & Natural Disasters).

Presentiamo in questo report 2 progetti, finanziati da ICSC, che stanno venendo realizzati a guida degli enti privati associati allo Spoke sul tema dell'agricoltura di precisione.

Indicatori sintetici per le imprese agricole: il progetto AGRI@INTESA

Guidato da Intesa SanPaolo, in partnership con Thales Alenia Space Italia, e le Università di Milano-Bicocca, del Salento, di Bari, di Catania e di Napoli, il progetto Agri@intesa ha come obiettivo principale lo sviluppo di algoritmi avanzati in grado di calcolare indicatori sintetici predittivi di fenomeni rilevanti per il benessere economico delle imprese agricole.

L'impatto atteso del progetto è quello di un miglioramento della produttività (per la presa di decisione informata basata su dati), una migliore gestione dei rischi associati alla produzione agricola, la promozione di pratiche agricole sostenibili, il tutto volto ad un complessivo rafforzamento della competitività delle imprese agricole italiane sia a livello nazionale che internazionale.

Un gemello digitale per le colture: il progetto SOW

Come si possono fare esperimenti su un campo o un sistema agricolo senza mettere mano su di esso? I gemelli digitali permettono di farlo, in quanto repliche virtuali di sistemi fisici che permettono di simulare, esplorare scenari "what if", analizzare e ottimizzare i processi agricoli in modo più efficiente e accurato.

Guidato da IFAB, in partnership con CNR, ENEA, il Politecnico di Bari, e le Università del Salento, dell'Aquila, della Calabria, di Bari, di Napoli e di Trento, il progetto "SOW - SowStain: Digital Twins for Precision Agriculture" mira allo sviluppo di un gemello digitale focalizzato sulle regioni dell'Emilia-Romagna e del Salento per studiare e ottimizzare i processi nell'agricoltura di precisione.

Gli obiettivi principali vanno dall'ottimizzazione di sistemi di agricoltura di precisione che, imparando dai dati, permettono di implementare una gestione efficiente dell'acqua e un adattamento efficace agli eventi estremi. L'output del progetto è una piattaforma dedicata a:

- Modellizzare i campi agricoli, includendo informazioni geografiche, dati dei sensori, flussi d'acqua, stato di salute delle colture e macchinari coinvolti.
- Comprendere gli impatti dei modelli stagionali sulle colture, con particolare attenzione a frutti come drupacee, pomacee e kiwi. Gli effetti sulla fenologia e sui fattori di stress permetteranno di classificare le colture resilienti e definire strategie di difesa.
- Ridurre l'uso inutile di acqua, fertilizzanti ed emissioni: promuovendo metodi di produzione che immagazzinano carbonio e proteggono la biodiversità, si aumenta al contempo la produzione dei terreni agricoli.
- Supportare i decisori e gli stakeholder, fornendo analisi relative all'efficienza finanziaria e alla sostenibilità in base alle aree geografiche e alle colture.

Per maggiori dettagli: https://www.ifabfoundation.org/it/project/sow-sowstain-digital-twins-for-precision-agriculture/

Scenari e prospettive future per l'agricoltura di precisione

Dopo aver analizzato lo stato dell'arte e dopo aver mostrato use case e progetti che vedono protagoniste le tecnologie abilitanti nell'agricoltura di precisione, è giunto il momento di chiederci quali potranno essere le traiettorie di evoluzione futura di questo settore.

Presenteremo diversi scenari, non solo per numero e tematica di attenzione ma anche per approccio metodologico con il quale sono stati realizzati.

Alcuni scenari sono ottenuti come estrapolazione di trend passati e presenti, in modo anche quantitativo. Gli anglofoni, che hanno un vocabolario più ricco in tema di atteggiamento riguardo al futuro, chiamerebbero questo metodo "forecast", una previsione simil-deterministica, assestata sugli elementi di più probabile accadimento.

Altri scenari riportati sono invece realizzati con metodologie di "foresight" che in italiano tradurremmo sempre come previsione ma che fa riferimento ad una pluralità di scenari che considerano non solo gli orizzonti più probabili ma anche altri solo possibili, non necessariamente plausibili.

I trend per l'agricoltura di precisione

Secondo Markets and Markets (2023), il mercato globale della agricoltura di precisione in termini di ricavi è stato stimato essere del valore di 9,7 miliardi di dollari nel 2023 e ci si aspetta una crescita a raggiungere i 21,9 miliardi di dollari entro il 2031, crescendo a un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 10,7%. La crescita è rappresentata in Figura 9.

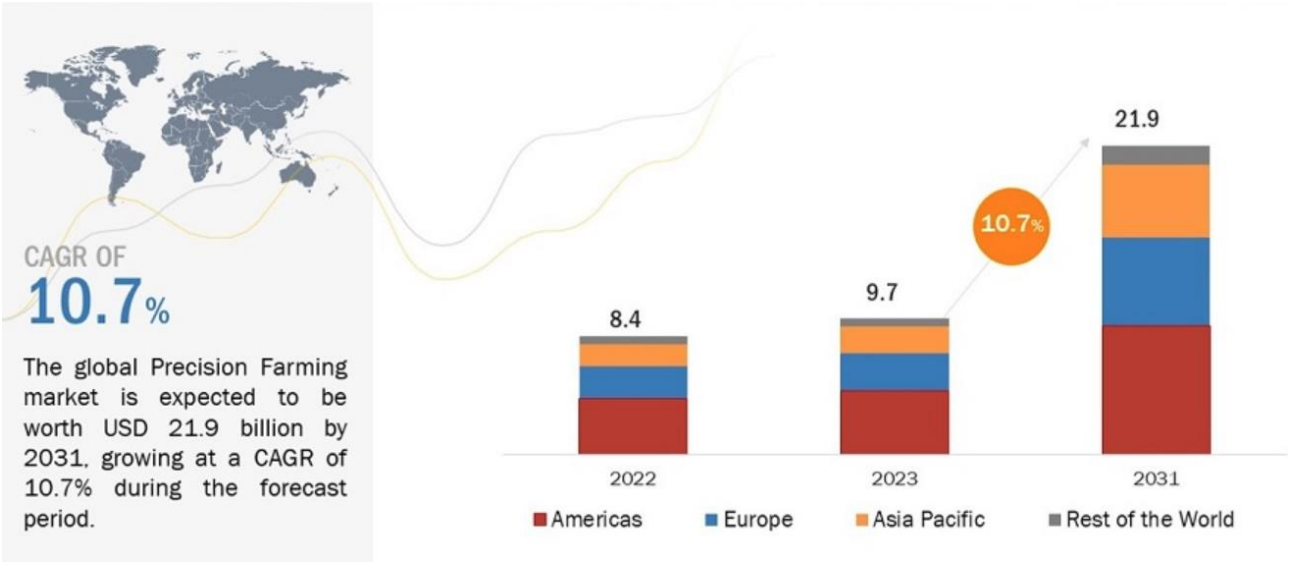


Figura 9. Stima di valore di mercato globale della agricoltura di precisione al 2031 (credits: Markets and Markets)

Trend tecnologici

Guardando al campo delle startup, Startup Insights (2023) ha mappato 289 startup e scaleup a livello internazionale, mostrando i trend di innovazione tecnologica più significativi. Una mappa che ne indica la frequenza e la solidità rispetto alla crescita futura è riportata in Figura 11.



Tecnologie satellitari Aiutano gli agricoltori ad analizzare ampie aree delle loro imprese agricole (siano essi coltivazioni, fattorie, frutteti) in un breve periodo di tempo e in tempo reale. Inoltre, consente agli agricoltori di reagire immediatamente a problemi localizzati come la fertilizzazione e l'irrigazione. Tecnologie come GIS e GPS permettono ulteriormente agli agricoltori di determinare la topografia, l'eterogeneità e la stima della resa delle colture, oltre a tracciare il bestiame.



Internet of things è sempre più parte integrante del processo agricolo. Per decidere quali tipi di pesticidi e fertilizzanti utilizzare per raggiungere l'efficienza ottimale, monitorare le condizioni meteorologiche, prendere il controllo dei processi produttivi e ridurre i rischi di produzione, gli agricoltori si affidano alle soluzioni IoT. L'uso dei sensori IoT, come i chip RFID (tecnologia di identificazione automatica basata sulla propagazione in aria delle onde radio), aiuta gli agricoltori a ottimizzare tutti gli aspetti del loro lavoro, inclusa la coltivazione delle colture e il tracciamento del bestiame. Inoltre, il monitoraggio in tempo reale dei dati sul campo consente agli agricoltori di prendere le migliori decisioni sulla produzione imminente riducendo al contempo il loro impatto ambientale.



Intelligenza Artificiale potenzia i dati raccolti da vari sensori per abilitare l'agricoltura di precisione e migliorare la qualità e l'accuratezza del raccolto. Inoltre, l'IA rende più intelligenti vari altri aspetti delle operazioni di Agritech, come la gestione dell'acqua e il consumo energetico. Tecniche di machine learning e deep learning stanno diventando parte integrante dell'agricoltura e vengono utilizzate, ad esempio, nel monitoraggio del suolo e delle colture e nella robotica agricola.



Big Data e Big Data Analytics consentono agli agricoltori di prendere decisioni informate che migliorano i rendimenti agricoli. Le soluzioni software forniscono insights specifici per sito e produzione sui modelli di pioggia, requisiti di fertilizzanti, cicli dell'acqua e altro ancora. Inoltre, l'implementazione del big data e delle analisi rende la produzione agricola più efficiente, produttiva e ben regolamentata, preservando nel contempo l'ambiente e il clima. L'analisi dei dati assiste anche gli agricoltori nel monitoraggio in tempo reale della salute delle piante, nella generazione di insights utili per i rendimenti futuri e nelle decisioni di gestione delle risorse basate su trend consolidati.



Tecnologia a tasso variabile è uno dei metodi più affidabili per aumentare la produttività. Infatti, permette di irrigare e dare nutrienti al terreno con velocità variabile, ovvero facendo sì che la velocità di applicazione del trattamento vari in base alla posizione. Questo elimina la necessità di fare più passaggi su un'area o di cambiare continuamente le impostazioni di tasso sui macchinari. Una indagine a

livello globale di McKinsey (2023) mostra che l'applicazione di fertilizzanti a velocità variabile e la mappatura del campo ad alta fedeltà sono le due tipologie di trend collegati all'agricoltura di precisione più frequenti nelle imprese agricole. Questo trend è di particolare interesse in quanto legato ad una sensibilità sempre maggiore per i temi della sostenibilità e il raggiungimento di pratiche agricole a basso impatto ambientale.

Robot agricoli sono capaci di raccogliere e analizzare dati per aumentare i rendimenti delle colture, oltre a svolgere compiti ripetitivi e che richiedono molto tempo. L'applicazione della robotica in agricoltura include sistemi di guida automatizzati e assistiti, sciami di robot agricoli mobili e sciami meccanici. La crescita della robotica si prevede molto importante nel futuro prossimo, in linea con il trend a livello più ampio di utilizzo dei robot in tutti i processi di produzione, come mostrato in Figura 10. Per quanto riguarda il contesto agricolo, Futures Platform (2023) prevede che il mercato dei robot agricoli raggiunga un valore di 20,3 miliardi di dollari entro il 2025, suggerendo un aumento significativo rispetto ai 4,6 miliardi di dollari del 2020.

Droni (sia veicoli aerei senza pilota - UAV sia veicoli terrestri senza pilota - UGV) permettono, insieme alle immagini satellitari, il monitoraggio della salute delle piante, il controllo dei parassiti, la gestione del bestiame, il rilevamento aereo e l'analisi del suolo.

Tecnologie per la riduzione delle emissioni, attraverso l'implementazione di soluzioni di cattura, utilizzo e stoccaggio del carbonio, permettono di ridurre le emissioni di gas serra che rappresentano una sfida sempre più grande per l'industria agricola.

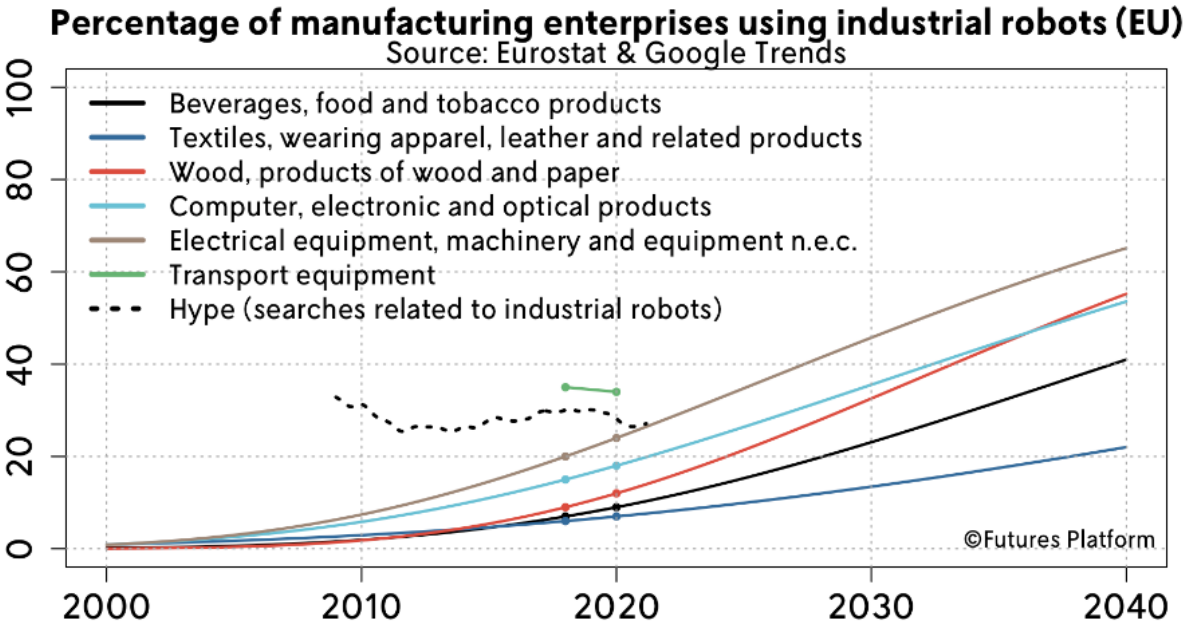


Figura 10. Trend di crescita nella percentuale di imprese manifatturiere che utilizzano robot industriali (credits: Futures Platform)

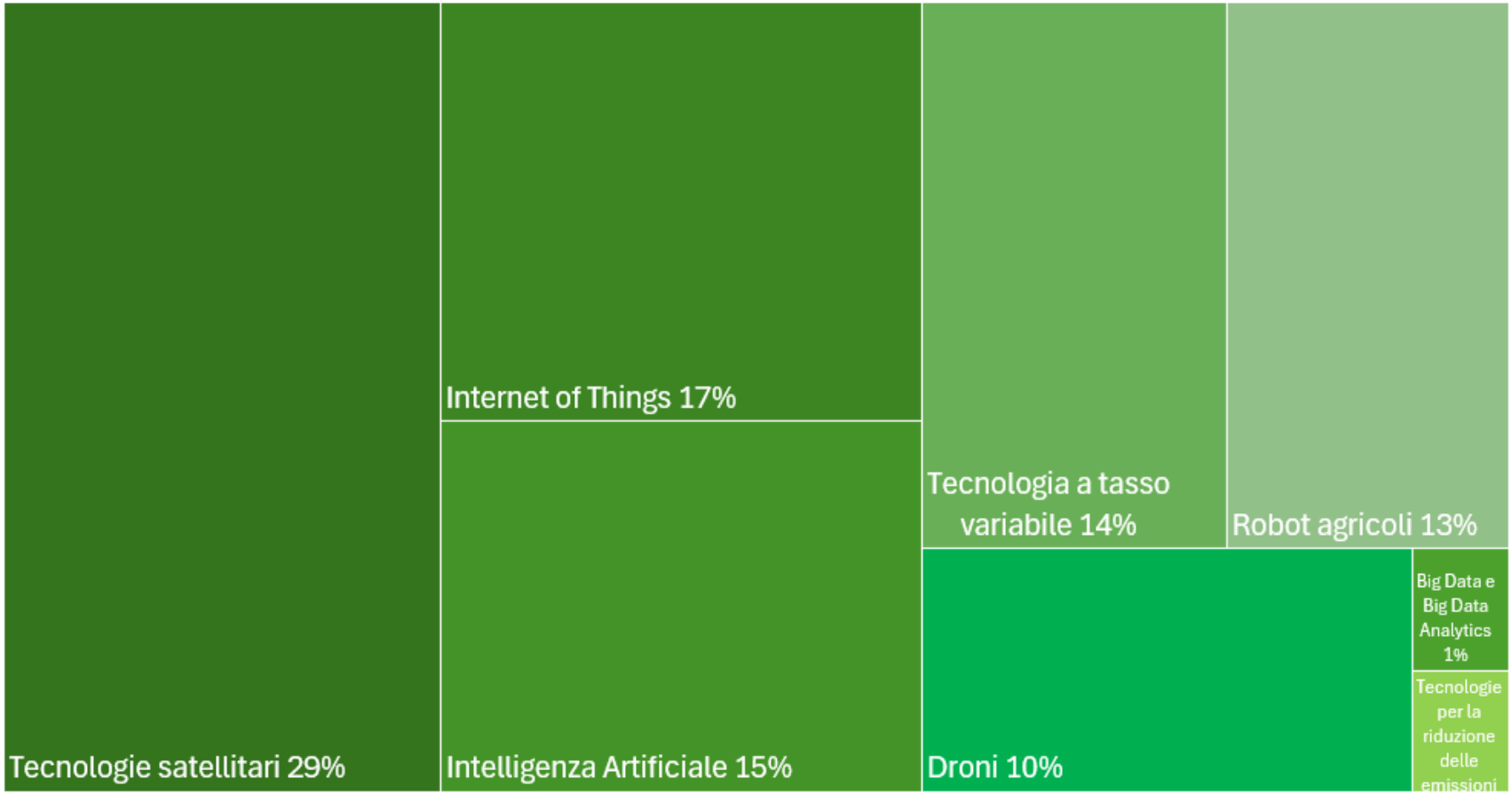


Figura 11. Trend tecnologici per l'agricoltura di precisione sulla base di survey presso startup a livello internazionale (dati: Startus Insights)

La digitalizzazione e la robotizzazione dell'agricoltura hanno maggiori probabilità di ottenere raccolti maggiori con costi e impatto ambientale inferiori rispetto all'agricoltura tradizionale. Il meteo, il suolo o qualsiasi altra condizione esterna e la loro relazione con la crescita dei prodotti possono essere visti come big data, che possono quindi essere utilizzati per operazioni più ottimizzate attraverso tecniche di machine learning.

Tali tecnologie possono anche ridefinire le modalità di lavoro degli agricoltori. L'agricoltura tradizionale è una linea di lavoro impegnativa, soprattutto per gli agricoltori più anziani. Gli agricoltori in futuro potrebbero diventare più simili ai gestori di flotte che supervisionano i sistemi di agricoltura robotica. Per questi motivi, si prevede che le tecnologie e le tecniche agricole ad alta tecnologia potranno avere un impatto significativo sull'occupazione nell'intera catena del valore dell'agricoltura.

Driver socio-tecnici

La crescita dell'agricoltura di precisione non sarà determinata soltanto da trend tecnologici come quelli descritti nella sezione precedente ma anche da fattori trainanti di tipo socio-tecnico, collegati in senso più ampio alle trasformazioni in atto nella nostra società.



Sostenibilità

Gli agricoltori possono sfruttare l'agritech in modo più deliberato per supportare l'adozione più ampia di pratiche agricole sostenibili. Per partecipare ai programmi di sostenibilità, gli agricoltori non devono solo adottare pratiche sostenibili, ma anche verificarne la conformità e misurarne continuamente l'impatto. Ciò include la misurazione del carbonio organico del suolo per verificare il sequestro del carbonio: per molti programmi sul carbonio, ad esempio, sono richiesti dati storici di tre-nove anni a seconda della rotazione delle colture. Questi coprono punti dati specifici come cronologia della lavorazione, dati sulla resa, risultati del campionamento del suolo e input delle colture. In totale, è necessario raccogliere e registrare fino a 100 diversi campi di dati durante la stagione di crescita per soddisfare i requisiti di convalida e verifica. Gli agricoltori devono inoltre fornire fino a 100 anni di requisiti di permeabilità per il sequestro del carbonio per dimostrare che non si è verificata un'inversione. Le tecnologie legate alla sostenibilità che supportano la misurazione, la rendicontazione e la verifica, nonché le tecnologie di raccolta dati come il telerilevamento, stanno iniziando a soddisfare i gravosi requisiti in materia di dati e probabilmente svolgeranno un ruolo importante nella transizione degli agricoltori verso pratiche più sostenibili.



Scarsità d'acqua

Uno dei primi cinque rischi globali per il benessere della popolazione mondiale è la scarsità d'acqua. Secondo Idrica (2023), nel 2025, circa 3,5 miliardi di persone al mondo vivranno in aree con scarsità idrica, mentre la richiesta d'acqua globale aumenterà del 30% entro il 2050. Il cambiamento climatico ha influenzato l'approvvigionamento di risorse idriche essenziali come nevicate, precipitazioni, fiumi e acque sotterranee. Pertanto, l'industria idrica è sotto pressione per ottenere una gestione ottimale e aumentare la resilienza. Ciò ha portato il settore dell'approvvigionamento idrico e dei servizi igienico-sanitari a esplorare nuovi processi e una varietà di tecnologie intelligenti. Attualmente, è in fase di sviluppo un'ampia gamma di tecnologie di gestione, distribuzione, purificazione e raccolta dell'acqua per sfruttare al meglio le risorse idriche convenzionali e non convenzionali, tra cui acqua di mare, acque reflue, nebbia e iceberg. Ad esempio, un metodo per la raccolta dell'acqua di nebbia e la desalinizzazione dell'acqua di mare sono opzioni praticabili per fornire acqua potabile. Oltre alle tecnologie per fornire acqua potabile, uno dei metodi emergenti innovativi per aumentare il volume di raccolta dell'acqua dall'aria è la semina a pioggia la quale potrebbe consentire la trasformazione di aree desertiche in terreni agricoli creando precipitazioni con sostanze chimiche e dispiegando droni. Le tecnologie di distribuzione dell'acqua sono anche molto promettenti nell'espansione dei servizi

di riutilizzo delle acque reflue e dell'acqua alle comunità meno servite. Inoltre, la gestione basata sui dati e i progressi tecnologici nei sensori e nelle comunicazioni aiuteranno sia l'industria idrica che l'industria agricola a creare processi più sostenibili. L'irrigazione intelligente, abilitata dall'Internet of Things e dalla tecnologia di telerilevamento, ottimizzerà il consumo di acqua e massimizzerà i raccolti, riducendo al contempo l'impronta di carbonio.



Regolamentazione

La regolamentazione svolge già un ruolo fondamentale nel dare forma al futuro dell'agritech: i dati dell'indagine McKinsey (2022) mostrano che i programmi sponsorizzati dal governo sono i principali motori dell'adozione di programmi di sostenibilità, con circa il 40 percento degli agricoltori che dichiara di partecipare a queste iniziative. Le modifiche normative proposte negli ultimi tre-cinque anni in vari paesi probabilmente influenzeranno la direzione dell'adozione e dell'innovazione dell'agritech. Ad esempio, il Green Deal proposto dall'Europa (parti del quale si concentrano sulla riduzione complessiva e sull'esposizione agli input agricoli) è ampiamente previsto che avrà un impatto moderatore sull'uso di fertilizzanti e pesticidi da parte degli agricoltori. Sono state inoltre proposte modifiche al Piano canadese di riduzione delle emissioni per il 2030, che mirano a ridurre le emissioni derivanti dall'applicazione di fertilizzanti. È probabile che ciò favorisca l'adozione di innovazioni agritech, come soluzioni software per la gestione delle aziende agricole e tecnologie per l'agricoltura di precisione, insieme a un passaggio all'utilizzo di input con minori emissioni di gas serra.



Biodiversità e One Health

L'importanza della biodiversità e il riconoscimento progressivo del concetto di One Health, secondo il quale che la salute umana, la salute animale e la salute degli ecosistemi sono interconnesse e dipendenti l'una dall'altra, potranno avere un ruolo significativo nello sviluppo e nella diffusione dell'agricoltura di precisione. Essa può infatti utilizzare tecnologie avanzate per monitorare e gestire la biodiversità nei campi, come sensori e droni per rilevare la presenza di diverse specie e la salute degli ecosistemi. Questo permette di adottare pratiche agricole che favoriscano la biodiversità, come la rotazione delle colture e l'uso di colture di copertura. Monitorando in modo preciso la presenza di parassiti e malattie, l'agricoltura di precisione può ridurre la dipendenza dai pesticidi chimici, favorendo invece strategie basate sulla biodiversità, come l'uso di nemici naturali dei parassiti. Attraverso il concetto di One Health, l'agricoltura di precisione può contribuire a sistemi agricoli che supportano la salute umana e animale, riducendo l'incidenza di malattie zoonotiche e migliorando la qualità degli alimenti prodotti. Implementando pratiche agricole che supportano la biodiversità, l'agricoltura di precisione contribuisce alla sostenibilità ambientale e alla conservazione delle specie, promuovendo un equilibrio tra produzione agricola e conservazione della natura.

Verso l'agricoltura rigenerativa

Al giorno d'oggi, la maggior parte del nostro cibo è prodotto da un'agricoltura industriale che si concentra principalmente sulla crescita e sulla resa. Di conseguenza, abbiamo realizzato una massiccia scala di produzione commerciale a spese dell'ambiente. La perdita di biodiversità, l'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria, l'erosione del suolo, il basso valore nutritivo degli alimenti e lo sviluppo di malattie dovute all'uso eccessivo di prodotti chimici in agricoltura sono diventati problemi inevitabili e gravi nella società. Per affrontare tali crisi, un trend chiave che Futures Platform (2024) considera in crescita per il futuro è quello dell'agricoltura rigenerativa.

La pratica della cosiddetta agricoltura rigenerativa è un metodo sostenibile simile all'agricoltura dell'era pre-industriale. La differenza sta nella rinnovata attenzione per un miglioramento organico della qualità del suolo e all'evitare il degrado del suolo, che può essere ottenuto ruotando le colture, utilizzando inoculanti microbici invece di fertilizzanti chimici e distribuendo piante di copertura per prevenire l'erosione del suolo. Inoltre, l'agricoltura rigenerativa può anche mitigare le crisi climatiche attraverso piante di copertura che catturano e intrappolano il carbonio nell'atmosfera.

Sebbene la resilienza del suolo sembri essere la preoccupazione principale dell'agricoltura rigenerativa, il metodo in realtà nutre in modo inclusivo tutti gli esseri viventi e non viventi intorno ai terreni agricoli poiché il deterioramento del suolo comporta una peggiore qualità e quantità di cibo, più input chimici e più problemi di rischio biologico ambientale. I principi chiave dell'agricoltura rigenerativa secondo AgriCaptureCO2 (2023) sono raffigurati in Figura 12.



Figura 12. I principi chiave dell'agricoltura rigenerativa.

Quattro scenari per il futuro dell'agricoltura di precisione in Europa

Il Parlamento Europeo ha redatto, tramite la Strategic Foresight Unit, un report nel 2016 "Precision agriculture and the future of farming in Europe" al fine di esplorare i possibili impatti e sviluppi futuri dell'agricoltura di precisione. Per farlo, è stato organizzato un esercizio di previsione con esperti tecnici, specialisti di previsione e con un gruppo eterogeneo di stakeholder selezionati (compresi i rappresentanti degli agricoltori, le ONG e il personale del Parlamento europeo che lavora nel settore). Questo esercizio ha portato allo sviluppo di una serie di scenari alternativi, che descrivono possibili futuri dell'agricoltura in Europa per il 2050. Gli scenari individuati sono quattro, sintetizzati come segue.

Ottimismo economico

- incentrato su uno sviluppo puramente economico secondo il paradigma del libero mercato

Sviluppo sostenibile globale

- caratterizzato da una spinta sovranazionale verso la sostenibilità

Competizione regionale

- basato sul paradigma del ritorno a uno stato di regioni in competizione tra loro

Sviluppo sostenibile regionale

- caratterizzato dal principio della sostenibilità realizzato in comunità locali strettamente legate tra loro

I quattro scenari hanno portato all'identificazione di quattro principali opportunità e preoccupazioni future riguardanti l'agricoltura di precisione nell'Europa sulle quali il Parlamento Europeo potrebbe agire in anticipo.



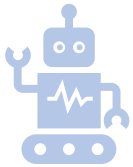
Sicurezza alimentare

In tutti gli scenari previsti, siano essi ottimisti o pessimisti, la sicurezza alimentare è fondamentale. Per raggiungere la sicurezza alimentare e nutrizionale a livello mondiale entro il 2050, la produttività totale dei fattori agricoli dovrà crescere ad un tasso medio di almeno l'1,8% all'anno. Sulla base dei dati Eurostat, la crescita de TFP nell'agricoltura in Europa è rimasta, in maniera costante, al di sotto di questa percentuale. L'adozione dell'agricoltura di precisione può aiutare attivamente a raggiungere tale scopo.



Sostenibilità ambientale legata all'agricoltura

Il concetto si ritrova in tutti gli scenari proposti. Entro il 2050, la popolazione mondiale supererà i 9,5 miliardi di persone e per soddisfare questa domanda globale avremo bisogno di una produzione agricola superiore del 70-100%. Produrre di più e consumare di meno attraverso l'agricoltura di precisione sarà la forza trainante per soddisfare in modo sostenibile le esigenze ambientali dell'Unione Europea.



Cambiamenti sociali e adozione di tecnologie in agricoltura

Dai quattro scenari emerge che, analogamente al modo in cui PC, Internet, smartphone hanno cambiato il nostro stile di vita, in ogni contesto l'agricoltura di precisione innescherà cambiamenti sociali nella comunità rurali e darà vita a nuovi modelli di business.



Competenze e educazione

Come ogni nuova tecnologia, l'introduzione e l'adozione dell'agricoltura di precisione richiederà l'apprendimento di nuove competenze da parte degli agricoltori. I giovani devono essere dotati del giusto mix di competenze base, sia specifiche per il lavoro che trasversali, per poter gestire e promuovere l'agricoltura di precisione.

Da un punto di vista legislativo e politico, il futuro dell'agricoltura di precisione sarà probabilmente dominato dallo scambio di dati. Coloro che possiedono i dati possono dirigerli e controllarli sono dunque in una posizione centrale di potere. Chi gestirà la proprietà dei dati e la relativa privacy e sicurezza è un tema di priorità uno che deve essere subito affrontato.

Nello "Scenario 1 - Ottimismo economico", sono le grandi aziende a detenere i dati; nello "Scenario 2 - Sviluppo sostenibile globale" è il governo; nello "Scenario 3 - Competizione regionale", i governi locali possono non possedere i dati, ma almeno hanno accesso a tutti i dati; e nello "Scenario 4 - Sviluppo sostenibile regionale", le persone e le imprese possiedono i loro dati, ma li condividono facilmente.

Questo tema rappresenta la principale preoccupazione nell'adozione di strategie di agricoltura di precisione, poiché ha un impatto diretto sulla politica e sulla legislazione.

Ottimismo economico

In questo scenario, le dinamiche di mercato giocano un ruolo centrale, il commercio è libero e globale e l'economia è in piena espansione.

Le persone, in generale, fanno pieno affidamento sulla tecnologia. Le nuove tecnologie si diffondono rapidamente, incontrano poca resistenza.

Dall'altro lato però, i meccanismi di mercato governano gli sviluppi e comportano rischi crescenti e fenomeni di disuguaglianza economica e sociale. Le differenze di reddito che ne derivano determinano l'accesso globale alla tecnologia. Tuttavia, le persone hanno fiducia e credono che la combinazione dei meccanismi di mercato con il progresso tecnologico saranno in gradi di risolvere le disuguaglianze sociali ed economiche.

L'agricoltura in Europa è completamente automatizzata, così tanto da avere robot autonomi. L'agricoltura di precisione viene utilizzata per migliorare la biodiversità, per dare ai consumatori la possibilità di conoscere la provenienza degli alimenti. I dati raccolti e gli approfondimenti supportano il processo decisionale per produrre in modo efficiente e per stimolare una nuova crescita economica.

La professione dell'agricoltore non esiste più come la conosciamo oggi, la maggior parte delle aziende agricole è altamente automatizzata, con solo pochi lavori manuali. Oltre alle competenze tecnologiche e legislative, le competenze imprenditoriali (gestione aziendale, gestione dell'innovazione, imprenditorialità, marketing) sono particolarmente importanti per questo scenario.

Dal punto di vista legislativo il principio è quello di "lasciare che siano i meccanismi di mercato a decidere", riducendo così al minimo l'intervento governativo ed un ruolo fondamentale è svolto dall'allentamento delle norme sulla sicurezza dei dati e degli standard sulla privacy. Sarebbero necessari ingenti investimenti in innovazioni tecnologiche e una forte alleanza con gli istituti scientifici e tecnologici.

Sviluppo sostenibile globale

La protezione dell'ambiente e la lotta contro le disuguaglianze sono di massima importanza in questo scenario. Questi obiettivi vengono raggiunti attraverso la cooperazione globale, quadri politici chiari, tecnologie efficienti e talvolta persino cambiamenti comportamentali mirati alla sostenibilità.

Sostenibilità, equità e giustizia sono al centro. Saranno infatti adottate le tecnologie che contribuiscono a questi obiettivi. Le persone, quindi, saranno principalmente alla ricerca e investiranno in tecnologie che contribuiscano a "un mondo migliore" secondo questi criteri.

C'è una governance globale da parte di forti istituzioni internazionali e legislazioni, ma applicate come quadri e obiettivi che vengono poi realizzati dagli attori "sul campo".

L'agricoltura di precisione viene spinta avanti e si sviluppa rapidamente là dove contribuisce chiaramente alla sostenibilità dell'agricoltura, ed è fortemente regolamentata. Può essere trovata in città, sotto forma di fattorie verticali, e in

campagna, dove ogni appezzamento di terra è attribuito a uno specifico uso, sia esso la produzione alimentare o la conservazione della natura e della biodiversità.

Competizione regionale

Le regioni (gruppi di paesi, paesi o regioni all'interno dei paesi) hanno preso il sopravvento. Si concentrano sui propri interessi diretti e sull'identità regionale, il che ha causato alcune tensioni interregionali o interculturali e ha reso impossibile sfruttare i vantaggi della scala.

La sicurezza è fondamentale e le tecnologie che non hanno dimostrato la loro efficacia in questo senso, o tecnologie che promettono cambiamenti rapidi e su larga scala, non vengono adottate. Invece, si investe pesantemente in tecnologia per l'efficienza e la sicurezza.

L'approvvigionamento alimentare locale, ad esempio, si basa sul principio dell'indipendenza nazionale o locale, con l'ambiente al secondo posto. L'agricoltura di precisione viene utilizzata per stimolare la crescita e la produzione regionale.

A causa della predominanza della scala regionale e della domanda sociale di sicurezza alimentare, alcune manipolazioni genetiche di piante, suolo e clima sono accettate, ma solo quando sono strettamente monitorate. Gli agricoltori sono considerati le risorse principali per garantire l'autosufficienza della regione.

Sviluppo sostenibile regionale

Per i problemi legati all'ambiente e alle disuguaglianze sociali, le soluzioni vengono cercate a livello regionale. La chiave è un drastico cambiamento dello stile di vita e la decentralizzazione del governo.

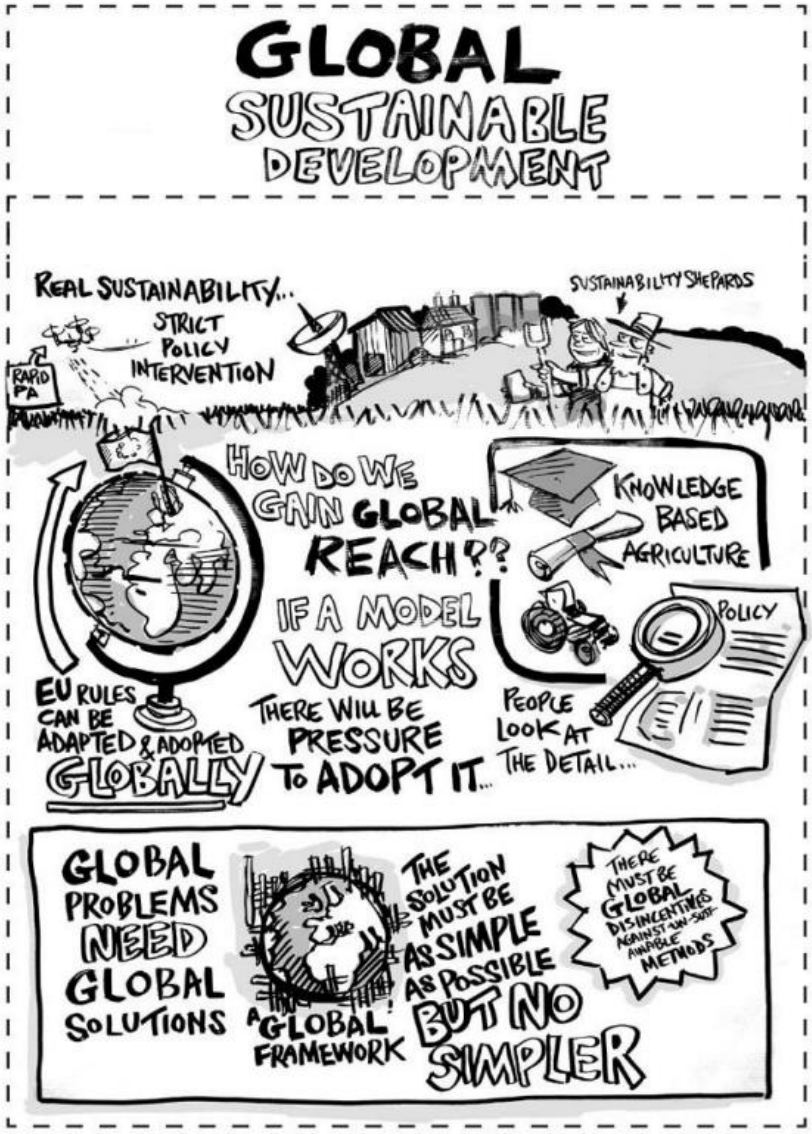
Ovunque, l'attenzione principale è rivolta alla propria regione, perché tutti credono che qui la sostenibilità possa essere realizzata. Le decisioni nascono dall'idealismo piuttosto che dalla paura, le comunità sono forti e strettamente unite.

Nel complesso, il paradigma è incentrato sul cambiamento su piccola scala e, sebbene ciò sia stato efficace sotto molti aspetti, i vantaggi delle grandi dimensioni (internazionali) non sono stati realizzati.

La agricoltura di precisione viene impiegata per produrre in modo più sostenibile e per ridurre l'impatto ambientale. Ha fatto progressi, ma le fattorie non sono completamente automatizzate, a causa della mancanza di scala e di un progresso tecnologico generalmente più lento.



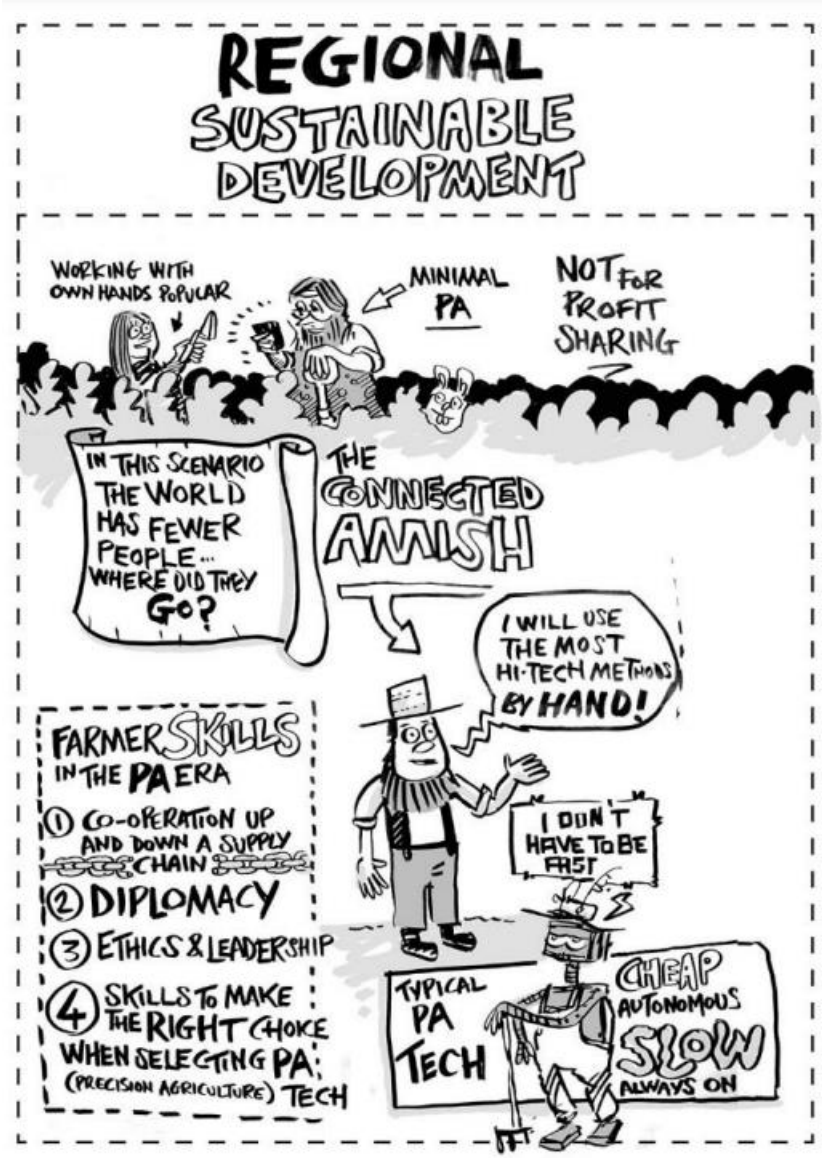
- obiettivo principale: crescita economica
- crescita economica molto rapida
- rapido sviluppo tecnologico
- crescita demografica piuttosto lenta
- aumento della globalizzazione del commercio mondiale e libero scambio
- le tecnologie di agricoltura di precisione e altre sono implementate con l'unico scopo di maggiore efficienza
- sviluppo completo della agricoltura di procesione, fino al punto di robot autonomi e gestione automatizzata delle fattorie
- politiche e legislazioni che creano mercati aperti



- obiettivo principale: sostenibilità globale
- forte crescita economica
- sviluppo tecnologico di media rapidità
- forte governance globale, il governo stabilisce quadri e obiettivi di sostenibilità
- commercio mondiale, globalizzazione e libero scambio
- Le innovazioni nella agricoltura di precisione sono legate a questioni di sostenibilità ed equità
- La agricoltura di precisione si sviluppa rapidamente, con tecnologie semi-autonome presenti nella maggior parte delle fattorie
- Aumento dell'intensità della regolamentazione



- obiettivo principale: sicurezza
- crescita economica lenta
- sviluppo tecnologico lento
- crescita demografica rapida
- barriere commerciali e governi nazionali forti
- per risparmiare tempo e produrre di più, la tecnologia nell'agricoltura di precisione viene spinta e accettata
- si desiderano prodotti «reali» ma quando necessario, per essere autosufficienti, le modifiche sono permesse
- gli agricoltori sono visti come membri importanti della comunità



- obiettivo principale: sostenibilità regionale
- crescita economica da media a lenta
- crescita demografica media
- sviluppo tecnologico lento
- barriere commerciali
- gestione locale e attori locali
- l'agricoltura di precisione è utilizzata per la sicurezza alimentare e gli obiettivi di sostenibilità

Sistemi e paradigmi trasformativi per l'AgriFood

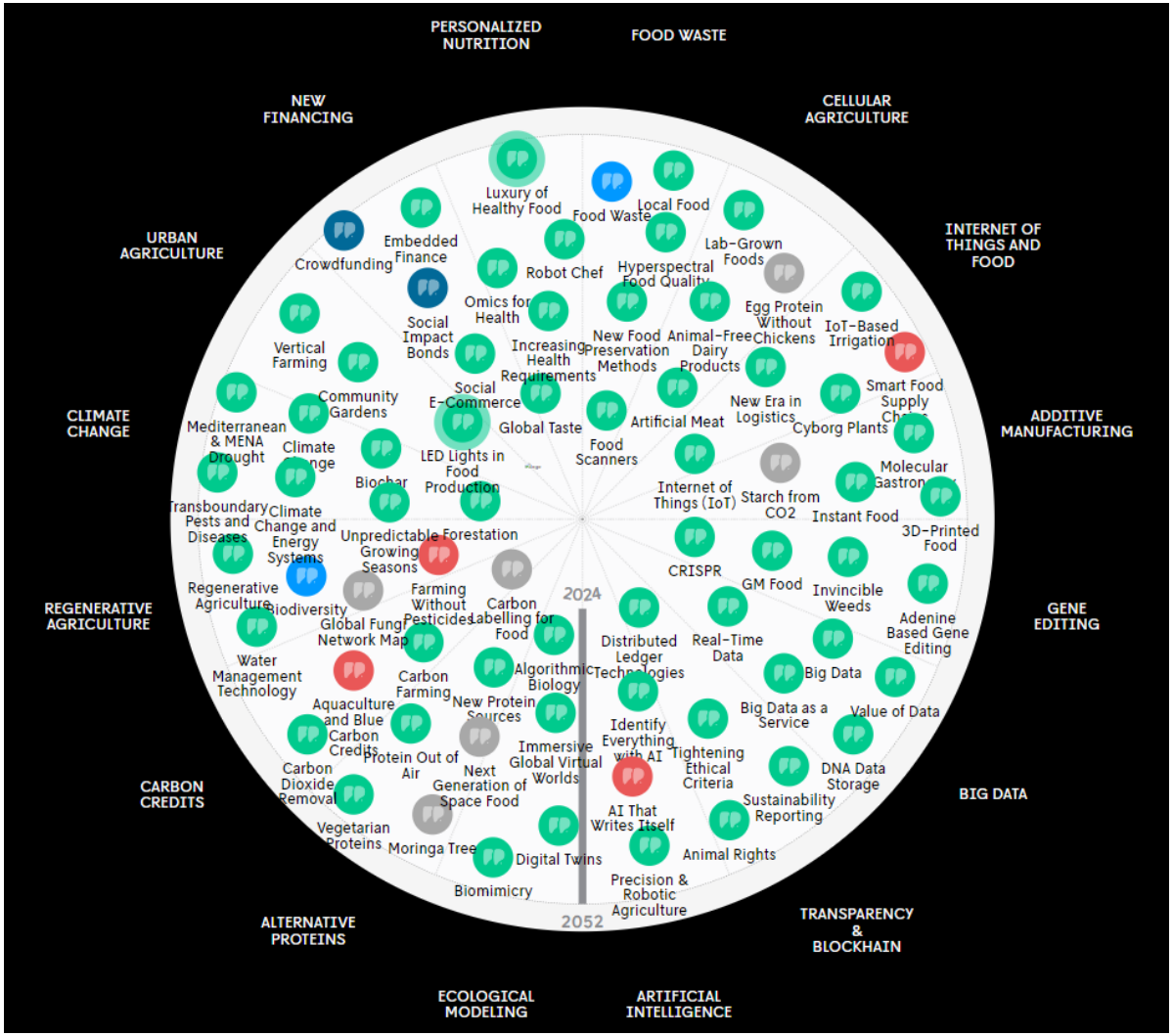
In questa sezione illustriamo i risultati di uno studio condotto da Futures Platform (2024) intervistando due futuristi, il Professor SohIAl Inayatullah (UNESCO Chair in Futures Studies) e la Dottoressa Ivana Milojević, per individuare gli elementi trasformativi per il settore dell'AgriFood a livello mondiale. La ricerca esplora più di 70 trend evolutivi dal 2024 al 2052, rilevanti per l'agricoltura e l'industria alimentare. Il risultato della ricerca è sintetizzato nel radar di Figura 13.

Gli elementi colorati rappresentano ciascuno un fenomeno, un trend, rilevante per il settore. In verde i trend in crescita, in azzurro quelli in diminuzione, in blu i trend stabili, in rosso le wild-card (ossia eventi possibili, anche se poco probabili, ad impatto significativo) e in grigio i segnali deboli (ossia fenomeni di cui si è iniziato a vedere qualcosa nonostante una limitata diffusione).

La collocazione dei fenomeni nel radar avviene sulla base di due fattori: la distanza dal centro indica l'orizzonte temporale considerato per il trend (più è vicino al centro del cerchio più è vicino alla data attuale), mentre l'angolo a cui è posizionato dipende dai quadranti nei quali è diviso il radar, ciascuno corrispondente a un determinato tema emergente.

Esploriamo ora il radar nelle sue componenti fondamentali.

Figura 13. Foresight radar per i sistemi e paradigmi trasformativi per l'AgriFood, a cura di SohIAl Inayatullah e Ivana Milojeciv (credits: Futures Platform)



Tema emergente e descrizione	Stima di probabilità (alta, media, bassa)
Spreco alimentare Riduzione importante dello spreco di cibo grazie all'innovazione tecnologica nei prodotti	Data l'urgenza del cambiamento climatico e la continua crescita del movimento ambientalista a livello globale, la riduzione dello spreco alimentare è una tendenza importante. Tuttavia, se questa o altre tecnologie avranno successo sarà stato ancora troppo presto per dirlo.
Agricoltura cellulare Il 40-50% di tutte le proteine proviene da carne in vitro, specialmente nella regione Asia-Pacifico	Attualmente, grandi aziende stanno innovando in questo settore, tuttavia, con grandi nazioni come la Cina che entrano nel mercato, l'impatto sarà drammatico. I gusti dei consumatori sono ancora incerti. L'impatto sulla mitigazione del cambiamento climatico è significativo.
Internet of Food Internet del cibo a livello globale entro il 2071, nelle regioni ricche e connesse entro il 2050	La tecnologia è in via di sviluppo, i costi possono essere ridotti e l'adozione è probabile dato il vantaggio strategico che offre ai primi adottanti. Connettere le aree più povere diventa un obiettivo politico cruciale.
Stampa 3D del cibo Le stampanti 3D per alimenti diventeranno la norma nelle famiglie benestanti entro il 2041	Sebbene la tecnologia sia destinata a svilupparsi, l'aspettativa è che rimanga un'area di nicchia. I costi nelle nazioni più povere dovrebbero diminuire. Le implicazioni per le strutture familiari tradizionali e le piccole aziende agricole potrebbero essere dirompenti.
Modifiche genetiche La modifica genetica viene utilizzata in tutto il mondo, diventando la nuova normalità in molti Paesi entro il 2042	Le questioni regolatorie saranno critiche. Anche se la tecnologia si svilupperà, resta altamente incerto se le agenzie permetteranno che la modifica genetica diventi normalizzata. La diffusione di successo dovrà essere legata a bisogni sociali pressanti.
Big Data Entro il 2041, il cibo come software compete con altri sistemi agroalimentari, diventando dominante nelle economie avanzate	Questo potrebbe rappresentare un cambiamento drammatico nel paradigma alimentare o semplicemente essere iperbolizzato. Non si tratta solo di accettazione tecnologica, ma la resistenza al cambiamento sarà un fattore. La proprietà dei dati e l'ingresso delle grandi corporazioni alimentari saranno decisivi.
Trasparenza e blockchain Tutti gli alimenti saranno obbligatoriamente sulla Blockchain entro il 2041	La virtualizzazione richiede nuovi modi per tracciare informazioni responsabili. C'è una necessità pressante e una domanda crescente.
Intelligenza Artificiale I finanziamenti per l'agri-tech superano quelli di tutte le startup in Africa entro il 2041	L'IA è destinata a alimentare la crescita economica in Africa. L'aumento della popolazione giovanile richiederà nuove tecnologie e i giovani creeranno nuove innovazioni sociali attorno a queste tecnologie.
Modellazione ecologica La creazione di eco-gemelli digitali e le	Sebbene questo sarà utile nei circoli accademici, il collegamento a un internet del cibo dipenderà dalle decisioni nazionali e aziendali. Un passaggio a un

piattaforme di sensoristica aiutano a modellare le politiche agricole pubbliche	bene comune alimentare globale rende questo più probabile.
Proteine alternative Nuove fonti proteiche fanno significativi progressi nelle aree tradizionali delle proteine entro il 2042	L'adattamento ai cambiamenti climatici, il successo tecnologico e la domanda di mercato rendono probabile che queste innovazioni crescano e sconvolgano il settore. Tuttavia, non è certo se diventeranno dominanti entro il 2042-2052.
Crediti di carbonio Si raggiungerà in sistema completo di carbon credit agricolo entro il 2042	La realizzazione di questo dipende dalla volontà politica. Tuttavia, l'aumento dell'ingresso dele corporate nel settore lo rende più plausibile.
Agricoltura rigenerativa L'agricoltura rigenerativa diventa il nuovo paradigma entro il 2042	I cambiamenti di paradigma possono richiedere decenni. Richiedono un cambiamento nella visione del mondo e fattori che guidino questo cambiamento. In questa fase, sembra più probabile che, invece di un cambiamento di paradigma, l'agricoltura rigenerativa rimarrà una nicchia poiché i finanziamenti si orientano verso la tecnologia alimentare.
Biochar Entro il 2041, il biochar è ampiamente utilizzato	Il biochar è utilizzato per mitigare l'anidride carbonica, migliorare la qualità del suolo, aiutare le piante a resistere alle malattie, trattenere l'umidità e mitigare l'inquinamento idrico. Il problema sarà la scalabilità. Certamente, le pressioni del cambiamento climatico lo renderanno più probabile.
Agricoltura urbana Il 30-40% di tutto il cibo necessario a una popolazione urbana viene prodotto in un ambiente urbano	Questo appare molto probabile dato il continuo processo di urbanizzazione e le strategie di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici.
Nuova finanza per il Sud globale Espansione della piattaforma per finanziare gli agricoltori in Africa nel prossimo decennio	È probabile che l'innovazione finanziaria e agricola in Africa cresca e si espanda.
Nutrizione personalizzata La nutrizione personalizzata diventa la norma nelle nazioni benestanti entro il 2041	C'è domanda da parte dei consumatori, le tecnologie stanno maturando e la redditività è probabile. La resistenza arriverà dalle questioni relative alla privacy delle informazioni e sarà necessario un nuovo contratto sociale riguardante la proprietà dei dati (proprietà statale, aziendale o individuale).

jjj

Le tecnologie per la gestione idrica: quali scenari possibili?

Presentiamo in questa sezione 2 scenari, elaborati dai futuristi di Futures Platform, in merito all'evoluzione delle tecnologie per la gestione idrica tra il 2025 e il 2040. Gli scenari sono diversi a seconda dell'importanza in ciascuno di questi di tre fattori:

- Sviluppo di innovazioni tecnologiche
- Risorse e investimenti nelle infrastrutture idriche
- Impatti negativi dei cambiamenti climatici

Ciascuno di questi fattori, negli scenari descritti, può essere presente in modo più o meno intenso, ossia può avere un ruolo maggiore o minore nello sviluppo degli scenari. Concretamente, rappresenteremo gli scenari in uno spazio a tre dimensioni, che avrà come base il triangolo di Figura 14.

I due scenari elaborati sono scenari globali e considerano come attori gli stakeholder dell'industria idrica, dell'industria agricola, i Paesi con scarsità d'acqua e i Paesi in via di sviluppo.

Inoltre, per ogni scenario, illustreremo un possibile percorso di sviluppo temporale, rappresentato sotto forma di timeline, che sottolinea i cambiamenti che potrebbero intercorrere per portare al futuro descritto.



Figura 14. Spazio dei driver per gli scenari futuri per le tecnologie per la gestione idrica (credits: Futures Platform)



Figura 15. Due scenari alternativi per la gestione dell'acqua (credits: Osservatorio Supercalcolo, illustrazione realizzata con il supporto di strumenti di IA generativa)

Affrontare la crisi della scarsità d'acqua e migliorare la resilienza

Nello scenario rappresentato in Figura 16, una gamma diversificata di tecnologie di gestione dell'acqua si sviluppa abbastanza velocemente per rispondere alla crescente domanda di acqua.

Le crescenti aspettative della società in materia di sostenibilità e la necessità di salvaguardare la produzione alimentare incoraggeranno i fornitori di servizi e le imprese a investire nella gestione delle acque reflue, nelle infrastrutture, nella circolazione e nella distribuzione dell'acqua e in altre promettenti tecnologie di gestione dell'acqua, come le tecnologie di imbrigliamento e di purificazione, su larga scala.

Mentre la probabilità di gravi siccità nelle regioni aride aumenta a causa dei cambiamenti climatici, la capacità di sfruttare le innovazioni tecnologiche contribuisce ad aumentare la resilienza delle regioni aride contro i cambiamenti climatici. Inoltre, la trasformazione digitale consente ai fornitori di servizi di gestire le infrastrutture dei servizi idrici da remoto e in tempo reale e permette agli agricoltori di adottare sistemi di irrigazione intelligenti. Ciò rafforzerà la gestione delle risorse idriche e, in ultima analisi, la sostenibilità e la resilienza dei settori idrico e agricolo.

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline in Figura 17.

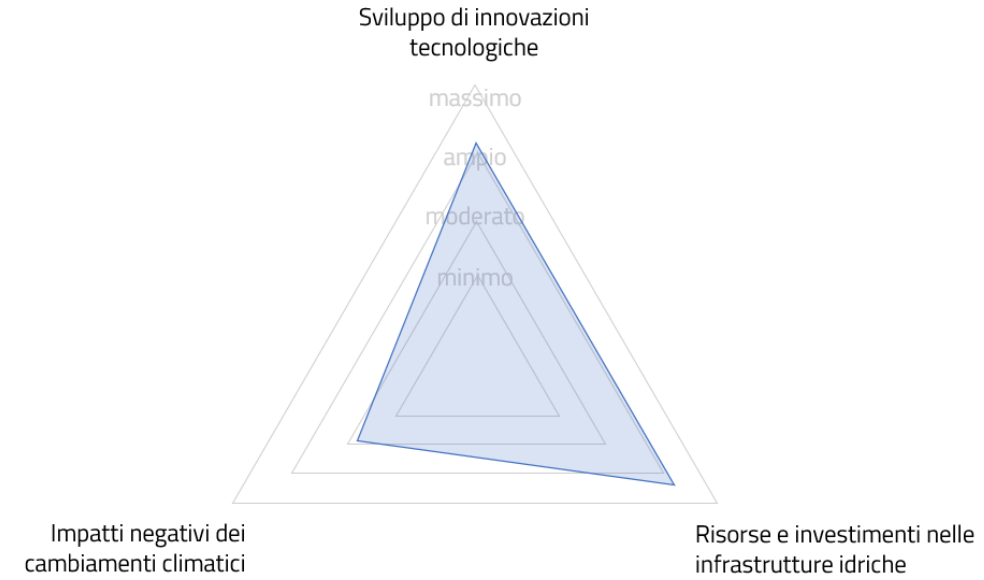


Figura 16. Ruolo dei driver nello scenario 'Affrontare la crisi della scarsità d'acqua e migliorare la resilienza' (Credits: Futures Platform)

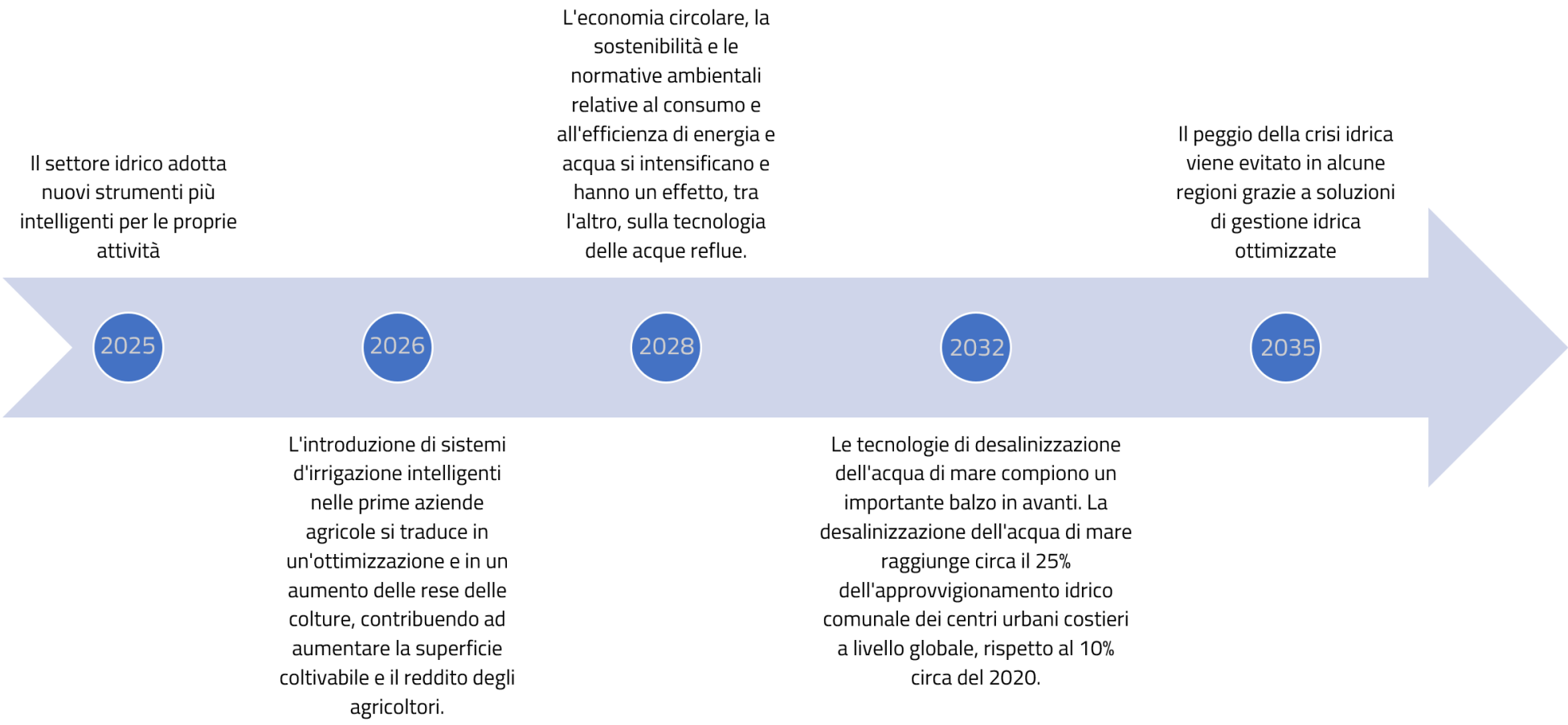


Figura 17. Timeline di realizzazione dello scenario 'Affrontare la crisi della scarsità d'acqua e migliorare la resilienza' (Credits: Futures Platform)

Lo sviluppo e l'adozione limitata delle tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica

Nello scenario rappresentato in Figura 18, alcune tecnologie di gestione dell'acqua continuano a evolversi, ma lo sviluppo e l'adozione non sono sufficientemente rapidi per combattere la grave scarsità d'acqua causata dai cambiamenti climatici e per operare una transizione radicale nella gestione delle infrastrutture idriche.

Nei Paesi in via di sviluppo, le lacune in termini di competenze tecniche e risorse rappresentano un ostacolo significativo per l'adozione diffusa delle tecnologie di gestione dell'acqua.

Inoltre, la mancanza di risorse da investire nelle infrastrutture idriche porta a conseguenze devastanti come le esondazioni di acqua e liquami, esponendo la salute pubblica e l'ambiente a rischi sia nei Paesi sviluppati che in quelli in via di sviluppo. Inoltre, il cambiamento climatico aggrava la crisi idrica in corso nelle regioni con scarsità d'acqua. Questo porta a disordini e conflitti sociali su larga scala in diverse regioni del mondo. Di conseguenza, il numero di rifugiati climatici aumenta in modo significativo.

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline in Figura 19.

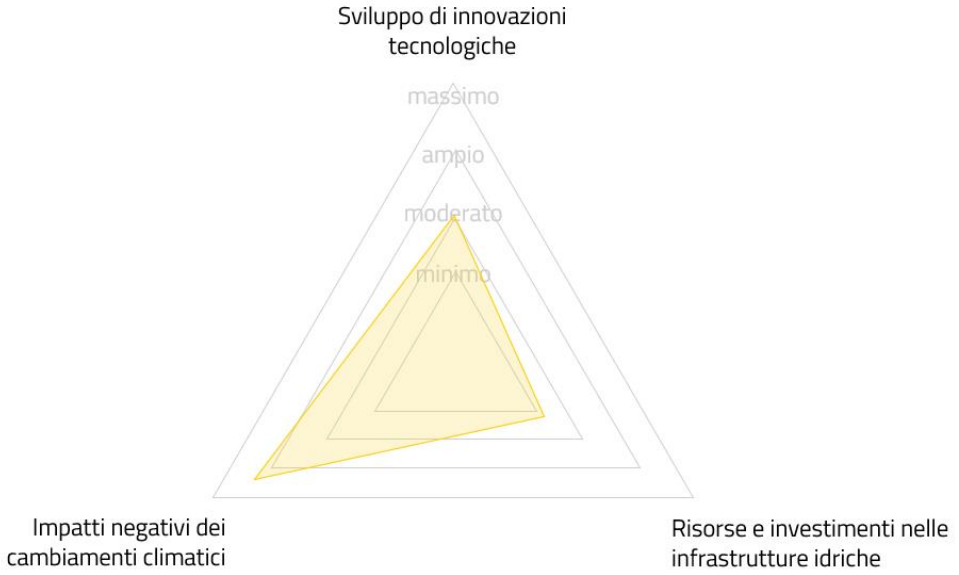


Figura 18. Ruolo dei driver nello scenario 'Lo sviluppo e l'adozione limitata delle tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica' (Credits: Futures Platform)

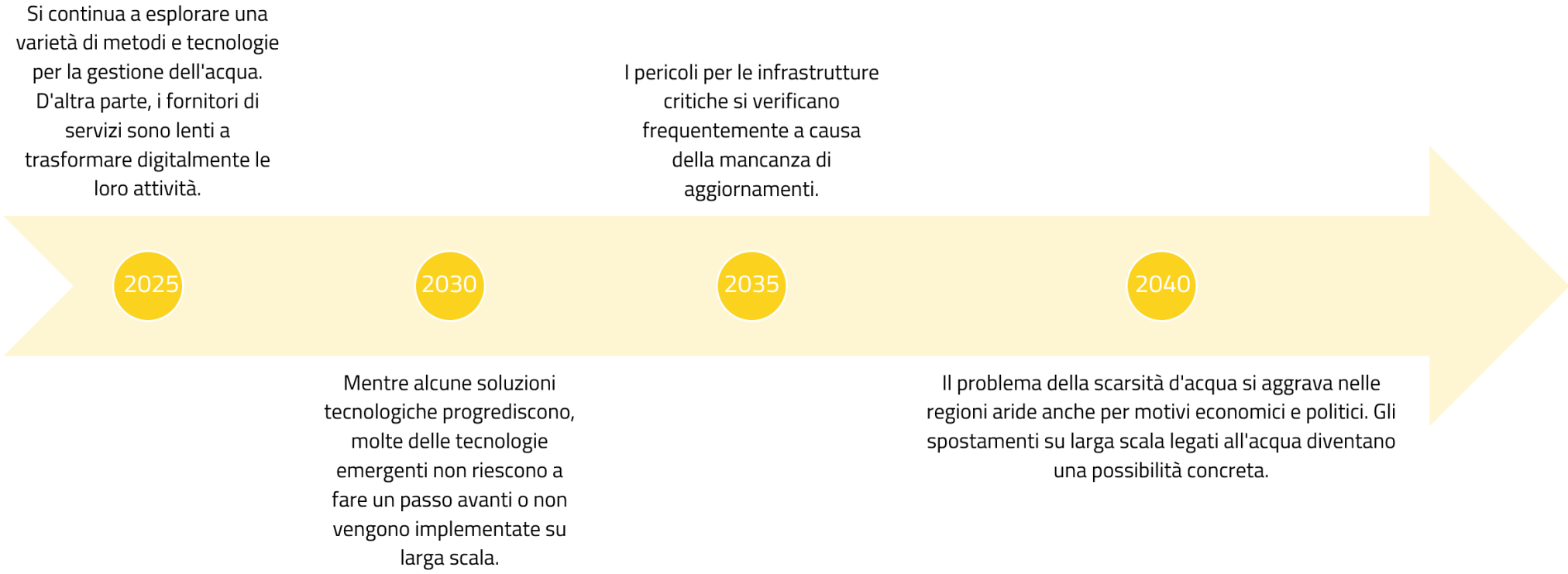


Figura 19. Timeline di realizzazione dello scenario 'Lo sviluppo e l'adozione limitata delle tecnologie di gestione dell'acqua aggravano ulteriormente la crisi idrica' (Credits: Futures Platform)

Sicurezza alimentare e tecnologie: quali scenari possibili?

Presentiamo in questa sezione 4 scenari, elaborati dai futuristi di Futures Platform, in merito alla sicurezza alimentare a livello globale tra il 2025 e il 2035. Gli scenari sono diversi a seconda dell'importanza in ciascuno di questi di otto fattori:

- Adozione di nuove tecnologie agricole e alimentari
- Finanziamenti di emergenza
- Prezzi dei fertilizzanti
- Disastri climatici
- Consumo intensivo di risorse
- Popolazione della classe media
- Prolungamento del conflitto in Ucraina
- Conflitti globali e locali

Ciascuno di questi fattori, negli scenari descritti, può essere presente in modo più o meno intenso, ossia può avere un ruolo maggiore o minore nello sviluppo degli scenari. Concretamente, rappresenteremo gli scenari in uno spazio a otto dimensioni, che avrà come base l'ottagono di Figura 20.

Inoltre, per ogni scenario, illustreremo un possibile percorso di sviluppo temporale, rappresentato sotto forma di timeline, che sottolinea i cambiamenti che potrebbero intercorrere per portare al futuro descritto.

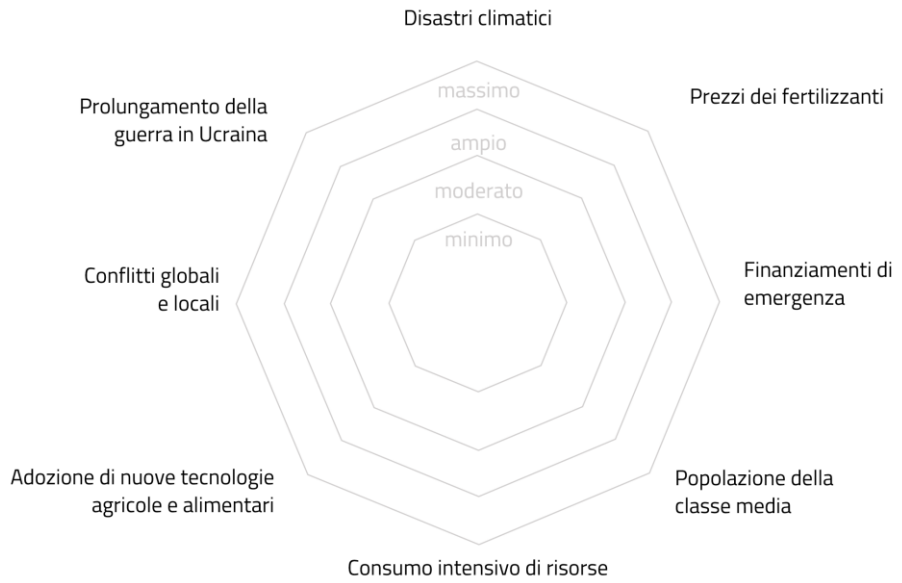


Figura 20. Spazio dei driver per gli scenari futuri per la sicurezza alimentare (credits: Futures Platform)



Figura 21. Quattro scenari alternativi per la sicurezza alimentare (credits: Osservatorio Supercalcolo, illustrazione realizzata con il supporto di strumenti di IA generativa)

Il consumo intensivo di risorse della nuova classe media accelera i problemi di salute, il cambiamento climatico e mina la sicurezza alimentare

Nello scenario di Figura 22, la crescita esplosiva della classe media, soprattutto nei mercati emergenti, mette a dura prova l'approvvigionamento alimentare ed energetico globale.

Un numero sempre maggiore di consumatori sposta le proprie abitudini alimentari verso cibi a base animale, altamente trasformati, zuccherati e grassi, e verso cibi esotici che richiedono un maggiore impiego di risorse. La nuova classe media globale ha bisogno di case e negozi più grandi, vola spesso e utilizza veicoli su una scala senza precedenti. I prezzi dell'energia e di alcune materie prime e prodotti alimentari, come carne, vino, cognac, frutti di mare, avocado e caffè, aumentano ogni anno.

La combinazione tra una popolazione di classe media globale in continua crescita e il suo appetito per un consumo che spreca risorse porta a un aumento significativo delle malattie legate all'alimentazione, come l'obesità, l'ipertensione e alcune malattie croniche come il diabete di tipo 2, soprattutto nei Paesi in via di sviluppo, con conseguente aumento vertiginoso dei costi sanitari.

Inoltre, i consumi e gli spostamenti della nuova classe media globale accelerano il cambiamento climatico, aumentando la pressione sugli agricoltori e minando la sicurezza alimentare.

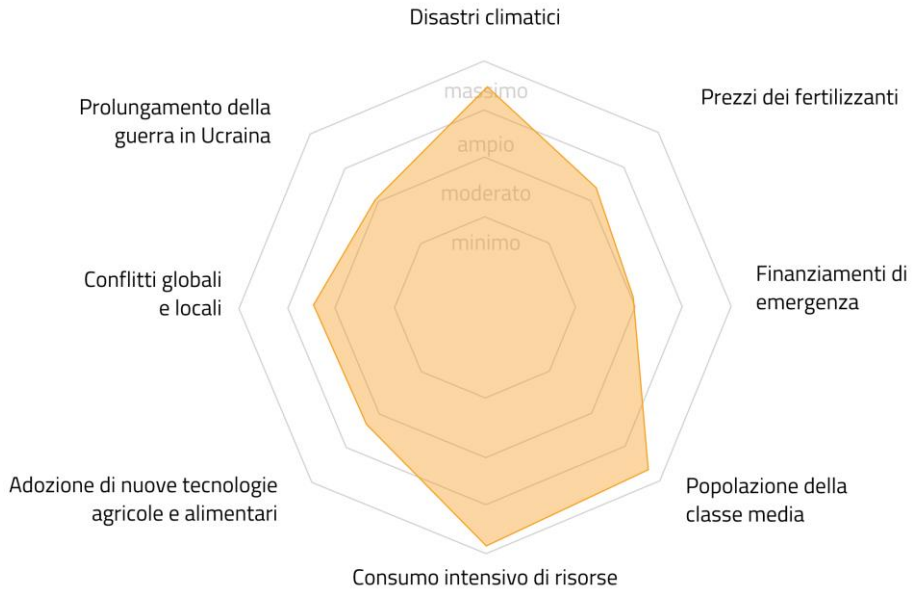


Figura 22. Ruolo dei driver nello scenario 'Il consumo intensivo di risorse della nuova classe media accelera i problemi di salute, il cambiamento climatico e mina la sicurezza alimentare' (Credits: Futures Platform)

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline Figura 23.



Figura 23. Timeline di realizzazione dello scenario 'Il consumo intensivo di risorse della nuova classe media accelera i problemi di salute, il cambiamento climatico e mina la sicurezza alimentare' (Credits: Futures Platform)

I disordini politici portano a una frammentazione del mercato alimentare globale e a una migrazione di massa verso l'Europa

Nello scenario raffigurato in Figura 24, mentre la Russia conduce una lunga guerra in Ucraina e continua ad armare le forniture alimentari, il numero di persone esposte a una grave insicurezza alimentare sale alle stelle, soprattutto nei Paesi che dipendono fortemente dalle importazioni di cibo.

Inoltre, gli alti prezzi dei fertilizzanti dovuti alla guerra e ai conflitti creano pressione sulla produzione agricola, in particolare per la carne, poiché anche i costi di produzione dei mangimi salgono alle stelle. Di conseguenza, diversi Paesi, soprattutto quelli sviluppati, hanno l'opportunità di accelerare l'innovazione nella produzione alimentare e di incentivare i consumatori a cambiare le proprie abitudini alimentari. Il consumo di carne diminuisce in tutto il mondo.

Sebbene i Paesi sviluppati favoriscano sempre più l'autosufficienza nella produzione alimentare adottando nuove tecnologie alimentari e agrotecniche, molti Paesi in via di sviluppo e dipendenti dalle importazioni si trovano ad affrontare massicci disordini sociali e un'escalation di povertà estrema. Questo porta a una migrazione di massa da molti Paesi africani e asiatici verso l'Europa, portando instabilità nella regione e nell'economia globale.

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline in Figura 25.

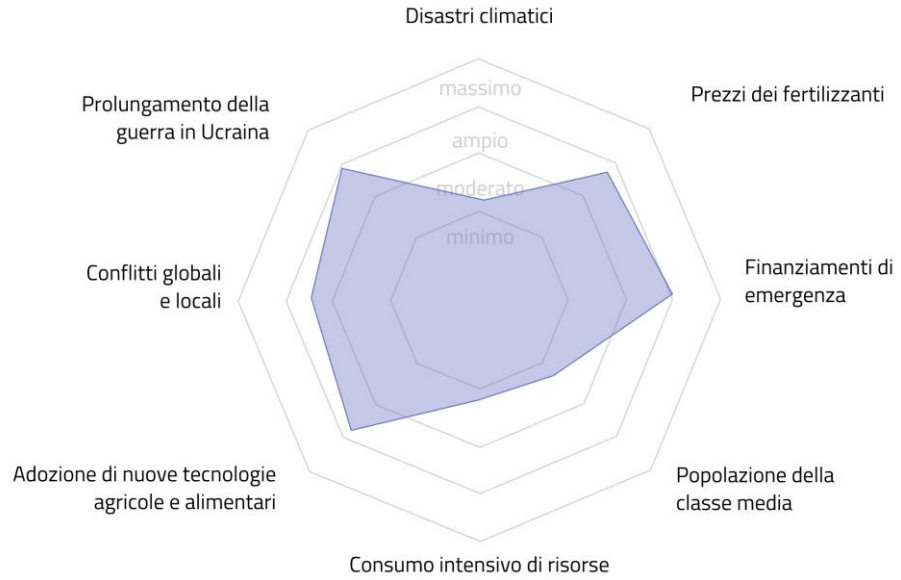


Figura 24. Ruolo dei driver nello scenario 'I disordini politici portano a una frammentazione del mercato alimentare globale e a una migrazione di massa verso l'Europa' (Credits: Futures Platform)



Figura 25. Timeline di realizzazione dello scenario 'I disordini politici portano a una frammentazione del mercato alimentare globale e a una migrazione di massa verso l'Europa' (Credits: Futures Platform)

La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente

Nello scenario di Figura 26, oltre a una guerra di lunga durata in Ucraina, alcuni conflitti politici degenerano in eventi politici estremi con impatto globale, come l'attacco della Cina a Taiwan e lo scoppio di una guerra civile negli Stati Uniti.

Inoltre, i disastri legati al clima e la limitata disponibilità di fertilizzanti ostacolano la produzione agricola e zootecnica. Il protezionismo alimentare si intensifica in modo massiccio, poiché i Paesi lottano per salvaguardare le forniture alimentari nazionali. Il mercato alimentare mondiale si blocca quasi completamente.

La combinazione di più eventi catastrofici innesca una crisi alimentare senza precedenti, in cui vaste aree del pianeta si trovano ad affrontare una carestia mortale: anche le aree ricche sperimentano una selezione ristretta di prodotti alimentari, prezzi mai visti prima e una vera e propria carenza di cibo.

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline Figura 27.

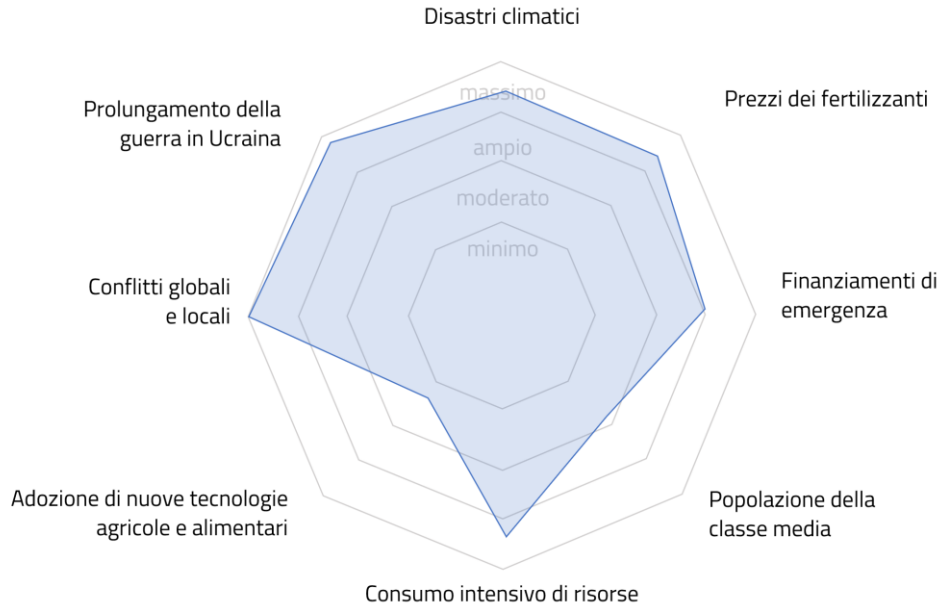


Figura 26. Ruolo dei driver nello scenario 'La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente' (Credits: Futures Platform)

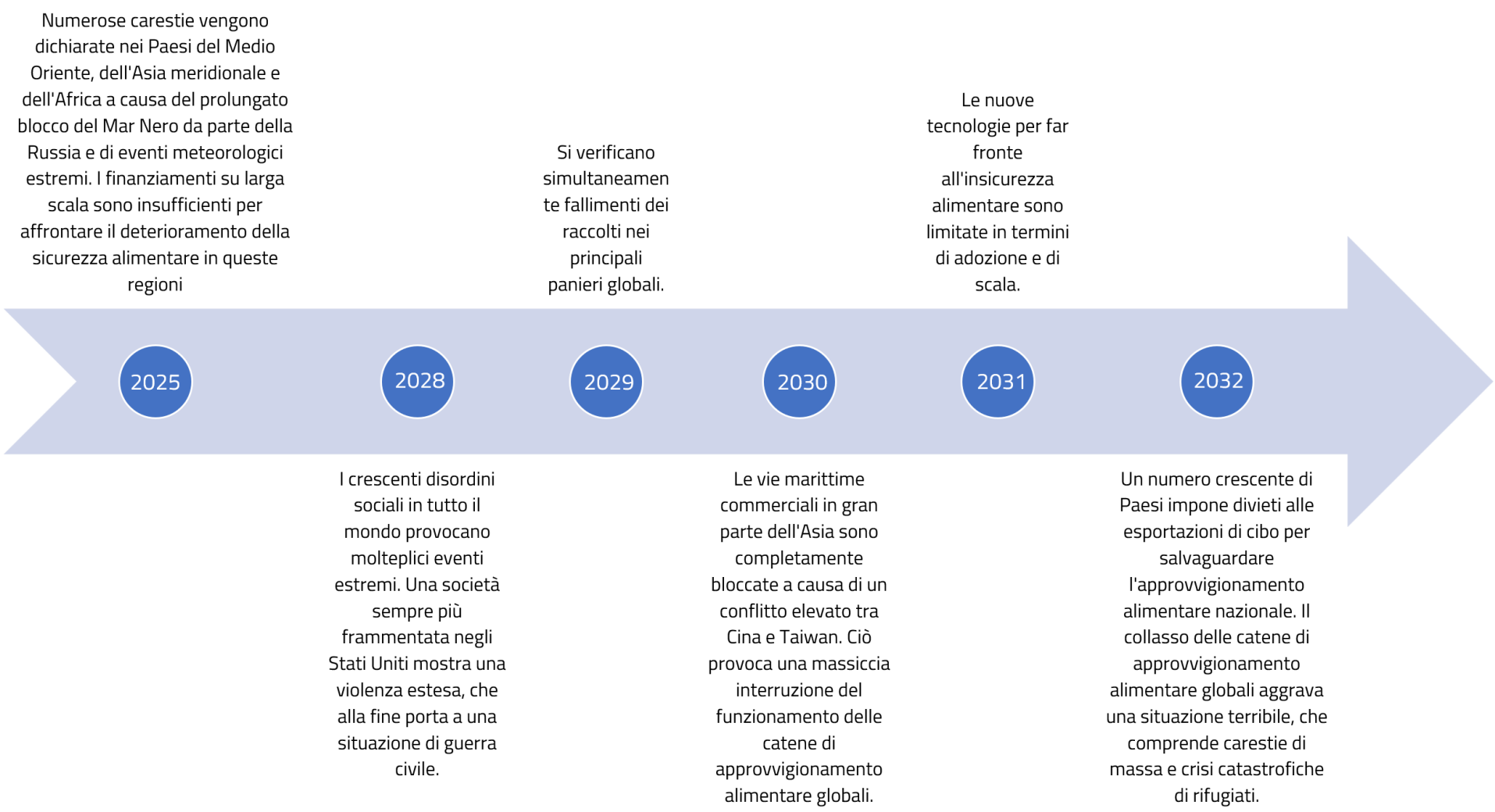


Figura 27. Timeline di realizzazione dello scenario 'La sicurezza alimentare globale si deteriora fortemente' (Credits: Futures Platform)

I sistemi alimentari globali diventano più resistenti grazie ad un commercio globale fiorente e a nuove soluzioni tecnologiche

Nello scenario raffigurato in Figura 28, l'assenza di conflitti globali, la prosperità del commercio e della cooperazione mondiale, la capacità di mitigare gli impatti del cambiamento climatico, i bassi prezzi dei fertilizzanti, dell'energia e delle materie prime e il consumo efficiente delle risorse, insieme all'introduzione completa di nuove tecnologie, stanno contribuendo a rimodellare la produzione alimentare e a migliorare la sicurezza alimentare globale.

In particolare, l'adozione su larga scala di nuove tecnologie agricole come l'agricoltura di precisione e robotica, la tecnologia OGM, l'agricoltura rigenerativa, l'agricoltura urbana e verticale, i droni, l'intelligenza artificiale, le luci a LED nella produzione alimentare e l'Internet delle cose (IoT), aumenta l'efficienza e il volume della produzione e di conseguenza migliora la resilienza dei sistemi alimentari.

Inoltre, i nuovi progressi nella gestione della lavorazione e della distribuzione degli alimenti, tra cui le filiere alimentari intelligenti e corte, gli alimenti coltivati in laboratorio, le tecnologie alimentari a base vegetale e le tecnologie legate ai rifiuti alimentari, consentono ai consumatori di modificare le loro diete e le loro pratiche di consumo.

Un possibile percorso di realizzazione di questo scenario è rappresentato nella timeline in Figura 29.

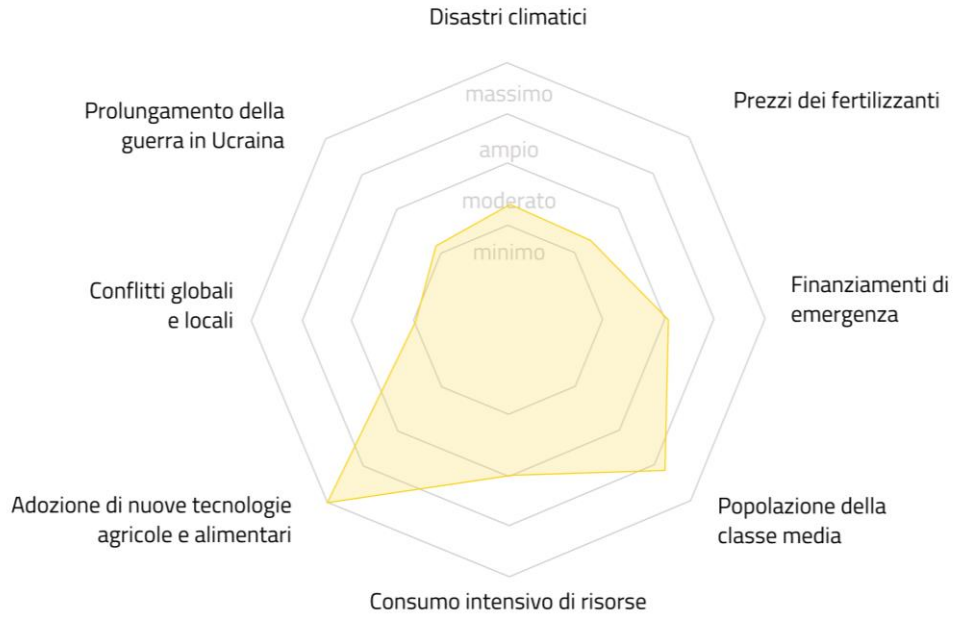


Figura 28. Ruolo dei driver nello scenario 'I sistemi alimentari globali diventano più resistenti grazie ad un commercio globale fiorente e a nuove soluzioni tecnologiche' (Credits: Futures Platform)

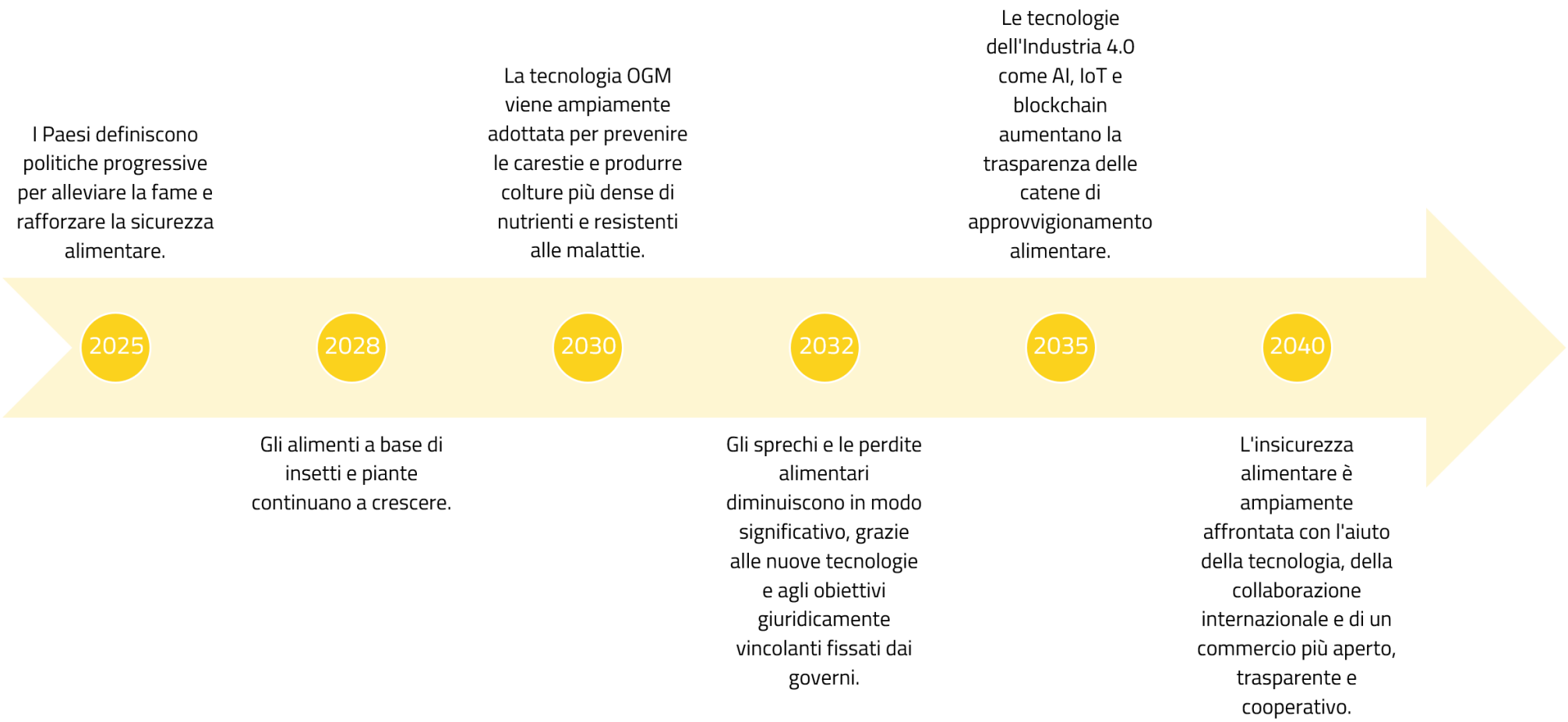


Figura 29. Timeline di realizzazione dello scenario 'I sistemi alimentari globali diventano più resistenti grazie ad un commercio globale fiorente e a nuove soluzioni tecnologiche' (Credits: Futures Platform)

Bibliografia

Agri Capture CO2 (2023). The Six Principles of Regenerative Farming: Why are they important? https://agricaptureco2.eu/the-six-principles-of-regenerative-farming-why-are-they-important/

Idrica (2023). The six water technology trends for 2023, according to Idrica. https://smartwatermagazine.com/news/idrica/six-water-technology-trends-2023-according-idrica

Maraveas, C., Konar, D., Michopoulos, D. K., Arvanitis, K. G., & Peppas, K. P. (2024). Harnessing quantum computing for smart agriculture: Empowering sustainable crop management and yield optimization. *Computers and Electronics in Agriculture, 218*, 108680. https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108680

Marcos, C., Kyzirakos, K., Pappas, K., Kanatas, A., Thanos, A., Angelis, V., ... & Doganis, P. (2020). CYBELE – Fostering precision agriculture & livestock farming through secure access to large-scale HPC enabled virtual industrial experimentation environments fostering scalable big data analytics. *Computer Networks*, 168, 107035. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.107035

Market and Markets (2023). Precision Farming Market Size, Share, Statistics and Industry Growth Analysis Report by Offering, Technology, Application and Region – Global Forecast to 2031. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-farming-market-1243.html

McKinsey (2023). Agtech: Breaking down the farmer adoption dilemma. https://mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agtech-breaking-down-the-farmer-adoption-dilemma

McKinsey & Company. (2024, June). *From bytes to bushels: How gen IA can shape the future of agriculture*. https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/from-bytes-to-bushels-how-gen-IA-can-shape-the-future-of-agriculture#/

Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali. (2022, luglio 25). Agricoltura di precisione https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/12069

Startus Insights (2023). 8 Precision Agriculture Trends in 2024. https://www.startus-insights.com/innovators-guide/precision-agriculture-trends/

STOA (2016). Precision agriculture and the future of farming in Europe. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/581892/EPRS_STU(2016)581892_EN.pdf


iFAB
INTERNATIONAL FOUNDATION
BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR HUMAN DEVELOPMENT


bi-rex
Big Data Innovation & Research Excellence


POLITECNICO
MILANO 1863
SCHOOL OF MANAGEMENT


osservatori.net
digital innovation


INTESA SANPAOLO


ThalesAlenia
a Thales / Leonardo company
Space


Consiglio Nazionale
delle Ricerche


ENEA


OLIVAIR


agritech
National Center for
Technology in Agriculture

Per citare il report

Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo (2024). "Osservazioni sulla... AGRICOLTURA DI PRECISIONE. Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing". www.osservatorio.supercomputing-icsc.it

L'Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo è un progetto del Centro Nazionale di Ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing.

Realizzato e gestito da IFAB (International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development), l'Osservatorio ha un focus privilegiato sulle PMI, sulle Pubbliche Amministrazioni e sulle Comunità.

L'attività dell'Osservatorio consiste nel mappare le più avanzate innovazioni tecnologiche, elaborare scenari futuri per lo sviluppo degli ecosistemi della ricerca e dell'innovazione e creare occasioni di incontro per i membri di questi ecosistemi.

Leggi questo e altri report su
www.osservatorio.supercomputing-icsc.it/report/

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ICSC Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing