

2.961



dal database Scopus
"ing", per paese di

ture extracted from

a year of the elaborations: 2025



miucco • Source: Scopus • Created with Datawrapper

6. FORMAZIONE ED AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE

SINOSSI

L'agricoltura di precisione nasce nel 1991 nell'ambito del convegno della Società Americana di Ingegneria dei Biosistemi, a seguito dello sviluppo della sensoristica, della automazione e soprattutto alla liberalizzazione dell'accesso ai sistemi satellitari di posizionamento. In Europa arriva nel 1997 nel primo convegno ECPA (European Conference on Precision Agriculture) che imprime a questa nuova opportunità nel metodo produttivo la funzione di incremento della sostenibilità.

Sono passati ormai più di 30 anni e nonostante gli studi a livello europeo che prevedevano nel 2016 un incremento annuo del 12% nella adozione della Agricoltura di Precisione (AP) il livello effettivo e sistemico di adozione della AP in Italia è di qualche punto % e soprattutto per le grandi imprese.

Qualcosa, quindi, non ha funzionato e la causa principale si può attribuire alla mancata formazione del capitale umano sulle nuove tecnologie e soprattutto sul nuovo approccio di analisi digitale e di protocolli operativi che queste tecnologie richiedono e possono produrre.

Anche il settore della formazione istituzionale è in ritardo e una spinta all'aggiornamento dell'offerta formativa è data dall'adeguamento delle declaratorie dei settori scientifico-disciplinari.

Strumenti fondamentali che possano colmare in tempi brevi l'aggiornamento di tecnici e consulenti sono oggi le proposte di master e percorsi IFTS che diano in una visione di sistema delle competenze necessarie ed il corretto approccio alla induzione della transizione digitale di precisione soprattutto nelle imprese medie e piccole anche delle aree interne.

Altrettanto fondamentale è l'attenzione verso strumenti di aggiornamento professionale (*long life learning*) che vedono in strumenti già fruibili come il progetto SPARKLE (www.sparkle-project.eu), tradotto in alcuni casi come la Grecia nella lingua nazionale, o il nuovo progetto VTSKILLS sulle nuove competenze e sui sistemi e-demofarm legate in forma di costellazione a livello nazionale, europeo, internazionale.

Il capitolo si focalizza quindi in due parti fondamentali che prendono in esame:

1. il quadro dell'offerta formativa post-diploma di scuola secondaria di secondo grado;
2. i nuovi criteri di approccio ed adozione alle nuove tecnologie che un'impresa può introdurre.

6.1 LA FORMAZIONE SUPERIORE E AGRICOLTURA DI PRECISIONE¹⁵

6.1.1 ASPETTI NORMATIVI E PERCORSI FORMATIVI IN RIFERIMENTO AI QUADRI EUROPEI DELLE QUALIFICHE

L'offerta formativa post-diploma di scuola secondaria di secondo grado attualmente disponibile nel territorio nazionale è il risultato di numerosi interventi normativi e regolamentativi, anche in relazione al contesto europeo in tema di formazione, che si sono susseguiti in quest'ultimo mezzo secolo. Di seguito, si riportano i passaggi più salienti dell'iter normativo che ne hanno segnato la struttura odierna (in termini di percorsi fruibili), suddivisi tra Formazione universitaria di I, II, III livello e Formazione post-laurea (*Lifelong learning*). Si riportano poi anche alcuni elementi relativi agli ITS (Istituti Tecnici Superiori) e alle c.d. lauree europee/percorsi formativi europei. I diversi percorsi sono analizzati anche in relazione all'*European Qualification Framework* (EQF)¹⁶, schema basato sui risultati dell'apprendimento che consente una descrizione sistematica delle qualifiche in ambito di educazione in relazione ai diversi quadri nazionali¹⁷. Per i percorsi formativi post-diploma di scuola secondaria di secondo grado, si identificano nell'ambito dell'*EQF* quattro livelli che sono il 5°, il 6°, il 7° e l'8°.

Nel dettaglio, la **Formazione di I e II livello universitario** prevede un'offerta variegata di opportunità che include i) le Lauree, ii) le Lauree magistrali, iii) le Lauree ad orientamento professionale e iv) i Master di I livello universitari.

In relazione alle prime due offerte, va evidenziato che a partire dai primi anni '90 con la riforma degli ordinamenti universitari (L. 19 novembre 1990 n. 341) e l'approvazione dei settori scientifici disciplinari (DM 12 aprile 1994) fino alla dichiarazione di Bologna (18-19 giugno 1999) e il decreto ministeriale 3 novembre 1999 n. 509 si realizza una radicale riorganizzazione dell'offerta formativa universitaria che vede nell'introduzione dei crediti formativi universitari (CFU), nell'articolazione dei corsi di studio su due livelli (c.d. sistema "3+2" – Lauree + Lauree magistrali) e nell'autonomia didattica degli Atenei alcuni dei suoi elementi più caratteristici ed innovativi.

Sono questi interventi legislativi a porre le basi dell'attuale sistema formativo universitario italiano, inserendolo armonicamente in un contesto transnazionale ed europeo. Seguono poi ulteriori interventi legislativi sia sulle classi delle Lauree e Lauree magistrali (DM 4 agosto 2000, DM 28 novembre 2000, DM 2 aprile 2001), sia sui settori scientifico disciplinari

¹⁵In collaborazione con l'Avv. Laura Samiolo del Rettorato della Libera Università di Bolzano.

¹⁶doi:10.2767/48121 - <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://europass.europa.eu/system/files/2020-05/EQF%2520Brochure-IT.pdf&ved=2ahUKEwiEotyZq6OGAxU3OglIHdkqCLOQFnoECBIQAQ&usq=AOvVaw19qcxRBSnYyyTzfR690uh4>

¹⁷Schema articolato su 8 livelli per tutti i tipi di qualificazioni, considera l'intero arco di vita dell'individuo e quindi l'insieme delle diverse tipologie e livelli di istruzione attraverso cui è possibile transitare.

FORMATIVI
DELLE QUALIFICHE

condaria di secondo grado
le è il risultato di numerosi
in relazione al contesto eu-
guiti in quest'ultimo mezzo
salienti dell'iter normativo
termini di percorsi fruibili),
II, III livello e Formazione
oi anche alcuni elementi re-
c.d. lauree europee/percor-
nalizzati anche in relazione
, schema basato sui risultati
one sistematica delle qualifi-
versi quadri nazionali¹⁷. Per
condaria di secondo grado,
ivelli che sono il 5°, il 6°, il

universitario prevede un'of-
Lauree, ii) le Lauree magi-
nale e iv) i Master di I livello

ziato che a partire dai primi
universitari (L. 19 novembre
entifici disciplinari (DM 12
na (18-19 giugno 1999) e il
si realizza una radicale rior-
ell'articolazione dei corsi di
uree + Lauree magistrali) e
ei suoi elementi più caratte-

asi dell'attuale sistema for-
nomicamente in un contesto
iori interventi legislativi sia
DM 4 agosto 2000, DM 28
ttori scientifico disciplinari

https://
yTzfR69Ouh4
l'individuo e quindi l'insieme delle

(DM 23 dicembre 1999, DM 4 ottobre 2000) per arrivare poi nel 2004 alla pubblicazione del DM 270/2004 (22 ottobre 2004) recante modifiche al regolamento approvato con il DM 509/99, in particolare introducendo una maggiore flessibilità dei corsi di studio e una maggiore autonomia propositiva degli atenei.

Negli anni a seguire vengono pubblicati ulteriori interventi¹⁸ tra cui una serie di Decreti Ministeriali¹⁹ relativi ai criteri di autovalutazione, valutazione e accreditamento iniziale e periodico delle sedi e dei corsi di studio. Più recentemente sono stati pubblicati interventi normativi a favore della flessibilità dei corsi di studio²⁰ il cui obiettivo principale è ridurre i rigidi confini delle classi di laurea e laurea magistrale a favore di percorsi più interdisciplinari e ordinamenti didattici che rafforzino le competenze multidisciplinari, quelle delle tecnologie digitali e in campo ambientale, oltre alla costituzione di *soft skills*.

Dell'anno scorso è poi il DM 639 del 2 maggio 2024 con il quale si è proceduto ad una riclassificazione dei *Saperi* anche in funzione della flessibilità e dell'internazionalizzazione dell'offerta formativa universitaria italiana. In riferimento poi all'*European Qualification Framework* (tab. 6.1), i risultati dell'apprendimento attesi per le Lauree triennali sono corrispondenti a quelli previsti per il 6° Livello, mentre quelli della Lauree magistrali sono propri del 7° Livello.

Oltre a questa offerta curriculare classica, in vista del recepimento delle Direttive europee n. 2005/36 e 2013/55 in ambito di professioni intermedie²¹, a partire dal 2016²² vengono pubblicati gli atti normativi per l'istituzione delle nuove classi di Laurea ad orientamento professionale, tra cui le Professioni tecniche agrarie, alimentari e forestali (LP-02). L'obiettivo era dotare l'offerta formativa nazionale di un proprio modello di formazione terziaria professionalizzante universitaria che consentisse una rapida qualificazione in risposta alla domanda di imprese e mondo delle professioni di personale specializzato. I risultati dell'apprendimento attesi con questo percorso formativo corrispondono a quelli previsti al 6° Livello EQF (tab. 6.1).

¹⁸Sulle classi di laurea e di laurea magistrale e relative linee guida di istituzione e attivazione (DM 16 marzo 2007 L, DM 16 marzo 2007 LM; DM 26 luglio 2007, n. 386), sui settori scientifici disciplinari (DM 18 marzo 2005, DM 2 maggio 2024, n. 639), sui requisiti minimi di docenza (DM 27 gennaio 2005, n. 15) e sulla valorizzazione dell'efficienza delle Università (Dlgs 27 gennaio 2012, n. 19, così come previsto dalla Legge 30 dicembre 2010, n. 240).

¹⁹Sui criteri di autovalutazione, valutazione e accreditamento iniziale e periodico delle sedi e dei corsi di studio (DM 12 dicembre 2016, n. 987 e DM 8 febbraio 2017, n. 60; DM 7 gennaio 2019, n. 6; DM 8 gennaio 2021, n. 8; DM 14 ottobre 2021, n. 1154).

²⁰Sulle attività formative affini e integrative (DM 3 febbraio 2021, n. 133), in materia di iscrizione contemporanea a due corsi universitari (L. 12 aprile 2022, n. 33 e DM 29 luglio 2022 n. 930), in materia di titoli universitari abilitanti (L. 8 novembre 2021, n. 163), in riferimento al limite dei corsi di studio con flessibilità e ai limiti di CFU per unità didattica (DM 6 giugno 2023 n. 96 così come previsti dal DM 1154 del 2021), in riferimento all'aggiornamento dei curricula universitari delle classi di laurea e di laurea magistrale (DD.MM 1648/23 e 1649/23 del 19 dicembre 2023).

²¹Attuata con D.lgs. 15/2016.

²²DM 12.12.2016, n. 987 e DM 29.11. 2017, n. 935, DM 12 agosto 2020, n. 446, DM 682, 683, 684, 685, 686 e 687 del 24 maggio 2023.

Tabella 6.1 Livelli dell'*European Qualification Framework* (EQF) per i percorsi formativi post-diploma di scuola secondaria di secondo grado con a fianco il titolo di studio di riferimento nel contesto nazionale italiano e una sintesi esplicativa del livello sulla base dei descrittori Conoscenze, Abilità, Responsabilità e Autonomia.

LIVELLO EQF	TITOLO DI STUDIO NEL NOSTRO CONTESTO NAZIONALE	DESCRIPTORI CHE DEFINISCONO IL LIVELLO
5°	corsi ITS Academy biennali	Conoscenze pratiche e teoriche esaurienti e specializzate, in un ambito di lavoro o di studio, e consapevolezza dei limiti di tali conoscenze. Una gamma esauriente di abilità cognitive e pratiche necessarie a dare soluzioni creative a problemi astratti. Saper gestire e sorvegliare attività nel contesto di attività lavorative o di studio esposte a cambiamenti imprevedibili. Esaminare e sviluppare le prestazioni proprie e di altri.
6°	corsi ITS Academy triennali, Lauree triennali (curricolari e ad orientamento professionale)	Conoscenze avanzate in un ambito di lavoro o di studio, che presuppongono una comprensione critica di teorie e principi. Abilità avanzate, che dimostrino padronanza e innovazione necessarie a risolvere problemi complessi ed imprevedibili in un ambito specializzato di lavoro o di studio. Gestire attività o progetti tecnico/professionali complessi assumendo la responsabilità di decisioni in contesti di lavoro o di studio imprevedibili. Assumere la responsabilità di gestire lo sviluppo professionale di persone e gruppi.
7°	Laurea magistrale, Master di I livello	Conoscenze altamente specializzate, parte delle quali all'avanguardia in un ambito di lavoro o di studio, come base del pensiero originale e/o della ricerca. Consapevolezza critica di questioni legate alla conoscenza in un ambito e all'intersezione tra ambiti diversi. Abilità specializzate, orientate alla soluzione di problemi, necessarie nella ricerca e/o nell'innovazione al fine di sviluppare conoscenze e procedure nuove e integrare le conoscenze ottenute in ambiti diversi. Gestire e trasformare contesti di lavoro o di studio complessi, imprevedibili e che richiedono nuovi approcci strategici. Assumere la responsabilità di contribuire alla conoscenza e alla pratica professionale e/o di verificare le prestazioni strategiche dei gruppi.
8°	Dottorato di ricerca, Master di II livello	Le conoscenze più all'avanguardia in un ambito di lavoro o di studio e all'intersezione tra ambiti diversi. Le abilità e le tecniche più avanzate e specializzate, comprese le capacità di sintesi e di valutazione, necessarie a risolvere problemi complessi della ricerca e/o dell'innovazione e ad estendere e ridefinire le conoscenze o le pratiche professionali esistenti. Dimostrare effettiva autorità, capacità di innovazione, autonomia, integrità tipica dello studioso e del professionista e impegno continuo nello sviluppo di nuove idee o processi all'avanguardia in contesti di lavoro, di studio e di ricerca

percorsi formativi post-
di studio di riferimento
a base dei descrittori

I LIVELLO

aurienti e specializzate,
consapevolezza dei limiti

gnitive e pratiche
a problemi astratti.
nel contesto di attività
sbiamenti imprevedibili.
ni proprie e di altri.

di lavoro o di studio,
one critica di teorie e

ronanza e innovazione
plessi ed imprevedibili
o di studio.
professionali complessi
isioni in contesti di
umere la responsabilità
di persone e gruppi.

a, parte delle quali
o o di studio, come base
ca. Consapevolezza
cenza in un ambito e

oluzione di problemi,
vazione al fine di
nuove e integrare le
si.

oro o di studio
odono nuovi approcci
à di contribuire alla
nale e/o di verificare le

i un ambito di lavoro o di
iversi.
e specializzate,
valutazione,
plessi della ricerca e/o
definire le conoscenze o

tà di innovazione,
fioso e del
ello sviluppo di nuove
ntesti di lavoro, di studio

Successivamente al conseguimento della Laurea, la normativa vigente prevede la possibilità di frequentare i Master di I livello universitari. Già introdotti con il DM 3 novembre 1999 n. 509²³, questi percorsi sono stati previsti come corsi di perfezionamento scientifico e di alta formazione permanente e ricorrente. Essi prevedono l'acquisizione da parte dello studente di almeno 60 CFU finalizzati al conseguimento di competenze specifiche per lo svolgimento di una professione. Per questi specifici corsi il legislatore ha lasciato ampia autonomia propositiva agli atenei, anche in relazione alle esigenze del mercato del lavoro e dell'ambito delle professioni, non prevedendo specifiche classi con precisi obiettivi formativi. Ciò nonostante, secondo l'*European Qualification Framework*, il Master di I livello universitario deve consentire l'acquisizione di risultati dell'apprendimento nel dominio applicativo di interesse corrispondenti a quelli attesi per un percorso del 7° Livello (tab. 6.1).

In riferimento alla **Formazione di III livello universitario**, il legislatore ha previsto due opportunità formative: a) i Master di II livello universitario e b) il Dottorato di ricerca.

I Master di II livello universitari, successivi al conseguimento della Laurea magistrale, analogamente a quelli di I livello vengono istituiti e normati dal DM 3 novembre 1999 n. 509 e, successivamente, dal DM 270/2004 (22 ottobre 2004). Per il conseguimento del loro titolo è prevista l'acquisizione di almeno 60 CFU con l'obiettivo di far acquisire al discente una formazione specialistica in uno specifico ambito professionale del dominio di interesse ampliandone il bagaglio di competenze e aprirlo a maggiori opportunità di carriera e professione. Per il Master di II livello, anche se analogamente a quelli di I livello viene lasciata ampia autonomia propositiva ai singoli atenei, i risultati dell'apprendimento secondo l'*European Qualification Framework* devono corrispondere a quelli previsti per un percorso formativo dell'8° Livello (tab. 6.1).

Il Dottorato di ricerca, previsto nel sistema universitario italiano dal 1980 (Legge n. 28 del 1980), viene istituito nel 1982 (DM del 15 giugno 1982) e attivato a partire dal 1983 sotto forma di cicli. Inteso come più alto grado di istruzione dell'ordinamento accademico italiano, si tratta di un percorso di formazione post-laurea (magistrale) che ha lo scopo di fornire competenze e conoscenze di tipo scientifico relative ad uno specifico ambito disciplinare formando alla ricerca di alto livello e all'insegnamento universitario. Questo percorso di studi è attualmente disciplinato da diversi interventi normativi²⁴ a partire dalla L. 240/2010 che ne introduce l'accreditamento da parte del Ministero. In particolare, il DM 226/2021

²³E confermati senza modifiche nel DM 270/2004 (22 ottobre 2004).

²⁴Sulle modalità per le sedi e per i corsi di dottorato e i criteri per l'istituzione dei corsi dagli enti accreditati (DM 8 febbraio 2013, n. 45), sulle nuove modalità di accreditamento delle sedi e dei corsi di dottorato anche in relazione agli standard e linee guida per l'assicurazione della qualità nello Spazio europeo (DM del 14 dicembre 2021, n. 226, DM del 22 marzo 2022, n. 301).

prevede, oltre al dottorato di ricerca curricolare, quello di tipo industriale (art. 10) e introduce per la prima volta il dottorato in forma associata (Art. 3 comma 2)²⁵ e, tra questi, quelli di interesse nazionale (Art. 11)²⁶. In particolare, il dottorato industriale, sostenuto da un dialogo continuo tra università ed impresa anche attraverso il coinvolgimento sia di tutor aziendali che accademici, si propone di imprimere nuova forza ad un trasferimento tecnologico che ponga i dottorandi al centro di questo processo per formare esperti di innovazione tecnologica a favore degli ambiti industriali. Per tutte le tipologie di Dottorato di ricerca non sono state previste dal legislatore specifiche classi con relativi obiettivi formativi di dominio lasciando pertanto, anche in questo caso, ampia autonomia propositiva ai singoli atenei. Secondo l'*European Qualification Framework*, i risultati dell'apprendimento propri delle diverse tipologie di Dottorato di ricerca nei domini di interesse devono in ogni caso corrispondere a quelli previsti per percorsi formativi dell'8° Livello (tab. 6.1).

Con riferimento alla Formazione post-laurea (*Lifelong learning*), oltre ai Master di I o di II livello già precedentemente descritti, vi è attualmente ampio dibattito nello Spazio europeo in relazione alle **microcredenziali** (*Council of the European Union, Bruxelles, 25 May 2022, 9237/22, Inter-institutional File: 2021/0402 - NLE*).

Pensate come strumenti per acquisire in modo mirato abilità e competenze adatte ad esigenze sempre nuove senza tuttavia sostituire le qualificazioni tradizionali, dovrebbero certificare i risultati formativi di una breve esperienza di apprendimento, come ad esempio un corso o una formazione di breve durata. A questo scopo già si discute di un sistema di credenziali digitali Europee per l'Apprendimento (EDC) per creare ed emettere micro-credenziali, che siano in linea con l'Approccio europeo alle micro-credenziali per l'apprendimento permanente e l'occupabilità. In relazione all'*European Qualification Framework*, questo strumento formativo, anche per la particolare strutturazione e le sue specifiche finalità, non trova corrispondenza con definiti livelli dello schema di classificazione EQF.

Relativamente all'**offerta formativa post-diploma di scuola secondaria di secondo grado non universitaria**, in accordo con quanto previsto nel

²⁵Istituito da Università sulla base di stipule di convenzioni o la costituzione di consorzi tra atenei ed enti di ricerca pubblici o privati, con imprese che svolgono una qualificata attività di ricerca e sviluppo, con pubbliche amministrazioni, istituzioni culturali e infrastrutture di ricerca di rilievo europeo o internazionale, si propone di favorire la creazione di un ambiente istituzionale attrattivo e di eccellenza che sappia promuovere opportunità di formazione interdisciplinare e multidisciplinare anche in ambienti non esclusivamente accademici.

²⁶Basato sulla stipula di convenzioni o sulla costituzione di consorzi fra più Università e/o istituzioni di ricerca di alta qualificazione e di riconosciuto livello internazionale, si propone di contribuire al progresso della ricerca, anche attraverso il raggiungimento di obiettivi specifici delle aree prioritarie di intervento del PNRR prevedendo anche non solo il coordinamento e la progettazione congiunta delle attività di ricerca per la realizzazione di percorsi formativi di elevata qualificazione, ma anche la condivisione delle attività formative e di ricerca e lo scambio/la mobilità dei docenti e dei dottorandi anche attraverso forme di co-tutela.

re, quello di tipo industria-
dottorato in forma associata
resse nazionale (Art. 11)²⁶.
ito da un dialogo continuo
coinvolgimento sia di tutor
nere nuova forza ad un tra-
il centro di questo processo
a favore degli ambiti indu-
erca non sono state previste
ettivi formativi di dominio
la autonomia propositiva ai
ion Framework, i risultati
egie di Dottorato di ricerca
rispondere a quelli previsti

Lifelong learning), oltre ai
descritti, vi è attualmente
one alle **microcredenziali**
5 May 2022, 9237/22, *In-*

lo mirato abilità e compe-
tuttavia sostituire le quali-
risultati formativi di una
l esempio un corso o una
ia si discute di un sistema
mento (EDC) per creare ed
a con l'Approccio europeo
ermanente e l'occupabilità.
work, questo strumento for-
e le sue specifiche finalità,
ello schema di classificazio-

oma di scuola secondaria
do con quanto previsto nel

nei ed enti di ricerca pubblici
amministrazioni, istituzioni
reazione di un ambiente
disciplinare e multidisciplinare

zioni di ricerca di alta
la ricerca, anche attraverso il
nche non solo il coordinamento
elevata qualificazione, ma anche
dottorandi anche attraverso

Decreto della Presidenza del Consiglio dei ministri (Dpcm) del 25 gennaio 2008, che tra gli obiettivi prevede anche l'orientamento permanente dei giovani verso le professioni tecniche e una stretta collaborazione con i territori e il mondo del lavoro, nel 2010 vengono istituiti i primi Istituti Tecnici Superiori (ITS). Sono enti di formazione post-secondario non universitario a cui si può accedere con il possesso di un diploma di scuola secondaria di secondo grado (ovvero di un diploma quadriennale di istruzione e formazione professionale, unitamente a un certificato di specializzazione dei corsi di istruzione e formazione tecnica superiore [IFTS] di almeno 800 ore). Le aree tecnologiche a cui questi percorsi fanno riferimento con specifici obiettivi formativi sono: l'efficienza energetica, la mobilità sostenibile, nuove tecnologie della vita, nuove tecnologie per il *Made in Italy*, le tecnologie innovative per i beni e le attività culturali e tecnologie dell'informazione e della comunicazione. I corsi erogati hanno una durata di almeno quattro semestri (almeno 1800-2000 ore di formazione), ma è possibile istituire anche percorsi di sei semestri (in convenzione con le università e con almeno 3000 ore di formazione). Con la legge n. 99 del 2022, gli Istituti Tecnici Superiori (ITS) acquisiscono il nome di ITS Academy ed entrano a far parte integrante del sistema terziario di istruzione tecnologica superiore. A queste Academy viene affidato il compito di potenziare e ampliare la formazione professionalizzante di tecnici superiori con elevate competenze tecnologiche e tecnico-professionali affidandogli il compito di sostenere in modo sistemico le misure per lo sviluppo economico e la competitività del sistema produttivo nazionale. Vedono il coinvolgimento, oltre ad una scuola secondaria di secondo grado della stessa provincia e con un'offerta formativa attinente, di una struttura formativa accreditata dalla Regione, una o più imprese legate all'uso delle tecnologie di cui si occupa l'ITS Academy e un ateneo, una istituzione o un Ente di ricerca e prevedono almeno il 60% dell'offerta formativa di docenti provenienti dal mondo del lavoro. A questa legge seguono diversi Decreti attuativi²⁷ tra cui il DM 247 del 19 dicembre 2023 che, tra le diverse disposizioni, in un contesto di raccordo con il sistema universitario, considera i criteri e le modalità per i passaggi tra i percorsi formativi degli ITS Academy e i percorsi di laurea ad orientamento professionalizzante e viceversa. In riferimento all'*European Qualification Framework* (tab. 6.1), i risultati dell'apprendimento attesi per i corsi ITS Academy biennali sono corrispondenti a quelli previsti per il 5° Livello, mentre per quelli triennali la corrispondenza è per i risultati di apprendimento propri del 6° Livello EQF.

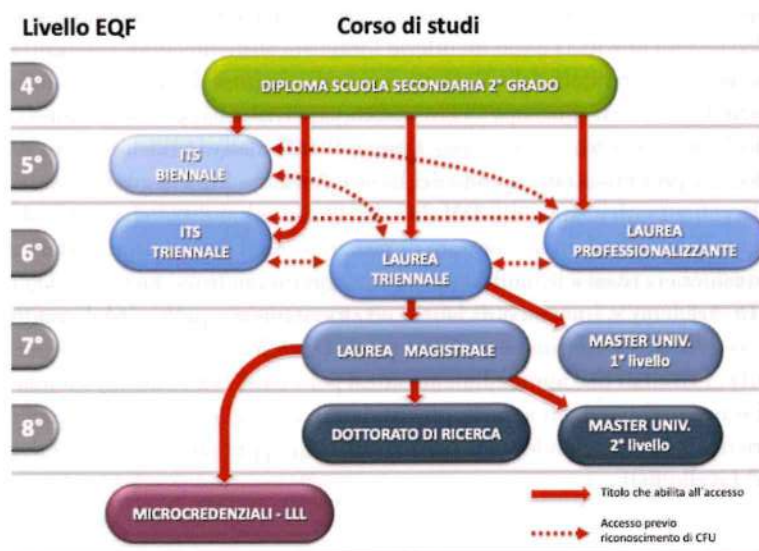
²⁷DM 87, 88 e 89 del 17 maggio 2023; DM 191 del 4 ottobre 2023; DM 203 del 20 ottobre 2023; DM 217 del 15 novembre 2023; DM 227, 228 e 229 del 30 novembre 2023; DM 233 del 1° dicembre 2023; D Interministeriale 235 del 5 dicembre 2023; DM Istruzione e Merito 236 e 237 del 6 dicembre; DM Istruzione e Merito 247 del 19 dicembre 2023; D Interministeriale 246 del 19 dicembre 2023; DM 259 del 30 dicembre 2023; DPCM del 29 dicembre 2023; DM 32 del 23 febbraio 2024.

A margine di questa descrizione, merita sicuramente attenzione quanto è in fase di elaborazione in ambito europeo in riferimento alla formazione post-diploma di scuola secondaria di secondo grado a carattere europeo. Nel dettaglio, a livello di Commissione europea è stata recentemente avviata una discussione sulla possibilità per gli atenei di diversi Paesi europei di istituire corsi congiunti e di rilasciare titoli di laurea, laurea magistrale, master e dottorato di ricerca validi automaticamente in tutti i 27 Stati membri²⁸. Questa opportunità formativa, oltre all'automatico riconoscimento del titolo accademico in ambito UE, consentirebbe agli istituti di istruzione superiore di diversi Paesi di cooperare a livello transfrontaliero a favore di una maggiore mobilità studentesca per l'apprendimento all'interno dei confini dell'Unione stessa. Particolare attenzione è prestata in questa fase ai percorsi formativi di I e II livello universitario per cui si parla frequentemente di *Laurea europea*.

In figura 6.1 sono riportati i titoli di studio che danno accesso al percorso formativo successivo e i possibili percorsi di studio consentiti da normativa vigente.

Figura 6.1

Classificazione dei corsi di studio in funzione dei livelli dell'*European Qualification Framework (EQF)* con relativi flussi che ne regolano l'accesso.



²⁸https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_24_1741

6.1.2 STRUMENTI FORMATIVI POST-DIPLOMA DI SCUOLA SECONDARIA DI SECONDO GRADO PER IL DOMINIO DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE: OPPORTUNITÀ E VINCOLI

Considerato quanto sopra descritto, sulla base della normativa vigente l'offerta formativa post-diploma di scuola secondaria di secondo grado risulta quindi in capo al sistema universitario e alle ITS Academy. Di questa, una parte risulta dettagliatamente normata in termini di conoscenze, competenze e abilità da acquisire nel dominio di interesse e quindi possiede un carattere convenzionale sull'intero territorio nazionale (cioè ITS, Lauree, Lauree ad orientamento professionalizzante e Lauree magistrali) mentre per la rimanente (cioè Master universitario di I e II livello, Dottorato di ricerca) viene lasciato ampio spazio di autonomia propositiva agli atenei anche in relazione alle esigenze del mercato del lavoro e dell'ambito delle professioni. Per quest'ultima mancano quindi classi convenzionali di riferimento; tuttavia, è indubbio il contributo che possono fornire al raggiungimento dell'obiettivo generale non solo di una più ampia diffusione nel contesto produttivo dei principi dell'Agricoltura di precisione ma anche di sviluppo di nuova conoscenza (ad es. Dottorati di ricerca), fase imprescindibile per il salto tecnologico del dominio delle Scienze Agrarie, Forestali e Zootecniche alla base di un suo orientamento verso una sempre maggiore sostenibilità.

In tabella 6.2 si riportano quindi gli strumenti formativi che potrebbero fornire un contributo al trasferimento di conoscenze e all'acquisizione di abilità e competenze nell'ambito dell'Agricoltura di precisione. Gli strumenti vengono elencati in ordine di livello di conoscenze, abilità e autonomia decisionale apprese, in relazione al *Quadro Europeo delle Qualifiche* partendo dal 5° livello. Per quelli a carattere convenzionale vengono anche riportate le classi/figure nazionali previste da normativa vigente²⁹. Come si può notare, nel passaggio dal 5° all'8° livello, aumenta progressivamente la complessità del contesto in cui dovrà operare il Tecnico superiore/Tecnico qualificato/Esperto/Specialista/Professionista, comportando, coerentemente, un approfondimento della base di conoscenze e abilità richieste così come una maggiore autonomia di pensiero, capacità di innovazione e autorità.

Da un punto di vista generale, considerata l'interdisciplinarietà e la complessità del dominio dell'Agricoltura di precisione (che spazia dalla mera adozione di soluzioni tecnologiche avanzate fino alla loro customizzazione, programmazione e sviluppo), risulta evidente come sia necessario formare professionisti in grado di lavorare efficacemente in tutti i diversi contesti,

²⁹Per le Lauree e Lauree magistrali curriculari DD.MM 1648/23 e 1649/23 del 19 dicembre 2023; Per la Laurea ad orientamento professionalizzante LP-02 DM 12 agosto 2020, n. 446 e DM 683 e 686 del 24 maggio 2023; Per gli ITS Decreto Ministeriale MI n. 203 del 20 ottobre 2023.

spaziando quindi dal 5° all'8° livello EQF. Relativamente al singolo percorso di studio, ed in particolare a quelli a carattere convenzionale per i quali sono stati definiti specifici obiettivi formativi, la sua progettazione può avvenire solo nel rispetto di determinati vincoli normativi. Essa, infatti, deve necessariamente tener conto dell'acquisizione di conoscenze, abilità e competenze generali proprie del dominio applicativo delle Scienze agrarie, forestali e zootecniche. Tuttavia, esse possono essere acquisite in un contesto a forte focalizzazione su aspetti propri dell'Agricoltura di precisione consentendo, conseguentemente, la formazione di figure tecnico-professionali di dominio a forte specializzazione su questo ambito. Infatti, l'ordinamento attuale, ad esempio per le Lauree e le Lauree magistrali, non consentirebbe la formazione di specialisti di Agricoltura di precisione in assenza dell'acquisizione da parte di questi anche di conoscenza, abilità e competenze proprie del dominio applicativo. Ciò nonostante, la possibilità, a normativa vigente, di organizzare l'erogazione di percorsi formativi in forma congiunta tra Atenei che prevedano una parte comune di consolidamento delle conoscenze comuni (erogata in una singola sede) accoppiata a profili alternativi altamente professionalizzanti delocalizzati nei territori di insediamento delle diverse sedi può rappresentare un'indubbia opportunità sia per la valorizzazione delle competenze specifiche maturate da ciascun ateneo, sia per una risposta più efficace in termini di professionisti altamente qualificati alle esigenze di quel specifico territorio. Una tale organizzazione strutturale, particolarmente indicata per percorsi di lauree magistrali, risulta ancor più valida se si considera l'eterogeneità di cui si caratterizza nel territorio nazionale il dominio produttivo agrario, forestale e zootecnico. Questa eterogeneità rappresenta un'indubbia ricchezza che richiede però una gestione altamente specializzata, anche dal punto di vista tecnologico, per contribuire significativamente all'economia nazionale.

Maggiori gradi di libertà progettuale si presentano invece per i percorsi formativi a carattere non convenzionale che possono essere completamente costruiti in modo focalizzato su tutte le sfaccettature che sono proprie dell'ambito dell'Agricoltura di Precisione. Questo è il risultato non solo dell'autonomia concessa dal legislatore, ma anche dal fatto che, in ordine propedeutico, questi percorsi formativi sono usufruibili a valle di quelli propri del dominio applicativo delle Scienze agrarie, forestali e zootecniche. Le potenzialità nella diffusione dei principi e delle conoscenze sull'Agricoltura di precisione di questi percorsi sono indubbiamente notevoli. Esempio in tal senso è il Master di I livello dal titolo Agricoltura di Precisione³⁰ offerto già da alcuni anni in forma congiunta atenei-enti di ricerca di settore che sta riscontrando un sempre crescente interesse nel contesto della produzione primaria e in quello delle professioni.

³⁰<https://www.dagri.unifi.it/art-1036-master-in-agricoltura-di-precisione.html#>

tivamente al singolo per-
tere convenzionale per i
tivi, la sua progettazione
icoli normativi. Essa, in-
uisizione di conoscenze,
o applicativo delle Scien-
possono essere acquisite
propri dell'Agricoltura di
rmazione di figure tecni-
e su questo ambito. Infat-
e e le Lauree magistrali,
Agricoltura di precisione
he di conoscenza, abilità
ò nonostante, la possibi-
one di percorsi formativi
parte comune di consoli-
singola sede) accoppiata
lelocalizzati nei territori
tare un'indubbia oppor-
specifiche maturate da
i termini di professioni-
ifico territorio. Una tale
ta per percorsi di laurea
l'eterogeneità di cui si
luttivo agrario, forestale
indubbia ricchezza che
anche dal punto di vista
economia nazionale.
o invece per i percorsi
io essere completamen-
ature che sono proprie
è il risultato non solo
dal fatto che, in ordine
uibili a valle di quelli
ie, forestali e zootecni-
elle conoscenze sull'A-
dubbiamamente notevoli.
o Agricoltura di Preci-
a atenei-enti di ricerca
interesse nel contesto
oni.

Da un punto di vista dei contenuti, al di là di quelli propri di dominio ap-
plicative e quelli dell'Agricoltura di precisione, appare chiaro quanto, in un
approccio sempre più specialistico legato agli aspetti ingegneristici propri
dell'Agricoltura di precisione, sia necessario porre attenzione al problema
della adozione e dell'aggiornamento legislativo per riuscire ad accompagnare
gli imprenditori e le aziende agricole in questa transizione di sistema che
veda nella digitalizzazione, nelle competenze delle nuove generazioni e nel-
la visione sistemica e sostenibile i cardini fondamentali del nuovo sviluppo
dell'agricoltura. La valorizzazione poi delle competenze sistemiche del dotto-
re agronomo e del dottore forestale (oggi formato con le lauree magistrali LM-
69, LM-73 ed LM-86) anche attraverso forme di aggiornamento professionale
continuo (*Lifelong learning* e/o microcredenziali) focalizzate sull'Agricoltura
di precisione appare essenziale. Infatti, la disponibilità di una appropriata
squadra di consulenti di campo che, superando la visione disciplinare, af-
frontino problemi di elettronica, informatica, analisi dati facendo del metodo
scientifico una rinnovata impostazione professionale, è indispensabile all'ap-
plicazione nel contesto produttivo dei principi e approcci propri della Agri-
cultura di Precisione con suo conseguente sviluppo proficuo.

Tabella 6.2 Strumenti formativi per percorsi post-diploma di scuola secondaria di secondo
grado fruibili per una diffusione delle conoscenze nell'ambito dell'Agricoltura di precisione.
L'ordine di elencazione segue il livello di conoscenze, abilità e autonomia decisionale
apprese in relazione al *Quadro Europeo delle Qualifiche* (EQF). Limitatamente all'offerta
formativa convenzionale, si riporta a fianco del titolo di studio di riferimento nel nostro
contesto nazionale, anche la Figura nazionale/Classe e una sintesi degli obiettivi formativi
previsti da normativa vigente³¹

LIVELLO EQF	PERCORSO FORMATIVO	FIGURA NAZIONALE/ CLASSE	OBIETTIVI FORMATIVI
5°	ITS biennale ³²	4.3.1.1 Tecnico superiore per la gestione e l'innovazione nelle produzioni primarie e nel sistema agroindustriale	Tecnico superiore che lavora alla gestione dei processi produttivi del comparto agrario e forestale, nel rispetto delle norme, dei criteri generali di produzione ecosostenibili ed etici e alle innovazioni tecnologiche per un'agricoltura di precisione. Esegue i controlli delle attrezzature, delle macchine e degli impianti tecnologici e ne sorveglia il corretto funzionamento. Gestiscono e attuano i processi produttivi sostenibili degli allevamenti ittici, zootecnici e faunistici nel rispetto del benessere animale.

Segue

³¹Per le Lauree e Lauree magistrali curriculari DD.MM 1648/23 e 1649/23 del 19 dicembre 2023; Per la Laurea ad orientamento
professionalizzante LP-O2 DM 12 agosto 2020, n. 446 e DM 683 e 686 del 24 maggio 2023; Per gli ITS Decreto Ministeriale MI
n. 203 del 20 ottobre 2023.

³²In Ambito 4.3.1 – Agroalimentare.

Continua

LIVELLO EQF	PERCORSO FORMATIVO	FIGURA NAZIONALE/CLASSE	OBIETTIVI FORMATIVI
	ITS biennale ³²	4.3.1.4 Tecnico superiore per la bioeconomy nelle imprese agroalimentari e agroindustriali	Tecnico superiore che lavora alla gestione e allo sviluppo delle aziende multifunzionali per realizzare le attività di erogazione di servizi nell'ambito della bioeconomy. Collabora alla promozione e gestione con moderne tecnologie di sistemi produttivi finalizzati all'utilizzo/riutilizzo di scarti e sottoprodotti delle aziende agricole e agroindustriali, alla gestione del verde e delle aree protette e al recupero delle aree degradate. Gestisce gli impianti di compostaggio anche per la produzione di bioenergia
	ITS biennale ³²	4.3.1.6 Tecnico superiore per la gestione delle imprese delle filiere agroalimentari	Tecnico superiore che lavora all'interno di imprese agricole, agroalimentari e agroindustriali operanti in una o più filiere agroalimentari. Collabora all'organizzazione e al coordinamento delle attività con tecnologie innovative per il miglioramento della sostenibilità economica, ambientale e sociale
6°	ITS triennali ³³		
	Classe di Laurea triennale curriculare	L-25 - SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE E FORESTALI	Esperti che posseggano conoscenze di base orientate agli aspetti applicativi dei sistemi agro-alimentari, agroindustriali, agro-ambientali e forestali ivi inclusi i metodi disciplinari di indagine da applicare a soluzioni per intensificazione sostenibile (ambientali e socioeconomiche) dei molteplici problemi applicativi dei settori agrario, agro-ambientale e forestale
	Classe di Laurea triennale curriculare	L-38 - SCIENZE ZOOTECHNICHE E TECNOLOGIE DELLE PRODUZIONI ANIMALI	Esperti in grado di operare nei diversi ambiti delle scienze animali - in particolare quello zootecnico, faunistico-venatorio, dell'allevamento e tutela degli animali d'affezione, di quelli utilizzati ai fini scientifici e delle specie non convenzionali, nonché nelle aziende mangimistiche, di trasformazione e commercializzazione dei prodotti di origine animale.
	Laurea ad orientamento professionalizzante	L-PO2 - PROFESSIONI TECNICHE AGRARIE, ALIMENTARI E FORESTALI	Tecnici qualificati in grado di gestire specifiche attività tecnico/professionali inerenti ai sistemi agrari, alimentari o forestali.
7°	Master di I livello		Esperto in possesso di competenze specifiche per lo svolgimento di una specifica professione propria del dominio di interesse

Segue

³³Al momento non sono stati previsti per il dominio Agroalimentare nel Decreto Ministeriale n. 203 del 20 ottobre 2023.



Continua

LIVELLO EQF	PERCORSO FORMATIVO	FIGURA NAZIONALE/CLASSE	OBIETTIVI FORMATIVI
	Classe di Laurea magistrali	LM-69 - SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE	Specialisti con conoscenze tecniche e scientifiche avanzate in grado di operare nei sistemi delle scienze e tecnologie agrarie
	Classe di Laurea magistrali	LM-73 - SCIENZE E TECNOLOGIE FORESTALI ED AMBIENTALI	Specialisti in grado di operare con competenza e ampia autonomia, capaci di svolgere funzioni complesse di coordinamento, di assumere responsabilità di progetti e strutture nel settore forestale e agro-ambientale e di inserirsi nel mondo del lavoro in posizioni di responsabilità.
	Classe di Laurea magistrali	LM-86 - SCIENZE ZOOTECHNICHE E TECNOLOGIE ANIMALI	Professionisti con conoscenze tecniche e scientifiche avanzate in grado di operare nella gestione, controllo e certificazione dei processi produttivi delle imprese del settore agro-zootecnico, inclusa l'acquacoltura; nella gestione, conservazione e controllo della fauna nell'ottica dell'impiego multiplo di una risorsa rinnovabile; nella tutela degli animali di affezione e di laboratorio.
8°	Dottorato di ricerca (anche nazionale)		Specialisti del dominio di riferimento, anche in riferimento alle aree prioritarie di intervento del PNRR, che sono esperti di ricerca di alto livello e di formazione di terzo livello di uno specifico ambito disciplinare proprio del dominio stesso.
	Dottorato industriale		Specialisti del dominio di riferimento che sono esperti di innovazione tecnologica a favore degli ambiti produttivi/trasformativi/industriali del dominio stesso
	Master di II livello		Specialista in un ben preciso ambito professionale del dominio di riferimento già in possesso delle competenze generali proprie del dominio stesso
Altri strumenti formativi	Microcredenziali		Esperti con abilità e competenze ben mirate e adatte ad esigenze sempre nuove del dominio di riferimento
	Lauree europee		Esperti, Specialisti e Specialisti esperti che, oltre alle conoscenze proprie del livello della qualifica nell'ambito del EQF (6, 7 & 8) proprie del dominio di riferimento, possiedano le competenze trasversali proprie di un percorso formativo in un contesto di alta formazione competitiva a carattere internazionale.

Segue

**6.2 AGGIORNARE
I PROGRAMMI
FORMATIVI
INTRODUCENDO
CRITERI DI
ADOZIONE
DELL'INNOVAZIONE
TECNOLOGICA
NELLE AZIENDE
AGRICOLE**

I criteri di ottimizzazione delle risorse tecnologiche in agricoltura furono già introdotti negli anni '80 applicando i metodi di organizzazione del lavoro adottati nell'industria (Cera, 1979) con la conseguente nascita della tecnica della meccanizzazione agricola e dei criteri di analisi nell'uso delle macchine che, ancora oggi, unitamente alla comparazione dei costi di esercizio, rappresentano la base della ottimizzazione operativa nelle operazioni agricole.

Tali metodologie, illustrate anche in questo testo, sono applicabili ad innovazioni tecnologiche e logistiche che fanno riferimento alla comparazione di soluzioni diversificate per l'esecuzione di una stessa operazione del calendario colturale, ma risultano non adeguate alla valutazione dell'introduzione di nuove fasi di processo. Oggi molte procedure e tecnologie emergenti rappresentano innovazioni di processo che rispondono a fasi aggiuntive nel classico calendario delle operazioni colturali. Queste innovazioni sono legate ad attività aggiuntive connesse con la sostenibilità ambientale, economica e sociale, con la mitigazione degli eventi causati dai cambiamenti climatici, con gli obiettivi di qualità e salubrità dei prodotti agricoli ed altre necessità emergenti. Tutto ciò richiede l'introduzione di compiti aggiuntivi di monitoraggio, di analisi, di supporto alle decisioni e di esecuzione sempre più mirata, spesso attuata con ricorso all'automazione ed alla robotica.

La scelta della adozione nel processo produttivo di questi nuovi elementi tecnici e procedurali richiede un protocollo di analisi e di adeguamento, tipico della ingegneria gestionale, che possiamo distinguere in 4 fasi:

1. aggiornare la visione di impresa nella consapevolezza dei cambiamenti in atto che coinvolgono prodotti e processi agricoli richiesti dal mercato, dalla società, dai cambiamenti climatici;
2. definire la proposta di valore per adeguare il sistema produttivo alle esigenze di mercato e della comunità e conseguentemente identificare le necessità tecnico-organizzative per attuare il nuovo modello di impresa;
3. valutare le tecnologie più appropriate in termini di maturità sia della tecnologia o della procedura da introdurre;
4. verificare l'appropriatezza del sistema territoriale di supporto all'innovazione
5. adeguare le competenze e i sistemi organizzativi aziendali per la proficua introduzione dell'innovazione.

6.2.1 AGGIORNARE LA VISIONE DI IMPRESA

L'approccio classico derivante dalla "rivoluzione verde" del XX secolo, pur nel pieno riconoscimento della sua importanza nell'assicurare la sicurezza alimentare e l'evoluzione verso la moderna dell'agricoltura, ha evidenziato negli ultimi decenni la necessità di rendere più accurati i processi produttivi per garantire il rispetto delle risorse fondamentali che sono il suolo, l'acqua, l'aria, la salubrità. A ciò oggi si aggiungono gli effetti dei

giche in agricoltura furono i modi di organizzazione della conseguente nascita della iteri di analisi nell'uso della comparazione dei costi di azione operativa nelle ope-

sto, sono applicabili ad in-ferimento alla comparazio- i una stessa operazione del- te alla valutazione dell'in- te procedure e tecnologie- sso che rispondono a fasi- oni colturali. Queste inno- esse con la sostenibilità am- one degli eventi causati dai- lità e salubrità dei prodotti- richiede l'introduzione di- li supporto alle decisioni e- con ricorso all'automazio-

o di questi nuovi elementi- analisi e di adeguamento,- o distinguere in 4 fasi:- pevolezza dei cambiamenti- agricoli richiesti dal merca-

il sistema produttivo alle esi- uentemente identificare le- nuovo modello di impresa;- mini di maturità sia della-

oriale di supporto all'inno- vativi aziendali per la profi-

ESA

verde" del XX secolo, pur- nell'assicurare la sicurez- dell'agricoltura, ha eviden- re più accurati i processi- fondamentali che sono il- aggiungono gli effetti dei-

cambiamenti climatici che costituiscono minacce severe per le coltivazioni di pieno campo e le attività rurali, cui è necessario rispondere con azioni mirate di mitigazione. Tali cambiamenti climatici impongono anche una riqualificazione nell'impiego delle risorse come le macchine ed i mezzi tecnici, al fine di ridurre consumi ed emissioni nocive.

Sulla base di queste considerazioni, l'attività agricola di coltivazione all'a-aperto cambia da una visione statica monodimensionale classica ad una visione multidimensionale, illustrata in figura 6.2, che amplia le azioni necessarie per attuare i concetti di "agricoltura di precisione" conside- rando i fattori interagenti nelle loro differenziazioni sito-specifiche con l'aggiunta di nuovi obiettivi quali: il contrasto agli eventi avversi derivanti dai cambiamenti climatici, le esigenze di sostenibilità nelle sue declinazio- ni ambientale, sociale ed economica, la ricerca della qualità e di salubrità dei prodotti agricoli.

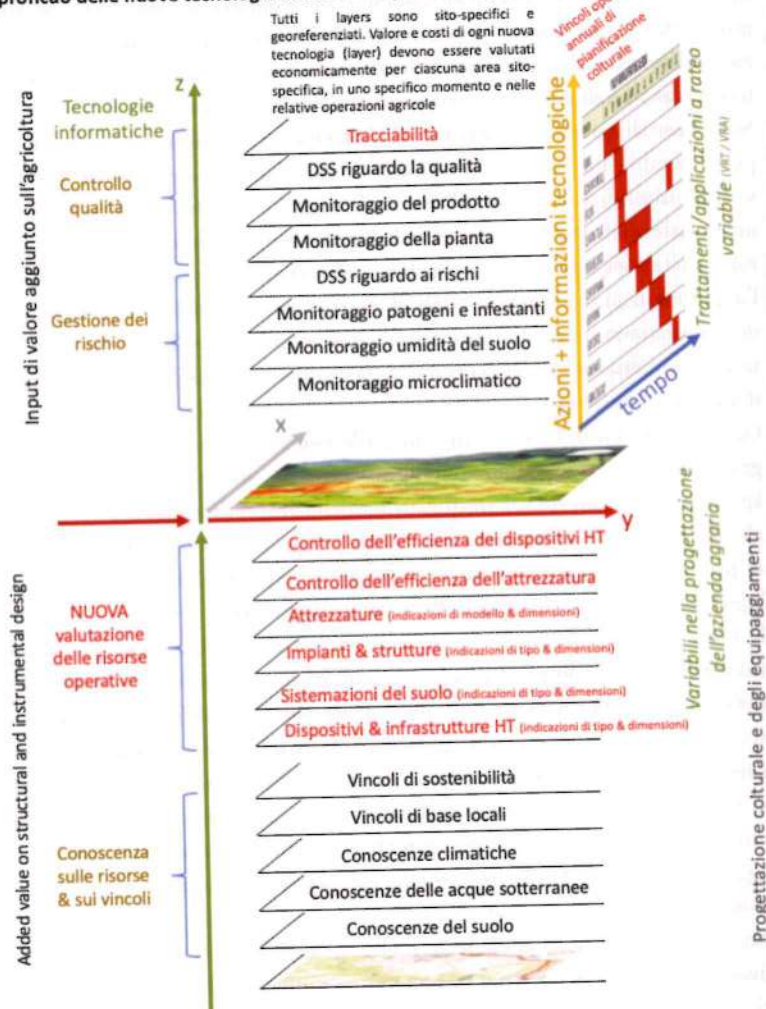
Oggi, il sistema lineare riferito alle sole esigenze colturali non è più in grado di supportare efficientemente il processo decisionale dell'azienda agricola; mancano infatti in questo modello il monitoraggio, il supporto alle decisioni e alla gestione operativa per rispondere alle nuove necessità di protezione delle colture, di sostenibilità, di qualità dei prodotti. Tecno- logie come sensori, droni, satelliti o algoritmi, software intelligenti sono le fonti primarie di dati in un'azienda agricola; questi possono generare informazioni, che forniscono agli agricoltori una conoscenza aumentata, necessaria per l'ottimizzazione delle scelte colturali, della qualità del la- voro, dei tempi operativi e degli input effettivamente necessari in ogni specifica zona dell'appezzamento. L'analisi multidimensionale ci permette di valutare le diverse risorse come il terreno, le piante, l'acqua, gli input di nutrienti e fitofarmaci, i tempi ottimali di esecuzione, ecc.; tale sistema è oggi indispensabile per il processo decisionale e per le attività di pianifica- zione nelle aziende agricole.

Nel nuovo approccio gestionale, le scelte agronomiche, tutti i fattori di col- tivazione e la conoscenza necessaria per raggiungere gli obiettivi economi- ci, di sostenibilità ambientale e sociale e per utilizzare al meglio le risorse, possono essere classificati in "strati informativi" (*digital data layer*) oggi facilmente accessibili e utilizzabili con la digitalizzazione. Ad esempio, i ri- schi legati al cambiamento climatico (gelate tardive, siccità, nuovi agenti pa- togeni) sono strati aggiuntivi di dati che rappresentano un elemento chiave nel processo decisionale aziendale in quanto l'incertezza del fenomeno ha ripercussioni anche gravi sul processo colturale, su tutta l'organizzazione operativa, nonché sulla qualità e sulla quantità del prodotto finale.

Facendo riferimento alla figura 6.2 questi livelli o strati informativi di- gitali sono distribuiti gerarchicamente con vincoli, risorse strutturali e strumentali disponibili in basso, tecnologie informatiche di monitoraggio e decisione in tempo reale in alto; ovvero fra caratterizzazione della base produttiva e gestione nel singolo ciclo colturale.

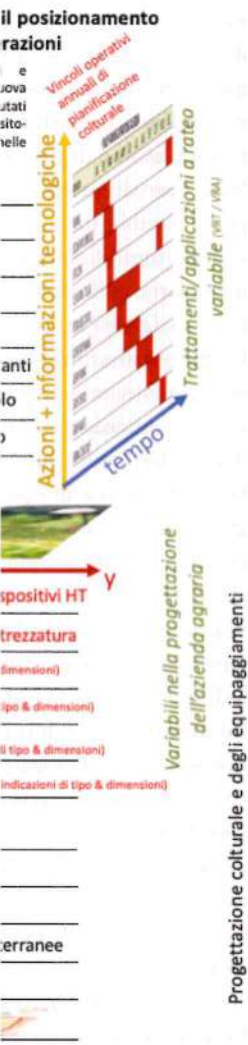
Figura 6.2
Rappresentazione
dell'approccio
multidimensionale
dell'agricoltura di
pieno campo per
l'efficace allocazione
di nuove tecnologie
intelligenti nelle
specifiche operazioni di
coltivazione.

**Approccio multidimensionale della futura agricoltura per il posizionamento
proficuo delle nuove tecnologie smart nelle specifiche operazioni**



Il sistema multidimensionale sviluppato si basa su un'accurata raccolta di dati attraverso il sistema delle "tecnologie per l'informazione e la comunicazione" (ITC), cioè tutte le tecniche che consentono l'archiviazione e lo scambio di informazioni.

Ogni strato contiene informazioni relative ad uno specifico parametro e sono sito-specifiche, georeferenziate e multitemporali, ovvero suddivise per le diverse stagioni di coltivazione. Di fondamentale importanza risulta quindi la digitalizzazione aziendale che nella componente territoriale deve avvalersi degli strumenti GIS, "sistemi informativi geografici" o meglio delle piattaforme WebGIS che attraverso la rete internet possono ampliare le informazioni con il collegamento ai "sistemi informativi territoriali" (SIT).



L'organizzazione in strati informativi georeferenziati, multitemporali e interconnessi in rete consente di ottimizzare il processo decisionale con la migliore applicazione dell'agricoltura di precisione e di protocolli di coltivazione intelligenti e rappresenta la condizione indispensabile per fornire le informazioni digitali di "missione" per le macchine automatizzate e ai robot. La tabella 6.3 mostra una sequenza di riferimento dei livelli.

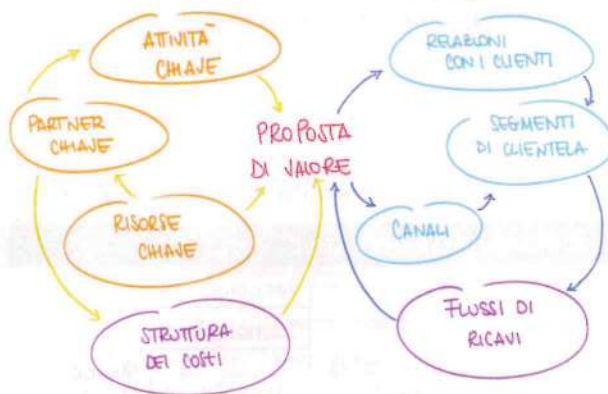
Tabella 6.3 Livelli gerarchici dei principali layer o strati informativi con identificazione delle informazioni e degli strumenti.

RISORSE STRUTTURALI E INFRASTRUTTURALI				
Caratterizzazione sito-specifica delle risorse Suolo, Acqua, Aria e dei relativi vincoli	Caratteristiche microclimatiche: altitudine, esposizione. Dati storici meteorologici e pluviometrici. Posizione, orografia, geologia, pedologia, Dati geomatici. Caratteristiche delle acque sotterranee Sistemazioni idraulico-agrarie, elementi strutture ed infrastrutture ausiliarie Risorse complementari: siti di biodiversità, dati ambientali, storici, culturali. VINCOLI: controllo dei rischi derivanti da sostanze chimiche, conservazione del suolo, contaminazioni			
Risorse aziendali	Sistemazioni dei suoli, disponibilità di acqua, strutture di ricovero, stoccaggio, manutenzione, impianti, ...			
Risorse infrastrutturali	Viabilità, Servizi, Reti di comunicazione, ecosistema territoriale			
RISORSE STRUMENTALI E OPERATIVE				
Monitoraggio e gestione in tempo reale di strumenti e procedure	Controllo della EFFICACIA AGRONOMICA	Tecnologie di monitoraggio dello sviluppo culturale		
		Tecnologie di controllo dei rischi biotici ed abiotici		
	Controllo della EFFICIENZA TECNOLOGICA	Tecnologie di monitoraggio in tempo reale	Microclima, disponibilità idrica Monitoraggio dei parametri fisiologici delle piante: Conduttanza stomatica, dendrometria, crescita della chioma, stress idrico, vigore Reti IoT, fog and cloud network, sensori prossimali Sistemi informatici di supporto alle decisioni (DSS)	
			Sensori di controllo dei singoli componenti meccanici Controllo remoto in telemetria dei parametri operativi e delle soglie di sicurezza Dispositivi automatici di controllo e attuazione (end effectors)	
	Controllo della EFFICIENZA OPERATIVA	Guida automatica o assistita nelle operazioni di campo Controllo automatico delle operatrici e dei dispositivi Applicazioni a rateo variabile (VRA-VRT) Controllo in telemetria e tracciabilità operativa Logistica e ottimizzazione in tempo reale della capacità operativa Intercomunicazione e interoperabilità fra diversi dispositivi operativi (ISOBUS)		
Tracciabilità della Qualità operative, rispetto di Vincoli e Indicatori	Rispetto dei vincoli diretti (leggi) e indiretti (disciplinari) Protocolli e strumenti di gestione aziendale - Farm Management Digital Integrated System Controllo remoto del processo Tecnologie di tracciabilità: QRCode, TAG, telemetria, blockchain			

6.2.2 DEFINIRE LA PROPOSTA DI VALORE ED IDENTIFICARE LE NECESSITÀ TECNICO-ORGANIZZATIVE PER IL NUOVO MODELLO DI IMPRESA

Il verificarsi di un cambiamento di paradigma da un modello lineare ad uno circolare impone un'evoluzione dei processi agricoli con l'adozione di principi propri dei modelli di business e della ingegneria gestionale. Uno strumento relativamente recente e facilmente accessibile è rappresentato dal *Business Model Canvas* (BMC) che, come sostiene il creatore Osterwalder, "descrive la logica con cui un'organizzazione crea, distribuisce e cattura valore". In agricoltura questo strumento è piuttosto sconosciuto rispetto ad altri settori, nonostante sia strettamente legato all'innovazione e per questa ragione, il BMC è un punto di partenza necessario per le moderne imprese e soprattutto per quelle di agricoltura intelligente, anche indicata come *SmartFarming* (SF) e *Climate Smart Agriculture* (CSA).

Figura 6.4
Rappresentazione di un
Business Model Canvas
classico.

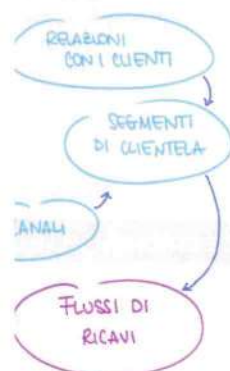


Il BMC classico è composto da nove blocchi: quello centrale rappresenta la **proposta di valore** – “value proposition”; sul lato destro, troviamo quattro blocchi focalizzati sulle relazioni con i clienti, i segmenti di clientela, i canali e flussi di reddito. Dal punto di vista gestionale è fondamentale la parte sinistra che comprende quattro blocchi focalizzati sulle attività da attivare in azienda, risorse da acquisire, partner esterni da coinvolgere per la gestione delle tecnologie introdotte.

Nell'approccio dell'agricoltura intelligente (SF e CSA) la **proposta di valore** è il legame tra ciò che l'agricoltore offre e la domanda della società e del mercato (sostenibilità, incremento di qualità, fiducia, certificazione), oltre a ciò di cui la gestione ha bisogno alla luce delle minacce relative, ad esempio, al cambiamento climatico (controllo del rischio). Le *value proposition*, come mostrato nella figura 6.5 rappresentano quindi gli obiettivi individuati per il miglioramento dell'impresa che richiedono azioni e tecnologie abilitanti, ad esempio ed in riferimento alla figura 6.5, per il controllo del rischio o della qualità. Ciò comporta l'adozione di dispositivi

...ORE ED IDENTIFICARE ...ATIVE PER IL NUOVO

ma da un modello lineare ad
essi agricoli con l'adozione di
lla ingegneria gestionale. Uno
te accessibile è rappresentato
sostiene il creatore Osterwal-
zzazione crea, distribuisce e
ento è piuttosto sconosciuto
amente legato all'innovazione
artenza necessario per le mo-
gricoltura intelligente, anche
Smart Agriculture (CSA).



uello centrale rappresenta la
il lato destro, troviamo quat-
enti, i segmenti di clientela,
a gestionale è fondamentale
hi focalizzati sulle attività da
er esterni da coinvolgere per

F e *CSA*) la **proposta di va-**
e la domanda della società e
lità, fiducia, certificazione),
ce delle minacce relative, ad
o del rischio). Le *value pro-*
presentano quindi gli obiet-
esa che richiedono azioni e
mento alla figura 6.5, per il
orta l'adozione di dispositivi

di controllo prossimale e remoto di telerilevamento, di sistemi di supporto alle decisioni (DSS), di applicazioni a rateo variabile (VRA). Nel caso della sostenibilità e dell'acquisizione di fiducia dei consumatori prevedono anche protocolli e sistemi di controllo delle diverse fasi di processo. Per tutte queste innovazioni risulta poi evidente come sia imprescindibile la transizione dell'azienda nella digitalizzazione, soprattutto se si vuole inserire macchine automatiche, robot e sistemi di certificazione di processo come le *blockchain*.



Figura 6.5
Proposte di valore nelle
produzioni agricole
all'aperto.

6.2.3 VALUTARE LA TECNOLOGIA PIÙ APPROPRIATA IN TERMINI DI MATURITÀ SIA DEL PRODOTTO SIA DEL SISTEMA TERRITORIALE DI SUPPORTO CHE NE GARANTISCE IL PROFICUO FUNZIONAMENTO

Nella introduzione delle innovazioni (risorse chiave nel BMC) è necessaria una valutazione in termini di tipologia e dimensionamento al fine di verificare l'affidabilità ed è opportuno fare riferimento allo strumento *Technology Readiness Levels (TRL)*, introdotto dalla *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* a metà degli anni '70 ed ormai diffuso in tutti i campi della ricerca per identificare l'effettiva applicabilità dell'innovazione.

6.2.4 VERIFICARE L'APPROPRIATEZZA DEL SISTEMA TERRITORIALE DI SUPPORTO ALL'INNOVAZIONE

Lo strumento TRL è in grado di valutare la maturità tecnologica di un nuovo prodotto, ma non prende in considerazione se questo possa trasformarsi in un'innovazione di processo che è soggetta a un ampio insieme di fattori interagenti per il proficuo funzionamento dello specifico prodotto innovativo. Ci viene in aiuto sempre il BMC che identifica un secondo tassello fondamentale "gli attori chiave" che costituiscono una rete azienda-servizi identificati come ecosistema produttivo locale che supporta l'innovazione adottata e per il quale possiamo adottare un proprio livello di appropriatezza che definiamo LERL "*Local Ecosystem Readiness Level*".

6.2.5 ADEGUARE LE COMPETENZE E I SISTEMI ORGANIZZATIVI AZIENDALI PER LA PROFICUA INTRODUZIONE DELL'INNOVAZIONE

Sempre il BMC identifica un altro fattore imprescindibile, le "azioni chiave" da attuare nell'impresa per introdurre l'innovazione; queste riguardano la formazione del capitale umano (il personale tecnico e amministrativo), l'adeguamento delle strutture e infrastrutture (accessibilità, ricoveri, strutture di allestimento, manutenzione e riparazione), la predisposizione di protocolli logistici di gestione delle diverse fasi necessarie al corretto funzionamento delle nuove tecnologie. Di notevole ausilio risultano nuovi approcci gestionali e operativi come il pensiero progettuale "*design thinking - system thinking*" (e le impostazioni della *Produzione Snella* "*Lean Manufacturing*" che prevede una verifica a livello generale di tutte le fasi operative di impresa nell'obiettivo di realizzare un prodotto con "meno" materiale, tempo, spazio. Le origini si devono alla esperienza Toyota degli anni '60 '70 riprese da tutto il settore delle grandi industrie di costruzione. Nella grande maggioranza delle aziende agricole italiane, caratterizzate da superfici limitate e spesso in condizioni difficili questi criteri sono ancora da mettere a fuoco, nella attuazione di una vera impostazione di impresa; a ciò si aggiunge la corretta gestione degli elementi di incertezza tipici della attività agricola all'aperto, quali:

- la stagionalità,
- gli eventi meteorologici,
- la variabilità ambientale,
- la tempestività necessaria nelle operazioni fondamentali e spesso caotiche quali difesa e raccolta,
- la grande intensità di lavoro in particolari periodi,
- la necessità di adottare schemi operativi anche diversificati,
- la presenza di condizioni sfavorevoli quali pioggia, fango, polvere, liquidi organici, ghiaccio ...

D'altronde il confronto con altre realtà imprenditoriali agricole nazionali e internazionali e la necessità di rispettare nuovi vincoli derivanti da cambiamenti climatici, sicurezza e salubrità alimentare, ecocompatibilità richiedono un controllo complesso di tutti i fattori che può essere dominato solamente attraverso lo strumento della transizione digitale.

Così nella introduzione di sensori, macchine automatizzate, robot pare indispensabile riorganizzare strutture e procedure per poter impiegare correttamente tali innovazioni tecnologiche; il loro allestimento, la manutenzione e la riparazione non possono essere più fatti in strutture inappropriate e le diverse operazioni, che devono considerare una moltitudine di fattori sempre più complessa, non possono essere attuate in modalità esperienziale, né tanto meno intuitiva. Volendo accennare ad alcune delle priorità, pare utile presentare in tabella 6.4 un esempio di definizione degli obiettivi migliorativi nella introduzione di innovazioni di *Smart Farming*.

Tabella 6.4 Principali punti di applicazione del metodo LEAN Farming.

ADEGUAMENTO DI STRUTTURE E STRUMENTI:	PROCEDURE OPERATIVE APPROPRIATE:
Organizzare in maniera ordinata le strutture di ricovero, stoccaggio, allestimento, manutenzione e riparazione, aree dedicate; digitalizzare l'inventario relativo anche con strumenti CAD e gestionali;	Check list di preparazione e allestimento materiali e macchine per le singole operazioni;
Organizzare con geometrie il più possibile perfette gli impianti colturali. Identificare i percorsi ottimali di "navigazione" nelle diverse operazioni colturali con l'ausilio di strumenti GIS, GPS, telemetria.	Porre particolare attenzione agli allestimenti informatici e digitali con check list specifiche di controllo hardware e software;
Organizzare il monitoraggio delle manutenzioni.	Check list di esecuzione delle operazioni;
	Check list di controllo acquisizione e trasferimento dati digitali;
	Check list di gestione delle emergenze e delle disformità (imprevisti prevedibili).

Le checklist nascono negli Stati Uniti d'America nel 1935 nel settore aeronautico e si sono inserite in diversi contesti, ovunque si avesse necessità di affidabilità da parte del fattore umano in sistemi complessi. Ne è un esempio la recente introduzione di checklist in ambito ospedaliero. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha redatto la "World Health Organization Surgical Safety Checklist", ovvero, una checklist da utilizzare a supporto delle operazioni chirurgiche nelle fasi pre-, peri- e post-operatorie.

L'adozione di tecnologie smart richiede una profonda comprensione dei sistemi meccatronici, elettronici e informatici che le compongono, tenendo sempre presente l'incognita dell'architettura informatica scelta dal programmatore, non esistendo ancora protocolli normalizzati.

In un approccio procedurale che può essere associato all'ottimizzazione del *Lean Management* è essenziale utilizzare strumenti di conoscenza condivisa e capitalizzata. Questo processo inizia con la creazione, il miglioramento e l'implementazione di checklist di controllo per i vari passaggi operativi necessari per far funzionare i sistemi Smart.

È essenziale che i tecnici responsabili della configurazione e dell'utilizzo di macchine smart, a cominciare dalle case produttrici di tali macchine, sviluppino checklist di controllo per le seguenti fasi:

1. allestimento;
2. avvio dell'operazione;
3. esecuzione;
4. termine dell'operazione;
5. rimessaggio.

Queste checklist possono contribuire a garantire un'implementazione più accurata e affidabile delle tecnologie smart, riducendo al minimo i problemi e migliorando l'efficienza operativa.

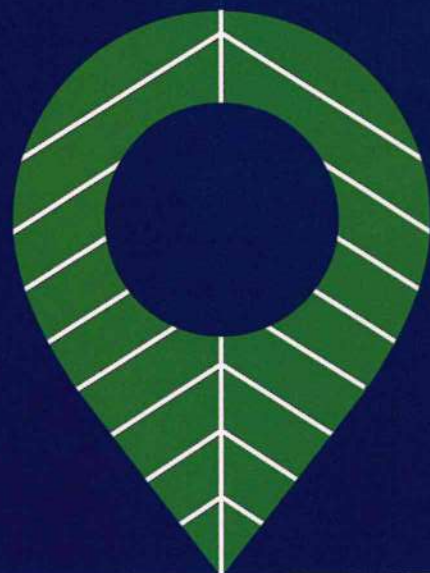
6.3 LE CHECKLIST COME STRUMENTO PER FAVORIRE L'ADOZIONE DI MACCHINE SMART



LIBRO BIANCO

Agricoltura di Precisione in Italia

Applicazione, Diffusione, Economia,
Formazione, Ricerca e Tecnologie



CIVILTÀ
DELLA TERRA



Il testo è disponibile secondo la licenza Creative Commons Attribuzione 4.0
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.it>).

Citazione dell'opera: AA. VV. (2025) – *LIBRO BIANCO Agricoltura di Precisione in Italia. Applicazione, Diffusione, Economia, Formazione, Ricerca e Tecnologie*.
Associazione Futuri Probabili, Roma; BF SpA, Jolanda di Savoia (FE); XXVI+294 pp.

Consulenza editoriale e realizzazione a cura di:
Edagricole-Edizioni Agricole di New Business Media Srl.

Progetto grafico interni e copertina: Luca Bonini
Realizzazione grafica: Belle Arti srl, Via Papa Giovanni XXIII 9 – 40057 Granarolo dell'Emilia (BO)
Impianti e stampa: Kosmoprint S.r.l., Via G. Pastore 16 – 47922 Rimini (RN)

Finito di stampare nel maggio 2025

EDIZIONE FUORI COMMERCIO

HANNO COLLABORATO

GRUPPO DI COORDINAMENTO

Andrea Bacchetti, Maria Libera Battagliere, Antonio Berti, Mirco Boschetti, Raffaele Casa, Stefano Caselli, Stefano Cesco, Valerio Cirillo, Piermaria Corona, Nicola D'Ascenzo, Marcello Donatelli, Antonio Ferrante, Angelo Frascarelli, Matteo Golfarelli, Massimo Iannetta, Albino Maggio, Fabrizio Mazzetto, Andrea Peruzzi, Michele Pisante (Coordinatore), Luigi Sartori, Giacomo Scarascia Mugnozza, Cecilia Sciarretta, Attilio Toscano, Marco Vieri

CAPITOLO 1

Angelo Frascarelli
Università degli Studi di Perugia

1.5.3

Maria Libera Battagliere, ASI
Agenzia Spaziale Italiana
Rocchina Guarini, ASI
Agenzia Spaziale Italiana
Francesca Pieralice, ASI
Agenzia Spaziale Italiana

CAPITOLO 2

Angelo Frascarelli
Università degli Studi di Perugia

CAPITOLO 3

Andrea Bacchetti
Università degli Studi di Brescia
Chiara Corbo
Osservatori *Digital Innovation – School of Management* – Politecnico di Milano

CAPITOLO 4

Piermaria Corona, CREA
Centro di ricerca Foreste e Legno
Giacomo Scarascia Mugnozza
Politecnico di Bari

CAPITOLO 5

Lisa Antonucci
Università degli Studi di Teramo
Raffaele Casa
Università degli Studi della Toscana
Giacomo Scarascia Mugnozza
Politecnico di Bari
Davide Viaggi
Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

CAPITOLO 6

Stefano Cesco
Libera Università di Bolzano – Bozen
Fabrizio Mazzetto
Libera Università di Bolzano – Bozen
Simone Orlandini
Università degli Studi di Firenze
Giacomo Scarascia Mugnozza
Politecnico di Bari
Marco Vieri
Università degli Studi di Firenze

CAPITOLO 7

Maria Libera Battagliere
ASI – Agenzia Spaziale Italiana
Mirco Boschetti
CNR – Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente
Raffaele Casa
Università degli Studi della Toscana
Marco Corsi
e-GEOS (ASI/TELESPAZIO Company)
Laura De Vendictis
e-GEOS (ASI/TELESPAZIO Company)
Rocchina Guarini
ASI – Agenzia Spaziale Italiana
Paolo Minciocchi
TELESPAZIO – IPT Galileo Service Operations
Francesco Nutini
CNR – Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente
Matteo Petito
DIAGRAM Group SpA
Francesca Pieralice
ASI – Agenzia Spaziale Italiana

que, oltre la semplice
ide rappresentare uno
r rafforzare e migliora-
comunità istituzionale,
eratori del settore, sti-
sui temi trattati. L'au-
a stretta collaborazione
e, si possa favorire un
azioni individuate. Gli
arsi per l'istituzione di
te per l'Innovazione e
co nel Settore Agricolo
praggiare l'integrazione
a le tecniche di agricol-
nti, per contribuire alla
di gas serra, alla decar-
sostenibile delle risorse
gliore uso delle matrici

itorio, un ruolo fonda-
modernizzare il settore
tà ambientale e la com-
ricola, ridurre l'attuale
rcorsi formativi ed i fab-
avorative, traguardando
ione e del trasferimento
ricolo e forestale, in coe-
transizione ecologica e

Michele Pisante
Presidente BF SpA

Luciano Violante
ciazione Futuri Probabili

Cecilia Sciarretta
e-GEOS (ASI/TELESPAZIO Company)
Simone Tilia
e-GEOS (ASI/TELESPAZIO Company)
Alessia Tricomi
e-GEOS (ASI/TELESPAZIO Company)

CAPITOLO 8

8.1

Antonello Bonfante
CNR - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del
Mediterraneo
Gianmarco Bortolotti
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Giovanni Caruso
Università di Pisa
Stefano Caselli
Università degli Studi di Parma
Luca Corelli Grappadelli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Antonio Ferrante
Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa
Michela Janni
CNR - Istituto dei Materiali per l'Elettronica ed il
Magnetismo
Luigi Manfrini
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Dario Mengoli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Mirko Piani
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Simone Priori
Università degli Studi della Tuscia

8.2

Valerio Cirillo
Università degli Studi di Napoli Federico II
Claudio Russo
Università degli Studi di Napoli Federico II

8.3

Emanuele Antonecchia
BF Educational and BF Research
Nicola D'Ascenzo
BF Educational and BF Research
Giancarlo Pagnani
Università degli Studi di Teramo
Michele Pisante
Università degli Studi di Teramo

CAPITOLO 9

9.1

Luca Cervone
CREA - Ingegneria e Trasformazione dei prodotti
agro-alimentari
Dario De Nart
CREA - Ingegneria e Trasformazione dei prodotti
agro-alimentari
Marcello Donatelli
BF Educational
Davide Fanchini
CREA - Ingegneria e Trasformazione dei prodotti
agro-alimentari
Alessandro Montagni
CNR - Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi
Terrestri

9.2

Marcello Donatelli
BF Educational
Vincenzo Persico
Bluarancio SpA

CAPITOLO 10

Massimo Iannetta
ENEA - Divisione Sistemi Agroalimentari
Sostenibili
Claudia Zoani
ENEA - Divisione Sistemi Agroalimentari
Sostenibili

CAPITOLO 11

Antonio Ferrante
Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa
Daniele Massa
CREA - Centro di ricerca Orticoltura e
Florovivaismo
Catello Pane
CREA - Centro di ricerca Orticoltura e
Florovivaismo

CAPITOLO 12

Antonio Ferrante
Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa
Andrea Peruzzi
Università di Pisa
Luigi Sartori
Università degli Studi di Padova
Marco Vieri
Università degli Studi di Firenze



CAPITOLO 13

Antonio Berti
Università degli Studi di Padova
Lorenzo Brilli
CNR - Istituto per la Bioeconomia
Piermaria Corona
CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno
Beniamino Gioli
CNR - Istituto per la Bioeconomia
Luisa Leolini
Università degli Studi di Firenze
Alessandro Pantano
Confagricoltura - Area Sviluppo Sostenibile e
innovazione

CAPITOLO 14

Andrea Battiston
Fondazione Leonardo
Piermaria Corona
CREA - Centro di ricerca Foreste e Legno
Giacomo Scarascia Mugnozza
Politecnico di Bari

CAPITOLO 15

Stefano Anconelli
CER - Canale Emiliano Romagnolo
Antonio Berti
Università degli Studi di Padova
Francesco Cavazza
CER - Canale Emiliano Romagnolo
Luca Corelli Grappadelli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Salvatore Gentile
CER - Canale Emiliano Romagnolo

Tommaso Letterio
CER - Canale Emiliano Romagnolo
Luigi Manfrini
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Francesco Napolitano
Sapienza Università degli Studi Roma
Attilio Toscano
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Raffaella Zucaro
CER - Canale Emiliano Romagnolo

CAPITOLO 16

Andrea Peruzzi
Università di Pisa
Luigi Sartori
Università degli Studi di Padova
Marco Vieri
Università degli Studi di Firenze

CAPITOLO 17

Marcello Donatelli
BF Educational
Raffaele Giaffreda
Fondazione Bruno Kessler
Matteo Golfarelli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna
Albino Maggio
Università degli Studi di Napoli Federico II

CAPITOLO 18

Marco Mancini
Università degli Studi di Firenze
Anna Vagnozzi
CREA - Centro di ricerca Politiche e Bioeconomia

Si ringrazia per il contributo alla redazione del Libro Bianco
Lisa Antonucci e Antonella Pedroni

Inoltre si ringrazia
per il supporto al gruppo di lavoro le Segreterie dell'Associazione Futuri Probabili e di BF SpA

INDICE

Introduzione	III
Hanno collaborato	VII
Gli Autori	X
1. Politiche e sostegno pubblico	1
<i>Sinossi</i>	1
1.1 Le strategie della politica agraria europea	2
1.2 Le strategie della politica agraria nazionale	3
1.3 Il sostegno della Pac a favore dell'agricoltura di precisione	4
1.4 Gli incentivi del PNRR	5
1.5 Gli incentivi della politica agraria nazionale	6
1.5.1 Credito d'imposta	6
1.5.2 Fondo innovazione ISMEA	7
1.5.3 Politiche nazionali in ambito di tecnologia spaziale	8
1.6 Il sistema di conoscenza e innovazione	11
2. Aspetti economici dell'agricoltura di precisione	15
<i>Sinossi</i>	15
2.1 Gli effetti sui ricavi	16
2.2 Gli effetti sui costi	16
2.3 Gli effetti sul lavoro	19
2.3.1 Il costo del lavoro	19
2.3.2 La professionalità	20
2.3.3 Il profilo socioeconomico dell'imprenditore di precisione	20
2.4 Un esempio di valutazione economica	21
2.5 Agricoltura di precisione per la sicurezza alimentare e l'ambiente	24
3. Livelli di applicazione e diffusione	25
<i>Sinossi</i>	25
3.1 Il paradigma dell'Agricoltura 4.0	26
3.2 Le soluzioni di Agricoltura 4.0 e le piattaforme di integrazione dati	27
3.3 Il mercato dell'Agricoltura 4.0 in Italia	30
3.4 Il grado di adozione dell'Agricoltura 4.0 nelle aziende agricole italiane	32
3.5 Le prospettive future dell'Agricoltura 4.0 in Italia	34
4. Macroaree tecnologiche trasversali	37
<i>Sinossi</i>	37
4.1 Accessibilità informatica	37
4.2 Big and smart data management	37
4.3 Blockchain	38



4.4	Cloud computing.....	39
4.5	Data mining.....	40
4.6	Intelligenza artificiale.....	41
4.7	Internet delle Cose (<i>Internet of Things</i>).....	42
4.8	Protezione dei dati e cybersicurezza.....	42
4.9	Robotica.....	43
4.10	Sensoristica e reti di sensori.....	44
4.11	Sistemi di navigazione satellitare (geolocalizzazione).....	44
4.12	Sistemi di supporto alle decisioni.....	45
4.13	Sistemi informativi geografici.....	45
4.14	Tecnologie di telerilevamento remoto e prossimale.....	46
5.	Ricerca e innovazione.....	49
	<i>Sinossi</i>	49
5.1	Introduzione e quadro di riferimento sulla ricerca e innovazione.....	49
5.2	Progetti di ricerca sull'Agricoltura di Precisione in UE e in Italia.....	50
5.3	I convegni e l'orientamento delle associazioni scientifiche internazionali.....	53
5.4	Prospettive.....	54
5.5	Tendenze delle pubblicazioni scientifiche sull'agricoltura di precisione.....	54
6.	Formazione ed Aggiornamento Professionale.....	57
	<i>Sinossi</i>	57
6.1	La formazione superiore e Agricoltura di precisione.....	58
6.1.1	Aspetti normativi e percorsi formativi in riferimento ai quadri europei delle qualifiche.....	58
6.1.2	Strumenti formativi post-diploma di scuola secondaria di secondo grado per il dominio dell'Agricoltura di precisione: opportunità e vincoli.....	65
6.2	Aggiornare i programmi formativi introducendo criteri di adozione dell'innovazione tecnologica nelle aziende agricole.....	70
6.2.1	Aggiornare la visione di impresa.....	70
6.2.2	Definire la proposta di valore ed identificare le necessità tecnico-organizzative per il nuovo modello di impresa.....	74
6.2.3	Valutare la tecnologia più appropriata in termini di maturità sia del prodotto sia del sistema territoriale di supporto che ne garantisce il proficuo funzionamento.....	75
6.2.4	Verificare l'appropriatezza del sistema territoriale di supporto all'innovazione.....	75
6.2.5	Adeguare le competenze e i sistemi organizzativi aziendali per la proficua introduzione dell'innovazione.....	76
6.3	Le checklist come strumento per favorire l'adozione di macchine smart.....	77
7.	Telerilevamento e sistemi satellitari di navigazione e telecomunicazione per la generazione di informazioni per il settore agricolo.....	79
	<i>Sinossi</i>	79
7.1	Missioni satellitari di Osservazione della Terra (EO).....	79
7.1.1	Il contributo del programma Europeo <i>Copernicus</i> al monitoraggio dell'agricoltura e dei processi ambientali.....	79



.....	39
.....	40
.....	41
.....	42
.....	42
.....	43
.....	44
.....	44
.....	45
.....	45
.....	46
.....	49
.....	49
.....	49
.....	50
ionali	53
.....	54
one	54
.....	57
.....	57
.....	58
ropei delle	58
do grado	65
li	65
dell'innovazione	70
.....	70
.....	74
del prodotto sia	75
i funzionamento	75
l'innovazione	76
a proficua	77
smart	79
.....	79
.....	79
.....	79
gio	79

7.1.2	Il contributo nazionale: stato dell'arte, sensori disponibili, caratteristiche spaziali e temporali dei dati e prospettive da nuove missioni	82
7.2	Sistemi di rilevamento aereo: sensori disponibili e tipologia di rilievi	86
7.3	I sistemi di telecomunicazione satellitare a supporto della connettività per l'agricoltura di precisione	87
7.3.1	Evoluzione dei sistemi SatCom dai tradizionali sistemi in orbita GEO alle nuove costellazioni in orbita bassa	87
7.3.2	Non Terrestrial Networks (NTN): l'integrazione del satellite nello standard 5G	89
7.4	Il sistema di navigazione dell'Unione Europea Galileo: stato dell'arte e sua evoluzione	91
7.5	Telerilevamento per il monitoraggio e la gestione delle colture	93
7.5.1	Dai dati alle informazioni	93
7.5.2	Esempi di applicazioni di telerilevamento in agricoltura	95
7.5.2.1	Mappatura dell'uso del suolo	95
7.5.2.2	Identificazione delle colture agricole	97
7.5.2.3	Rilevamento e identificazione di erbe infestanti e patologie	98
7.5.2.4	Monitoraggio fenologico delle colture	101
7.5.2.5	Analisi della variabilità interannuale e delle rese	102
7.5.2.6	Previsione di resa culturale	103
7.5.2.7	Zonizzazione intracampo	105
7.5.2.8	Mappatura digitale delle proprietà del suolo	107
7.5.2.9	Stima dell'umidità del suolo	109
8. Sensoristica e reti di sensori, <i>imaging</i> funzionale, "from lab to field"		113
<i>Sinossi</i>		113
8.1	La sensoristica e il monitoraggio	113
8.1.1	Introduzione	113
8.1.2	Monitoraggio di parametri pedologici	114
8.1.2.1	Sensoristica disponibile commercialmente	115
8.1.2.2	Sensoristica in via di sviluppo	116
8.1.3	Monitoraggio delle colture	116
8.1.3.1	Sensoristica disponibile e futura	117
8.1.4	Reti di monitoraggio	118
8.1.5	Edge computing in agricoltura	119
8.1.6	Problematiche e visione futura dell'utilizzo di sensoristica avanzata	121
8.2	<i>Imaging</i> funzionale	121
8.2.1	L' <i>imaging</i> per il <i>phenotyping</i>	123
8.2.1.1	Immagini RGB per lo studio dello sviluppo vegetale <i>in vivo</i>	123
8.2.1.2	Temperatura fogliare e relazioni idriche	125
8.2.1.3	La fluorescenza della clorofilla per la valutazione dello stress	126
8.2.1.4	Tomografia per lo studio della traslocazione in pianta	126
8.2.2	L' <i>imaging</i> e il <i>deep learning</i>	127
8.3	Il paradigma "from lab to field" nell' <i>imaging</i> morfologico e funzionale	128
8.3.1	<i>Imaging</i> "from lab to field"	130
8.3.2	<i>Imaging</i> morfologico: Tomografia computerizzata (CT) e Risonanza magnetica (MRI)	131
8.3.2.1	Tomografia computerizzata	131
8.3.2.2	Risonanza magnetica	133
8.3.3	<i>Imaging</i> funzionale: la tomografia ad emissione di positroni (PET)	134

8.3.3.1	PET, una tecnica da laboratorio	134
8.3.3.2	La rivoluzione: PET una tecnica da pieno campo	137
9.	Dati in agricoltura e agroambiente	141
	<i>Sinossi</i>	141
9.1	Principali paradigmi di condivisione, accesso ai dati, lavoro collaborativo	
	attualmente utilizzati dalla comunità di ricerca	141
9.1.1	Accesso e pubblicazione di dati	143
9.1.2	Il concetto di <i>Open Data</i>	143
9.1.3	Il paradigma FAIR	144
9.1.4	Implementare i principi FAIR	145
9.1.5	Tecnologie per l'implementazione dei principi FAIR	147
9.1.5.1	<i>Data Commons</i> e <i>Virtual Research Environment</i>	147
9.1.5.2	Serializzazione	148
9.1.6	Il quadro normativo	150
9.1.6.1	Proprietà intellettuale	150
9.1.6.2	Protezione dei dati personali e GDPR	151
9.1.7	<i>Cyber-security</i>	152
9.1.8	Conclusioni	152
9.2	Usi multipli di dati in agricoltura: come concretizzarli nel mondo operativo?	152
9.2.1	Progetto Agricoltura Digitale (AgriDigit) e PAD – Piattaforma Agricoltore Digitale	155
10.	L'infrastruttura di ricerca METROFOOD per la digitalizzazione delle filiere agroalimentari	157
	<i>Sinossi</i>	157
10.1	Introduzione	157
10.2	L'ecosistema tecnologico METROFOOD per la digitalizzazione dei sistemi agroalimentari	158
10.3	Il modello architetturale della componente elettronica	162
10.4	AI per l'efficienza e la sostenibilità delle filiere	164
10.5	Blockchain per la tracciabilità, la sicurezza e la trasparenza lungo la filiera	166
11.	Sistemi digitali integrati per le colture protette	169
	<i>Sinossi</i>	169
11.1	Tecnologie digitali e sistemi integrati	170
11.2	Irrigazione e nutrizione di precisione nelle colture in suolo e fuori suolo	172
11.3	Monitoraggio delle prestazioni (performance) della coltura e funzionalità fogliare attraverso la misurazione della fluorescenza della clorofilla a	175
11.4	Valutazione del tasso di crescita e dello stato vegetazionale e fitosanitario delle colture attraverso sensori optoelettronici	176
11.5	Monitoraggio del microclima nell'ambiente di coltivazione attraverso reti di sensori pianta-suolo-aria e modificazione del clima	178
11.6	Automazione per il rilevamento, monitoraggio, cure colturali e raccolta in serra	180
12.	Agricoltura biologica	181
	<i>Sinossi</i>	181
12.1	Introduzione	181

.....	134
.....	137
.....	141
.....	141
orativo	141
.....	143
.....	143
.....	144
.....	145
.....	147
.....	147
.....	148
.....	150
.....	150
.....	151
.....	152
.....	152
operativo?	152
agricoltore Digitale	155
azione	157
.....	157
.....	157
i sistemi	158
.....	162
.....	164
la filiera	166
.....	169
.....	169
.....	170
i suolo	172
zionalità fogliare	175
.....	175
osanitario delle	176
.....	176
verso reti	178
.....	178
raccolta in serra	180
.....	181
.....	181
.....	181

12.2	Gestione di precisione delle operazioni colturali	182
12.3	Gestione di precisione delle infestanti	185
12.3.1	Strategie agronomiche preventive per ridurre la competitività delle infestanti	185
12.3.2	Controllo meccanico e termico della flora spontanea in post emergenza	187
12.3.3	Controllo termico della <i>seed-bank</i> e dei patogeni tellurici	189
12.4	Gestione delle coperture vegetali in viticoltura e ortofrutticoltura	190
12.5	Impianto di miscugli diversi di <i>cover crop</i>	192
12.6	Monitoraggio della qualità dei prodotti in fase post-raccolta	192
13.	Agricoltura del Carbonio	195
Sinossi		195
13.1	Introduzione	195
13.2	AP e Registro pubblico dei crediti di carbonio generati su base volontaria dal settore agroforestale nazionale	196
13.3	Agrotecnica per il <i>Carbon Farming</i>	197
13.3.1	Mantenimento e miglioramento di SOC nei suoli agrari	197
13.3.2	Gestione dell'allevamento e dei reflui zootecnici	198
13.4	Arboricoltura da legno e Agroforestazione	199
13.5	Modellistica colturale	202
13.5.1	<i>RS models</i>	202
13.5.2	<i>Process-based models</i>	204
13.6	Applicabilità futura dell'agricoltura del carbonio	205
14.	Agroenergie da fonti rinnovabili	207
Sinossi		207
14.1	Introduzione	207
14.2	Filiera forestale	208
14.3	Il settore agrivoltaico	211
14.4	Altre fonti di energia rinnovabile	213
15.	Risorse idriche e irrigazione	215
Sinossi		215
15.1	L'irrigazione di precisione nell'azienda agricola	215
15.1.1	Utilizzo di sensoristica per lo stato idrico del suolo e della coltura	215
15.1.2	I DSS per irrigazione e fertirrigazione	218
15.1.3	Monitoraggio e automazione della pratica irrigua	219
15.1.4	Irrigazione a rateo variabile (VRI)	220
15.1.5	Agrivoltaico	221
15.1.6	Irrigazione climatizzante	222
15.1.7	Irrigazione antibrina	222
15.1.8	L'irrigazione delle colture arboree sulla base di informazioni fisiologiche	223
15.1.9	Aspetti futuribili di irrigazione basata su fisiologia colture di pieno campo	224
15.2	La gestione delle acque a scopo irriguo nel territorio	225
15.2.1	Il ruolo dei Consorzi di bonifica	225
15.2.2	I <i>Big Data</i> territoriali nell'irrigazione	225
15.3	Utilizzo a scopo irriguo di acque reflue urbane depurate	226

16. Tecnologie	229
<i>Sinossi</i>	229
16.1 Motori elettrici per trattori e operatrici	229
16.1.1 Trattori elettrici e ibridi	230
16.1.2 Riprogettazione delle attrezzature azionate elettricamente	231
16.2 Tecnologie di precisione per le coltivazioni erbacee ed orticole	231
16.2.1 Gestione conservativa del terreno	231
16.2.1.1 Sistemi di guida e controllo della profondità di lavoro	232
16.2.1.2 Automazione delle macchine per la terminazione delle colture di copertura	233
16.2.1.3 Controllo del compattamento del terreno	234
16.2.2 Gestione dell'impianto delle colture	234
16.2.2.1 Impiego di tecniche di impianto dopo "band steaming"	235
16.2.3 Gestione della fertilizzazione minerale e organica	236
16.3 Gestione della protezione delle colture	237
16.4 Macchine per la raccolta differenziata dell'uva	239
16.5 Robotica	239
16.5.1 Robot agricoli	239
16.5.2 Principali sviluppi nel settore degli <i>ag-robots</i>	241
16.5.3 UAV nella difesa delle colture	241
16.5.4 Utilizzo di robot rasaerba modificati in viticoltura, frutticoltura e orticoltura	245
17. Soluzioni integrate e piattaforme di analisi	245
<i>Sinossi</i>	245
17.1 Data Platform - Integrazione e valorizzazione dei dati	245
17.2 Agricoltura Digitale: limiti nell'implementazione e azioni coordinate per superarli	252
17.2.1 Fattori che influenzano l'implementazione dell'agricoltura digitale	254
17.2.2 Europa Digitale e l'impegno europeo verso la transizione digitale	255
17.2.3 AgrifoodTEF - Integrazione e coordinamento europeo per l'agricoltura digitale	256
17.2.4 Struttura e implementazione della piattaforma <i>agrifoodTEF</i>	258
17.2.5 Obiettivi di lungo termine della piattaforma <i>agrifoodTEF</i>	261
17.3 Usi multipli dei dati in agricoltura	265
18 I Gruppi Operativi del Partenariato Europeo per l'Innovazione (PEI AGRI)	265
<i>Sinossi</i>	265
18.1 L'iniziativa PEI AGRI in Italia e in Europa	269
18.2 La tematica "Agricoltura di Precisione" nei Gruppi Operativi	269
18.3 I gruppi operativi sull'Agricoltura di Precisione nei territori	269
18.4 I gruppi operativi sull'Agricoltura di Precisione per comparto produttivo	273
18.5 Le focus aree interessate	277
Breviario termini tecnici	283
Bibliografia	