



Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali

LINEE GUIDA PER LO SVILUPPO DELL'AGRICOLTURA DI PRECISIONE IN ITALIA

A cura del

Gruppo di Lavoro nominato con DM n. 8604 dell'1/09/2015

Giuseppe Blasi (Mipaaf), Michele Pisante (Univ.Teramo), Luigi Sartori (Univ.Padova), Raffaele Casa (Univ.Tuscia), Sandro Liberatori (Enama), Francesco Loreto (CNR), Bernardo De Bernardinis (ISPRA). *In rappresentanza della Conferenza Stato Regioni*: Lorenzo Furlan (Veneto Agricoltura – Regione Veneto), Fabio Guitoli (Regione Sicilia), Giampaolo Sarno (Regione Emilia Romagna)

Coordinamento

Giuseppe Blasi (Mipaaf), **Michele Pisante** (Università di Teramo)

Hanno Collaborato

Carlo Bisaglia (CREA),
Piermaria Corona (CREA)
Marcello Donatelli (CREA)
Roberto Fresco (CREA)
Andrea Galli (CREA)
Roberto Henke (CREA)
Paolo Menesatti (CREA)
Federico Pallottino (CREA)
Anna Vagnozzi (CREA)
Alessandro Matese (CNR)
Livio Rossi (e-GEOS)
Maria Vittoria Briscolini (Mipaaf)
Pasquale Falzarano (Mipaaf)

SETTEMBRE 2017



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Indice

<u>1 Introduzione e chiave di lettura del documento</u>	4
<u>1.1 Inquadramento socio-economico dell'innovazione in agricoltura</u>	5
<u>1.2 Lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione</u>	6
<u>2 Definizione dell'Agricoltura di Precisione</u>	12
<u>3 Benefici attesi</u>	14
<u>4 Macro aree tecnologiche trasversali</u>	20
<u>4.1 Sistemi di geolocalizzazione</u>	20
<u>4.2 Interazione trattrice/operatrice</u>	21
<u>4.3 Sensoristica</u>	21
<u>4.4 Big and smart data management</u>	23
<u>5 Applicazioni dell'Agricoltura di Precisione</u>	25
<u>5.1 Sistemi colturali erbacei</u>	25
<u>5.2 Sistemi colturali arborei</u>	30
<u>5.3 Viticoltura</u>	31
<u>5.4 Selvicoltura</u>	33
<u>5.4.1 Generalità</u>	33
<u>5.4.2 Monitoraggio e valutazione delle risorse forestali</u>	34
<u>5.4.3 Supporto alle decisioni per la gestione forestale</u>	37
<u>5.4.4 Coltivazioni di piantagioni da legno</u>	37
<u>5.4.5 Utilizzazioni forestali</u>	37
<u>5.4.6 Tracciabilità dei prodotti legnosi</u>	39
<u>5.4.7 Considerazioni</u>	40
<u>5.4.8 Prospettive di sviluppo della selvicoltura di precisione</u>	41
<u>5.5 Zootecnia</u>	41
<u>6 Stato dell'arte e prospettive di sviluppo</u>	44
<u>6.1 Stato dell'arte dell'AdP</u>	44



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

<u>6.1.1 Situazione internazionale</u>	44
<u>6.1.2 Situazione italiana</u>	47
<u>7 Strumenti della PAC 2014-2020 per l'Agricoltura di Precisione</u>	52
<u>7.1 Le opportunità offerte dagli interventi dello Sviluppo Rurale</u>	52
<u>7.1.1 Abruzzo</u>	55
<u>7.1.2 Emilia Romagna</u>	55
<u>7.1.3 Friuli Venezia Giulia</u>	56
<u>7.1.4 Lazio</u>	56
<u>7.1.5 Liguria</u>	57
<u>7.1.6 Lombardia</u>	58
<u>7.1.7 Marche</u>	58
<u>7.1.8 Molise</u>	59
<u>7.1.9 Piemonte</u>	59
<u>7.1.10 Sardegna</u>	60
<u>7.1.11 Sicilia</u>	60
<u>7.1.12 Toscana</u>	61
<u>7.1.13 Umbria</u>	62
<u>7.1.14 Veneto</u>	62
<u>7.2 Le opportunità offerte dalle politiche nazionali</u>	64
<u>8 Industria 4.0</u>	65
<u>9 Formazione</u>	66
<u>10 Raccomandazioni</u>	67
<u>11 Conclusioni</u>	71
<u>12 Bibliografia</u>	74



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

1 Introduzione e chiave di lettura del documento

Il presente documento costituisce un approfondimento sull'innovazione tecnologica in agricoltura, così come delineato nel Piano strategico per l'innovazione e la ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale (2014-2020) approvato con Decreto Mipaaf n. 7139 del 01.04.2015 (Mipaaf, 2015).

Gli argomenti trattati nella presente guida riguardano l'*Agricoltura di Precisione* e le metodologie necessarie per affrontare la sfida dell'innovazione per le imprese e gli stakeholder del settore agricolo nel nostro Paese.

La FAO stima un aumento del fabbisogno di prodotti e necessità alimentari pari al 60% rispetto alla media annuale analizzata dal 2005 al 2007, in relazione alla previsione di crescita della popolazione mondiale stabilita in circa 9 miliardi entro il 2050 (Nikos e Bruinsma 2012). Tuttavia, la superficie coltivata a livello globale aumenterà in misura trascurabile. Inoltre, una classe media in crescita, in particolare nelle economie emergenti, richiederà sempre più un'alimentazione variegata. Allo stesso tempo, i consumatori richiederanno prodotti di migliore qualità e salubrità in relazione all'aumento della loro consapevolezza alimentare.

Anche la Commissione per l'agricoltura e lo sviluppo rurale del Parlamento Europeo ha fornito la stessa stima (McIntyre 2015) dell'aumento della popolazione mondiale, sottolineando come la domanda di alimenti sani e di una nutrizione ottimale, costituisca una delle maggiori sfide future a livello mondiale.

Alcuni trend attuali importanti che costituiscono una notevole diversità rispetto al passato sono ad esempio l'evoluzione tecnologica, i cambiamenti socio-politici, l'aumentato degrado ambientale, le carenze idriche, l'aumentata necessità energetica e l'emergere di nuovi parassiti e malattie che influenzano la produzione agricola. Anche l'aumento delle dimensioni e della struttura delle aziende agricole, le strategie di automazione e i cambiamenti climatici spingono a dover necessariamente integrare l'innovazione tecnologica in maniera consolidata nei processi produttivi dell'agricoltura moderna, al fine di affrontare al meglio le sfide che ci aspettano nei prossimi decenni, avendo la potenzialità di rendere l'agricoltura più produttiva e al contempo sostenibile.

Da tale contesto, emergono due potenziali domande a cui il settore agricolo potrebbe essere chiamato a rispondere: 1) un aumento in termini assoluti delle produzioni per gli aumentati fabbisogni dell'accresciuta popolazione con il minor impatto ambientale possibile; 2) il mantenimento di alti livelli produttivi con una maggior efficienza dell'uso dei fattori produttivi e, quindi, un minor impatto ambientale sia per minor emissione di gas serra sia per il contenimento dei nutrienti. In ogni caso la richiesta si traduce in un aumento dell'efficienza d'uso dei fattori produttivi per cui certamente l'*Agricoltura di Precisione (AdP)* è oggi lo strumento più importante a disposizione.

Nell'approfondire gli aspetti e i trend innovativi, questo documento esamina, nei capitoli successivi, i vari fattori di innovazione per le principali attività agricole presenti in Italia, tra cui la silvicoltura, le coltivazioni in pieno campo, le colture protette, la zootecnia, la viticoltura, prestando attenzione ai fattori di sostenibilità che l'*Agricoltura di Precisione* affronta sistematicamente e come leva necessaria per il



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

conseguimento dei migliori risultati, in linea con quanto definito dall'Unione Europea e dal piano strategico di innovazione predetto. Tale piano, infatti, delinea quattro direttrici verso la sostenibilità:

1. l'efficienza economica, la redditività, la sostenibilità e la stabilità dei sistemi agricoli, con riferimento alle colture, agli allevamenti ed alle attività forestali nei diversi contesti);
2. la conservazione e riproduzione delle risorse naturali e della biodiversità e la produzione di servizi ambientali, tra cui la mitigazione dei cambiamenti climatici;
3. la produzione (controllata e costante) di cibi sani, salutari e di elevata qualità;
4. le relazioni tra agricoltura e comunità locali in grado di assicurare la qualità della vita nelle aree rurali.

Nel corso della trattazione, saranno approfonditi anche gli elementi tecnologici che rappresentano, di fatto, la base comune per la comprensione dei principali sistemi innovativi per l'agricoltura moderna. Insieme a questi, le Linee Guida si completano anche con degli schemi di un livello normativo ben armonizzato con il quadro europeo e mondiale per la Politica Agricola Comune, insieme alle norme sulla sicurezza delle informazioni e della privacy in termini di elaborazione dei dati del settore agricolo attraverso le emergenti tecnologie del *cloud computing* e l'applicazione del paradigma "*big data*".

1.1 Inquadramento socio-economico dell'innovazione in agricoltura

L'esigenza di migliorare la produttività, la competitività e le prestazioni ambientali non riguarda solo l'economia. Con circa 805 milioni di persone nel mondo che soffrono di malnutrizione cronica, gran parte delle quali vive nei Paesi in via di sviluppo, l'Europa ha sicuramente l'obbligo morale di ottimizzare e rafforzare la produzione agricola e di farlo in maniera sempre più sostenibile. Mentre la preoccupazione globale sulla sicurezza alimentare e ambientale ha gettato nuova luce sulla ricerca e sullo sviluppo del settore pubblico, negli ultimi anni l'agricoltura europea continua ad arrancare dietro i suoi concorrenti internazionali. Solo un sostenuto e prioritario investimento nella base di ricerca invertirà questa tendenza. Il punto di partenza deve essere un maggiore investimento mirato nella ricerca applicata e nella ricerca transnazionale. Non abbastanza ricerca viene commercializzata, cosicché gli agricoltori non sono in grado di sfruttare le opportunità fornite dalle nuove tecnologie e dalle innovazioni. Analogamente, ove siano sviluppate le tecnologie agricole, non tutte queste rispondono alle esigenze degli agricoltori, in quanto in taluni casi la tecnologia deve ancora essere utilizzata o adattata alle condizioni agricole locali o perché il ricorso ad essa richiede enormi capitali ed è, pertanto, fuori dalla portata del piccolo agricoltore. Gli agricoltori e gli scienziati svolgono ruoli diversi nel processo di innovazione, ma i migliori risultati possono essere raggiunti solo se entrambe le parti collaborano più strettamente. Gli agricoltori sono gli utilizzatori finali delle tecnologie di produzione e gestione, conseguentemente gli attori nella catena di approvvigionamento che mettono a punto queste tecnologie devono attingere alle loro esperienze pratiche. Analogamente, qualora incontrino una particolare sfida nel settore, gli agricoltori dovrebbero essere in grado di rivolgersi direttamente ai Ricercatori per trovare congiuntamente soluzioni. La Ricerca e l'Industria, comprese quella da allevamento e del settore agrochimico, devono lavorare insieme agli agricoltori e ai produttori di alimenti per migliorare il



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

trasferimento della ricerca in pratica: dal laboratorio all'azienda agricola, al campo. I recenti investimenti e le nuove priorità di finanziamento, a livello di Stati Membri e UE, offrono segnali incoraggianti. Il programma quadro Orizzonte 2020 rappresenta il maggior programma UE in materia di ricerca e innovazione, con circa 80 miliardi di euro di stanziamenti disponibili nell'arco di sette anni. Nuovi investimenti si stanno effettuando in Europa. Nel Regno Unito, anche se in fase di uscita dall'UE, il governo sta investendo in una nuova strategia "Agri-Tech" che mira a fare di quel Paese il leader mondiale nella tecnologia, nell'innovazione e nella sostenibilità dell'agricoltura. Tale strategia è ormai in corso e include un investimento di 70 milioni di sterline in un catalizzatore Agri-Tech volto a contribuire ad accelerare la commercializzazione della ricerca agricola e altri 90 milioni di sterline per fondare centri di innovazione agricola che sostengano i progressi nell'agricoltura sostenibile. La chiave per far funzionare tutto questo sarà garantire le idonee competenze e attrarre il giusto talento e competenza nell'industria. Le competenze in materia di ricerca necessarie per sostenere il settore sono in rapido mutamento e vi è ormai il reale rischio di elevate carenze di competenze professionalizzanti di sistema, dall'agronomia alla fitoiatria, dalla selvicoltura all'ingegneria agraria, perché molti dei professionisti con esperienze in queste specifiche competenze progressivamente si avvicinano alla pensione e non sono affiancati dal ricambio generazionale. In gran parte d'Europa ed anche in Italia, i Centri di istruzione e formazione, a seguito delle ripetute riforme, hanno curvato gli obiettivi formativi verso discipline di base e caratterizzanti, penalizzando la visione d'insieme che solo le discipline professionalizzanti possono conferire per abilitare il "saper fare" alle competenze richieste dal mondo del lavoro e delle professioni.

È, altresì, importante promuovere contesti favorevoli all'innovazione, con adeguata applicazione delle regolamentazioni UE, riducendo ed evitando gli ostacoli. Senza un regime regolamentare di sostegno, l'industria europea si ri-localizzerà verso mercati più dinamici. Troppo spesso, la legislazione UE impone restrizioni a prodotti e tecnologie senza adeguate prove di rischio. La legislazione UE deve essere basata sull'evidenza al fine di incoraggiare l'innovazione. Gran parte degli agricoltori e dei proprietari terrieri sono piccole imprese e ridurre al minimo l'onere amministrativo gravante su tali PMI è indispensabile. I margini nel settore agricolo sono ridotti e i costi supplementari minacciano la sopravvivenza di alcune attività su piccola scala. Infine, le sfide a lungo termine connesse all'agricoltura sostenibile dovrebbero essere affrontate con un approccio congiunto della Commissione e degli Stati Membri per garantire il sostegno all'innovazione tecnologica, un quadro regolamentare che sia basato sui rischi e supportato dalle prove scientifiche, la continuità della ricerca di base e applicata e lo sviluppo delle competenze in campo agricolo. L'innovazione in agricoltura offrirà l'opportunità di creare nuovi posti di lavoro soprattutto nel settore dei servizi, dove ci sarà sempre più spazio per aziende di consulenza e per figure professionali quali *l'innovation broker*. Ciò potrà favorire sicuramente l'ingresso di molti giovani nel mondo imprenditoriale agricolo.

1.2 Lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione

A partire dai primi anni '90 l'AdP ha registrato un rapido incremento, in larga parte favorito dalla disponibilità di un assetto tecnologico articolato sui seguenti livelli:

1. posizionamento geografico (GPS, GLONASS, GNSS);



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

2. informazione geografica (GIS);
3. macchine in grado di attuare una guida assistita/semiautomatica;
4. acquisizione di dati specifici attraverso sensori (remoti, satellitari/aerei o prossimali);
5. individuazione della risposta agronomica ed applicazione (attuatori per il dosaggio variabile, il controllo delle sezioni, i sistemi di guida, ecc.) il cui sviluppo è in continua rapida crescita;
6. macchine in grado di dosare i fattori produttivi sulla base delle informazioni di cui sopra.

Tenendo conto di quanto sopra, le tecnologie dell'AdP possono essere suddivise in due grandi categorie:

A) Relative alla GUIDA ASSISTITA/SEMI-AUTOMATICA: consentono alle macchine di individuare precisamente i percorsi da fare e fatti in modo tale da evitare sovrapposizioni e garantire la correttezza/maggior efficienza delle linee delle operazioni a prescindere dall'operatore; tale tecnologia determina un aumento della capacità di lavoro delle macchine, la riduzione della fatica degli operatori, la drastica riduzione dei consumi di gasolio e dei costi di esercizio delle macchine in generale, la drastica riduzione delle sovrapposizioni e, quindi, la forte riduzione degli "sprechi" dei fattori di produzione (fitofarmaci, fertilizzanti, seme) nonché degli effetti negativi derivanti dai sovradosaggi di questi ultimi.

B) Relative al DOSAGGIO VARIABILE dei fattori produttivi: consentono di variare l'input dei fattori di produzione in funzione delle esigenze della coltura e delle caratteristiche del terreno; ciò determina l'aumento dell'efficienza dei fattori di produzione, minori sprechi e quindi minor inquinamento, nonché la massimizzazione della resa nelle condizioni date.

Tale procedura prevede quattro fasi attuative: 1) il monitoraggio di dati (ambientali, produttivi, pedologici, meccanici, ecc.), 2) l'analisi, 3) la decisione/azione e 4) il controllo. Questi quattro pilastri sono finalizzati alla gestione sostenibile delle risorse (fertilizzanti e nutrienti, sementi, prodotti fitosanitari, carburanti, acqua, suolo, ecc.) per mezzo del controllo delle macchine che le gestiscono.

Le tecnologie di categoria A, senza l'aggiunta di ulteriori elementi tecnologici e conoscenze, consentono:

- la realizzazione dei vantaggi descritti per tutte le operazioni colturali dei seminativi (dalle diverse lavorazioni, alla semina, alla distribuzione dei fitofarmaci e dei fertilizzanti, alla raccolta);
- l'immediata applicazione, con costi contenuti per le tecnologie più semplici della categoria (poche migliaia di euro per trattore);
- una facile diffusione attraverso l'adozione della tecnologia da parte dei contoterzisti;
- un facile controllo della loro reale diffusione mediante l'acquisizione dei dati di vendita delle macchine.

Più complesso il processo di applicazione delle tecnologie di categoria B, che richiede anche l'acquisizione di specifiche competenze.

Per approfondire il significato delle specifiche terminologie si rimanda a AA VV (2017a) mentre per la descrizione delle tecnologie e di loro pratiche applicazioni in combinazione con le tecniche dell'agricoltura conservativa si rimanda a AA VV, (2017 b,c).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Le tecnologie di categoria A hanno, pertanto, tempi di applicazione molto più brevi. Esse possono produrre i benefici tecnici e ambientali sin dall'inizio della loro applicazione con investimenti contenuti e sono anche la base per l'impiego delle tecnologie della categoria B, per la cui applicazione sono necessari tempi più lunghi, maggiori investimenti tecnici ed economici con ricadute nel lungo periodo e, quindi, di più difficile controllo e quantificazione.

Lo sviluppo pieno delle tecnologie della categoria B dell'Agricoltura di Precisione richiede anche informazioni agrometeorologiche e agro-climatiche tipicamente ad elevata risoluzione sia spaziale che temporale; d'altra parte, lo stesso non può prescindere da dati meteo-climatici di qualità e che presentino una validità ed una omogeneità a livello nazionale, necessaria per lo sviluppo e calibrazione di modelli agronomici, agro-fenologici e fitosanitari. E' importante, quindi, che siano resi disponibili tali dati di buona qualità, completi e facilmente fruibili, sia per le simulazioni di lungo periodo che per i DSS per il breve periodo.

L'evoluzione delle applicazioni tecnologiche è stata molto forte negli ultimi anni ed è in continuo sviluppo. Un recente studio del Parlamento Europeo (2014) ha fornito un primo censimento delle diverse tecnologie disponibili e il loro stato di sviluppo e maturità (Tabella 1).

Tabella 1. Panoramica delle applicazioni e tecnologie per l'Agricoltura di Precisione (UE, 2014, adattato e aggiornato).

<i>Applicazione</i>	<i>Obiettivi</i>	<i>Stato dell'arte</i>
<i>Interfacce uomo-macchina e macchina-macchina</i>	Monitorare e gestire tutte le applicazioni di AdP	Terminali indipendenti o universali (ISOBUS)
<i>Sistemi di guida</i>	Evitare sovrapposizioni, ridurre l'affaticamento	Assistita o automatica
<i>Traffico controllato</i>	Minimizzare il compattamento del suolo	Macchine specifiche, sistemi di guida, software
<i>Registrazione degli spostamenti delle macchine</i>	Tracciabilità, sicurezza	Sistemi di registrazione imbarcabili, software per l'interoperabilità e scambio dei dati
<i>Campionamento del terreno</i>	Geo-localizzare le caratteristiche fisico-chimiche del terreno	Sensori geofisici (es.: EMI), sistemi di localizzazione campioni, mappe di prescrizione



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

<i>Monitoraggio delle colture</i>	Mappare lo stato fisiologico delle colture	Sensori ottici e relativi indici (ad es. NDVI, NDRE, LAI)
<i>Sviluppo di sensori specifici e di modalità di cooperazione tra sensori diversi</i>	Acquisire automaticamente dati per supportare decisioni in tempo reale	Sensori per misurare parametri diversi, ma integrabili e complementari
<i>Sistemi di visione artificiale</i>	Riconoscere difetti o infestanti, garantire salubrità	Monitorare e valutare colture, frutta, ortaggi, ecc.
<i>Sensori remoti</i>	mappare le superfici aggiornate e monitorare lo stato delle colture	Immagini multispettrali aeree o da droni; satellitari ad altissima risoluzione (Worldview, Geoeye, Pleiades) o ad altissima frequenza (Sentinel2)
<i>Applicazioni a dose variabile</i>	Controllo delle dosi di fertilizzanti, fitofarmaci, ma anche acqua irrigua	valutazione di possibili trattamenti specifici riducendo sprechi e impatto ambientale
<i>Applicazioni a sezioni variabili</i>	Controllo della semina	Evita sovra semine
<i>Applicazioni a distanze variabili</i>	Controllo della semina su curve o cerchi	Evita distanze non desiderate sulla fila a seguito di diverse velocità periferiche in operazioni non rettilinee
<i>Monitoraggio delle produzioni</i>	Localizzazione delle informazioni sulla produzione	Consente di realizzare mappe di produzione
<i>Tracciabilità individuale di animali al pascolo</i>	Fornire informazioni sulla posizione, stato di salute, carico animale, segnalazione pericoli	Consente di ottenere e registrare dati da ricevitori GNSS individuali
<i>Sensori in-line e on-farm in allevamenti (bovini, suini, avicoli)</i>	Fornire informazioni sullo stato produttivo, riproduttivo e di salute degli animali	Molteplicità di sensori in fase di sviluppo o già diffusi a livello commerciale
<i>Sistemi di supporto alle decisioni</i>	Software per documentazioni, previsioni, elaborazioni, ecc.	In fase di sviluppo e diffusione



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Considerata l'importanza che l'insieme di queste tecnologie sta assumendo, il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, il 1° settembre 2015 ha nominato un Gruppo di Lavoro con l'obiettivo di approfondire le tematiche ed individuare le azioni per promuovere l'innovazione del settore agricolo nel breve e medio periodo. Il Gruppo di Lavoro, in prima applicazione, ha lanciato una "chiamata per contributi" per acquisire le informazioni esistenti sulla diffusione dell'Agricoltura di Precisione in Italia, mettendone in luce le prospettive di sviluppo tecnico-economiche mediante la stesura del documento "***Report sullo stato dell'arte - AGRICOLTURA di PRECISIONE in Italia - Sintesi della chiamata per contributi di ricerca ed innovazione***".

Tale documento si è rivelato di grande utilità, rappresentando un valido strumento per delineare le condizioni di avanzamento tecnologico inerente la ricerca nel settore dell'AdP nelle diverse filiere produttive ed individuando delle macro aree tecnologiche trasversali, che si intersecano e contribuiscono allo sviluppo di ognuno di essi.

In Italia lo sviluppo dell'AdP risulta in linea con le tendenze di sviluppo nell'Unione Europea, evidenziando un impegno destinato ad aumentare rapidamente nel tempo.

La sinergia tra la meccanizzazione e l'ingegneria ad alta tecnologia sta rivoluzionando l'agricoltura, in special modo negli ultimi anni, con l'impiego di tecnologie come computer, satelliti, sistemi di posizionamento ad alta precisione, sensori intelligenti, networks ed un'ampia gamma di applicazioni, che rendono possibile aumentare la produzione, ottimizzare le risorse, ridurre i costi e favorire i migliori risultati produttivi quanti-qualitativi, in base alle caratteristiche specifiche del suolo e/o colturali. La gestione strategica definita "Agricoltura di Precisione", oltre a sostenere l'agricoltore in ogni intervento agronomico, come la preparazione del terreno, la protezione e la raccolta delle colture, la semina, la fertilizzazione, l'irrigazione, con moderne strumentazioni introdotte anche da contesti come il settore del movimento terra, delle prospezioni geologiche, dell'*automotive*, ingegneristico ed elettronico, consente di ottimizzare tutte le risorse impiegate e la forza lavoro, migliorando la sicurezza e l'ergonomia delle attrezzature. Alcuni dei principali concetti introdotti in questa moderna agricoltura sono la guida assistita e la guida automatica delle trattrici agricole, le macchine per la distribuzione con dosaggio a rateo variabile, l'esecuzione e la geo-localizzazione di campioni di terreno e prodotto.

Attualmente l'AdP sta rivivendo senza dubbio il suo ormai terzo momento favorevole dalla sua prima apparizione nella seconda metà degli anni '90, soprattutto grazie alla riduzione dei costi delle tecnologie disponibili ed al crescente coinvolgimento dei costruttori nella predisposizione dei modelli commercializzati. La possibilità di intervenire al momento giusto, nel posto giusto, con il giusto mezzo tecnico, alla giusta dose, appassiona da sempre tutti gli attori della filiera, sia in agricoltura convenzionale, a basso impatto che in agricoltura biologica, ma diversi sono ancora gli aspetti che ne rallentano la diffusione e l'affermazione su larga scala.

Dall'indagine appare evidente quali siano al momento le macro aree di interesse per la diffusione dell'AdP. In tal senso il presente documento deve essere letto considerando delle aree trasversali (principalmente di carattere tecnologico e di trattamento dati) che si innestano su quelle di filiera (inerenti le applicazioni e le esigenze specifiche relative ai diversi sistemi produttivi). L'innovazione tecnologica



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

ha ampiamente coinvolto anche il comparto zootecnico che, da struttura puramente meccanica, sta diventando una struttura controllata elettronicamente. Esempi di strumentazioni sono stati predisposti per la rilevazione e il monitoraggio di alcuni caratteri sanitari e funzionali degli animali, ritenuti importanti ai fini gestionali, fino alle strumentazioni introdotte di recente (tipicamente sistemi a nodi inerziali) per soddisfare le esigenze legate alle nuove tematiche della zootecnia, quali il benessere animale e la tracciabilità, nonché il movimento (Huhtala 2007).

Alcuni dati importanti sono, ad esempio, le unità presenti in allevamento (i box dell'allevamento) e l'identificazione univoca dei singoli capi e del loro status.

Generalmente le informazioni raccolte per ciascun animale riguardano principalmente gli aspetti produttivi, i dati riproduttivi, gli aspetti sanitari, le condizioni ambientali e la mobilità.

Anche la zootecnia di "precisione", apre al problema dello sviluppo di applicazioni, della loro gestione, dell'interoperabilità fra dispositivi di produttori diversi ma tra loro complementari, dell'assistenza tecnica nell'informatica e nell'elettronica applicata alla zootecnia. E questi sistemi sono importanti anche per l'agricoltura, perché di riflesso comportano analisi di produzione agricola (tipo, quantità e sito) per l'alimentazione dei capi di allevamento.

Un altro settore nel quale l'innovazione tecnologica aggiunge una dimensione di supporto al miglioramento della produttività è l'acquacoltura, che sinteticamente comprende tutti i possibili allevamenti controllati di organismi acquatici (pesci, crostacei, molluschi, alghe, ecc...), specialmente di acqua dolce.

Le risorse del pescato dal mare e dagli oceani è in diminuzione anche per fattori ambientali e di inquinamento, mentre il consumo di pesce è aumentato fino ad attestarsi sui 19,2 kg (FAO 2014) pro capite per il 2012. Al contempo, i prodotti di acquacoltura si attestano sui 160 milioni di tonnellate a livello mondiale. Si stima che nel 2020 metà dei prodotti ittici saranno forniti dall'acquacoltura (Chen 2013).

Le tecnologie informatiche anche in questo ambito sono di supporto notevole per monitorare la qualità delle acque di produzione e per determinare e garantire i parametri migliori attraverso sensori e attuatori per la salute delle specie in acquacoltura. Il monitoraggio *real time* può essere effettuato con reti di sensori specifici, wireless e anche tramite droni acquatici per rilievi di zone ampie di acquacoltura (come i laghi).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

2 Definizione dell'Agricoltura di Precisione

Diverse sono le definizioni ascrivibili all'AdP tra le quali quella di *Pierce e Novak* (1999) sinteticamente riporta: **“un sistema che fornisce gli strumenti per fare la cosa giusta, nel posto giusto, al momento giusto”**, dove per "cosa giusta" si intende un intervento agronomico. In realtà, le recenti innovazioni tecnologiche portano ad un ampliamento delle opportunità di applicazione e, pertanto, tale definizione si può estendere.

Secondo una definizione più ***estensiva*** di AdP, questa può essere descritta come **“una gestione aziendale (agricola, ma anche forestale e zootecnica) basata sull’osservazione, la misura e la risposta dell’insieme di variabili quanti-qualitative inter ed intra-campo che intervengono nell’ordinamento produttivo. Ciò al fine di definire, dopo analisi dei dati sito-specifici, un sistema di supporto decisionale per l’intera gestione aziendale, con l’obiettivo di ottimizzare i rendimenti nell’ottica di una sostenibilità avanzata di tipo climatico e ambientale, economico, produttivo e sociale”**.

Il National Research Council americano (1997) invece la definisce: **“Una strategia che usa le tecnologie d’informazione per integrare dati provenienti da più strati informativi ai fini decisionali per la gestione dei sistemi agricoli”**.

È possibile individuare diverse fasi nell’applicazione dell’Agricoltura di Precisione:

- 1) la prima fase consiste nella misura ed interpretazione della variabilità spazio-temporale associata a tutti gli aspetti della produzione agraria, tramite l’acquisizione di dati ambientali negli agro-ecosistemi e l’elaborazione degli stessi utilizzando metodologie innovative. Il prodotto finale è la delimitazione del campo in aree con caratteristiche sufficientemente omogenee;
- 2) la seconda fase utilizza l’informazione raccolta nella fase precedente per adattare gli input agronomici (ad esempio: acqua, fertilizzanti, prodotti fitosanitari) alle specifiche condizioni locali, differenziando così gli interventi agronomici all’interno di uno stesso appezzamento;
- 3) la terza fase consiste nella validazione della metodologia, in modo da calibrare le direttive gestionali prima del suo trasferimento agli agricoltori.

Da un punto di vista tecnologico, si osserva che l’innovazione si applica a svariati ambiti, da quello agricolo per eccellenza, fino all’allevamento e all’acquacoltura. In ogni applicazione, la tecnologia offre un sistema deterministico (cioè permette di elaborare risposte certe a valori d’ingresso ben precisi). Per cui, se consideriamo che operare in ambito agricolo, zootecnico o di acquacoltura comporta la necessità di avere conoscenza di condizioni esterne che influenzano l’attività, possiamo tranquillamente pensare ad una definizione di AdP che sia collegata all’evoluzione di un sistema che si trasforma dinamicamente.

Pertanto, l’attività agricola può essere assimilata ad un sistema dinamico dal quale, sulla base della gestione spazio-temporale di alcuni input (esempio: irrigazione, fertilizzanti, fitofarmaci, intensità di luce), dipende la produzione in termini quantitativi e qualitativi. Gli output di questo sistema sono però influenzati da variabili esterne (tra cui, il clima e la qualità del suolo) condizionando il sistema stesso.

In sostanza il "sistema agricoltura", nel quale la tecnologia viene impiegata, può evolversi, a partire da



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

una situazione iniziale, verso determinati stati che conducano a produzioni soddisfacenti, o stabili, o invece scarsamente capaci di un beneficio reale, economico ed ambientale.

Le varie tecnologie impiegate possono, entro certi limiti, controllare l'incertezza del risultato, ottimizzando tutti i parametri necessari alla resa migliore.

Questa azione viene svolta elaborando i dati provenienti da più sensori diversi per trasformarli in decisioni e, quindi, in azioni. Ciò sinteticamente viene indicato con il termine *Internet of Things* (IoT), che è basato essenzialmente su: raccolta dati, collegamento fra i vari sensori ed elaborazione dati ai fini decisionali attraverso un sistema di supporto alle decisioni (DSS). Componente strutturale di quest'ultimo sono i modelli di simulazione della crescita e sviluppo delle colture. In realtà ogni azione ha sempre un margine di rischio e la sua stima è critica nell'attività decisionale. E' necessario, quindi, utilizzare, oltre a quelli deterministici, anche modelli stocastici, probabilistici che permettono una valutazione di tali rischi.

Anche nelle colture protette, dove si adottano condizioni ambientali controllate rispetto al pieno campo, si sono ampiamente sviluppate tecnologie di controllo estremamente evolute (Fresco et al. 2015).

Nelle colture protette si presume che la produzione sia ottimizzata cercando di definire in modo deterministico i risultati del sistema dinamico per il quale si desidera una corrispondenza certa tra input e output. In realtà non è possibile ricondurre la produzione agricola ad un sistema dinamico perfetto: basti pensare alla temperatura che spesso influenza anche le colture protette (a volte costa troppo riscaldare o raffreddare una serra), così come non è possibile escludere stress idrici e avversità delle piante. Tutto questo rende la coltivazione protetta riconducibile e paragonabile ad altri comparti agricoli, sia per la complessità delle interazioni che per l'ulteriore rischio di errore umano.

Un'ulteriore evoluzione in agricoltura che sta contribuendo ad allargare le potenzialità dell'AdP e' determinata dai recenti progressi della robotica e dei cosiddetti sistemi autonomi che traggono beneficio dalla ricerca nell'ambito dell'intelligenza artificiale e delle applicazioni dei sistemi *embedded*. La nuova frontiera della meccanizzazione agraria consiste nell'implementare sistemi interconnessi, interdipendenti, collaborativi con funzionalità di comunicazione e connettività di rete, e di controllo dei processi fisici. L'uso di sensori e attuatori collega propriamente i sistemi di elaborazione al mondo fisico. Si parla in tal caso di *Cyber Physical Systems* (Lagarrigue et al., 2014) nei quali risulta fondamentale il contatto con il mondo reale e dove *l'Internet delle Cose* diviene una piattaforma abilitante a tale scopo. L'agricoltura, pertanto, assume una dimensione moderna in quanto i singoli processi vengono mappati in un vero e proprio sistema di elaborazione o, meglio, in un Sistema dei Sistemi (SoS), caratterizzato da una certa complessità, ma allo stesso tempo perfettamente integrato con determinate soluzioni tecnologiche di supporto.

Allo stesso modo, i veicoli diventano pertanto sistemi autonomi e cooperanti, non solo tra loro ma anche con l'operatore umano; in agricoltura sono e restano fondamentali il controllo e le azioni determinate dalle necessità rilevate dall'uomo. Per questo motivo si parla di cosiddetti *co-robots* (sistemi robotici cooperanti con l'uomo) in accordo alla National Robotics Initiative 2.0: *Ubiquitous Collaborative Robots*,



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

studio condotto dalla National Science Foundation (NSF 2016) le cui applicazioni principali sono le diverse attività di lavoro (ad esempio la semina e la fertilizzazione del suolo) ma anche il monitoraggio in real time sul campo (Emmi Luis et al. 2014). Si parla di sistemi che offrono un controllo real time e autonomia adattiva al fine di consentire la massima interazione e lavoro di gruppo tra sistemi e operatori umani (Cürüklü B. et al. 2017).

In considerazione di tutti questi aspetti e delle integrazioni tecnologiche in continua evoluzione, l'Agricoltura di Precisione può essere intesa proprio come il risultato di un processo di sistema integrato, avente l'obiettivo di ricondurre certi parametri di ingresso relativi ad una certa coltivazione verso determinati valori in uscita (tipicamente valori di resa produttiva e di qualità), secondo uno schema di attuazione interno, che tende essenzialmente a fornire in uscita i parametri ottimali per quella coltivazione che di fatto "comunica" determinate esigenze di acqua, luce e così via al sistema stesso. La tecnologia fornisce, quindi, la completa soluzione alle necessità di innovazione di un intero settore primario quale quello dell'agricoltura.

3 Benefici attesi

L'introduzione e l'integrazione dei processi di *Information Technology* in agricoltura e più complessivamente nei principali sistemi di gestione del settore primario, ha consentito di valutare e classificare i benefici attesi in diverse realtà aziendali, spesso ancora troppo disomogenee, per valutare le migliori strategie di introduzione dell'innovazione. In termini generali, i benefici attesi sono:

1. Ottimizzazione dell'efficienza produttiva e qualitativa;
2. Riduzione dei costi aziendali;
3. Ottimizzazione degli input, minimizzando gli impatti ambientali;
4. Creazione di opportunità imprenditoriali come aziende di consulenza, contoterzismo e *innovation broker*.

Le principali tecnologie, esaminate nelle altre parti delle Linee Guida, sono essenzialmente riconducibili alle seguenti tecnologie:

1. Tecnologie di elettronica (di base o anche molto avanzate) preposte sia all'acquisizione del dato (monitoraggio), sia all'impiego dell'informazione all'interno del contesto produttivo (controllo operativo); sono, pertanto, tecnologie che generano e usano informazioni nella fase iniziale e finale del ciclo produttivo;
2. Tecnologie di posizionamento con le quali le informazioni per il ciclo produttivo si integrano con ulteriori dati indispensabili quando entra in gioco una dimensione spaziale (o sito-specifica) del processo produttivo;
3. Tecnologie informatiche *hardware* per la gestione fisica dei dati, ovvero la disponibilità di sistemi e supporti o canali fisici per la loro visualizzazione, conservazione, trasmissione (tramite reti e sistemi di telecomunicazioni di vario tipo) e fruibilità;
4. Tecnologie informatiche *software* preposte all'elaborazione delle informazioni e all'interfacciamento delle funzionalità digitali dell'hardware ai fini della fruibilità per gli utenti



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

finali. In questo ambito rientrano anche tutti i sistemi di supporto alle decisioni e alla definizione di sistemi software di analisi, anche automatizzata, in grado di stabilire le attuazioni attraverso altri tipi di sistemi (idraulici, elettronici, meccanici).

L'impiego di queste tecnologie, in tutto o in parte, contribuisce ad ottenere una serie di benefici agronomici, e quindi produttivi, economici ed ambientali, risultanti dall'ottimizzazione degli input, nonché dalla riduzione della pressione esercitata dai sistemi agricoli sull'ambiente. La precisione introdotta dalle tecnologie, di fatti consente, sia per le produzioni in pieno campo, sia per le colture protette, di effettuare una distribuzione mirata dei principali fattori della produzione (acqua, fertilizzanti, prodotti fitosanitari) solo dove serve e nella quantità corrispondente al reale fabbisogno della coltivazione in atto. Inoltre, l'impiego dei sensori consente anche un monitoraggio in tempo reale dello stato di salute delle colture, controllando per esempio l'insorgenza di fitopatologie o le condizioni ambientali, oppure riducendo pratiche agronomiche non ben calibrate che potrebbero indurre patogenesi nelle piante stesse. Ciò comporta anche il risparmio di sostanze chimiche di sintesi necessarie per la difesa delle colture, con risvolti positivi anche nei riguardi dell'ambiente.

A questo proposito, le testimonianze sperimentali sulla convenienza economica della VRA applicata alle concimazioni azotate (N-VRA), pratica più diffusamente considerata a livello sperimentale, sono parecchie (Godwin et al., 2002; Schmerler e Basten, 1999), ma non sempre evidenti (Welsh et al., 2003) e i risultati conseguiti sono poco generalizzabili a causa della variabilità spaziale, colturale e temporale del sito e degli andamenti dei prezzi delle tecnologie, dei fertilizzanti e dei prodotti. I maggiori costi della N-VRA sono relativi a eventuali superiori dosaggi di azoto, campionamenti e uso del ricevitore satellitare e sistemi per la gestione geografica dei dati (Snyder et al., 1998). I benefici economici derivano da un più razionale uso e un miglioramento dell'efficienza dell'azoto (Bongiovanni and Lowenberg-Deboer, 2004) e dei fattori di produzione in generale e sono destinati ad aumentare con l'incremento dei costi di questi ultimi, con la tendenziale diminuzione degli investimenti richiesti dalla tecnologia e con la spinta delle politiche comunitarie volte a riconoscere le forme di *agricolture* più "sostenibili" a scapito di quelle "convenzionali" (Snyder et al., 1998; Schmerler and Basten, 1999; Godwin et al., 2002).

Uno sforzo significativo è anche legato all'investimento necessario al fine di creare le curve di calibrazione che sono alla base delle mappe di prescrizione. La semplice misura dello stato idrico, nutrizionale ecc. della coltura, non è da sola sufficiente a determinare l'azione da porre in atto. Le formule matematiche, che mettano in relazione lo stato della coltura con la reazione da porre in essere, devono essere calibrate in situazioni specifiche e devono essere creati strumenti di adattamento territoriale e temporale per rendere la risposta agronomica sito- ed anno-specifica.

Sotto l'aspetto ambientale, la riduzione dei fertilizzanti chimici ed organici ha effetti sulla qualità dell'acqua e sul suo consumo, sulla qualità del suolo e dell'aria, sulla mitigazione dei cambiamenti climatici e sugli aspetti energetici. Molti studi sono stati condotti sui nitrati e la maggior parte di essi ha individuato nella distribuzione variabile una riduzione dell'azoto lisciviato fino al 75% rispetto alla distribuzione uniforme.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

La maggior parte degli studi sull'impatto ambientale della N-VRA, riassunta da Bongiovanni and Lowenberg-Deboer (2004), riporta che spesso i benefici ambientali derivanti dalla distribuzione variabile sono superiori rispetto alla distribuzione uniforme, mentre in altri casi i benefici sono meno evidenti. Nella loro *review*, gli autori sottolineano che "l'AdP può contribuire in molti modi alla sostenibilità a lungo termine delle produzioni agricole, confermando l'intuitiva idea che l'AdP può ridurre il carico ambientale dell'applicazione dei prodotti chimici solo dove e quando ne esiste la necessità". I benefici ambientali dell'N-VRA derivano da un più oculato uso degli input che riduce le perdite di un'eccessiva applicazione e dalla riduzione delle perdite per squilibri dei nutrienti.

Un altro aspetto molto importante a cui può portare l'Agricoltura di Precisione è la tracciabilità delle pratiche agronomiche messe in atto. La richiesta di informazioni legate alla gestione agronomica delle colture è crescente sia per il calcolo di indicatori derivati, quali gli indicatori agroambientali, sia per l'analisi dello stato di fatto. La connessione degli strumenti di acquisizione della posizione e del monitoraggio di quanto viene effettuato in campo, è tuttavia un'azione che necessita ancora di un ampio sviluppo per essere attuata a livello territoriale, ma la potenzialità che essa nasconde in termini di pianificazione territoriale è notevole.

I benefici che si possono ricavare dall'adozione di una gestione localizzata della produzione sono, dunque, influenzati dalla presenza di più variabili: tipo di terreno, dotazione di nutrienti, giacitura, contenuto di sostanza organica, capacità di trattenere l'acqua, andamento stagionale, tipo di coltura, etc. Le variazioni di questi fattori comportano differenti capacità potenziali dei terreni di utilizzare gli input e di produrre (English et al, 1998).

L'applicazione della N-VRT e, in generale, dell'Agricoltura di Precisione si rivela fondamentale anche per ottimizzare l'efficienza energetica delle coltivazioni, soprattutto quelle destinate alla trasformazione energetica. In questo contesto sono rari i lavori pubblicati, ma, se dal punto di vista economico è impossibile confrontare i dati di varie sperimentazioni, la conversione in energia consente di confrontare modalità di gestioni diverse anche in diversi siti o in periodi diversi.

Attraverso l'impiego razionale dei fattori decisionali, l'Agricoltura di Precisione contribuisce ed agevola gli operatori nel ridurre la stanchezza fisica, i tempi per l'esecuzione degli interventi colturali, i task ripetitivi e l'intensità, riducendo fino ad annullare le possibilità di errore e, conseguentemente, determinando una maggiore efficienza produttiva.

In particolare, per quanto riguarda i sistemi di guida, sono tangibili i benefici economici derivanti dalla loro adozione, tanto che possono essere considerati veri e propri "driver" per la diffusione dell'Agricoltura di Precisione. In effetti per poter condurre i mezzi agricoli lungo traiettorie predefinite, gli operatori devono usare buona parte delle loro energie psico-fisiche per controllare contemporaneamente le funzioni di lavoro delle macchine operatrici e la direzione di avanzamento dei mezzi. Tale abilità è richiesta in misura maggiore per le operazioni che prevedono la distribuzione dei fattori della produzione e che necessitano, per un loro corretto svolgimento, della percorrenza di traiettorie parallele ed equidistanti limitando il più possibile sovrapposizioni e porzioni di terreno e/o di coltura non trattate (Lazzari, 2006). Inoltre, la precisione di guida risulta tanto più necessaria – nel caso



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

ad esempio di applicazione di fitofarmaci - quanto più le dosi di prodotto distribuito sono al limite dell'efficacia o della tossicità. Va considerato che la precisione della guida manuale risulta anche influenzata dalle condizioni climatiche al momento dell'intervento; pertanto, in condizioni di visibilità non ottimale (presenza di nebbia o lavorazioni notturne), la precisione con la quale vengono seguite le traiettorie peggiora sensibilmente in quanto risulta più difficile seguire gli eventuali punti di riferimento, soprattutto se posti a distanza elevata. In ogni caso, per quanto abile sia l'operatore, è impossibile con la sola guida manuale evitare sovrapposizioni tra una passata e l'altra, soprattutto se si impiegano operatrici ad elevata larghezza di lavoro. Nelle migliori condizioni, infatti, il grado di sovrapposizione è stimato intorno al 10%, con punte sino al 20-25% osservate in appezzamenti di piccole dimensioni e di forma irregolare (Calcante, 2005; Bertocco e Sartori, 2005). Ne conseguono: un aumento dei tempi di lavoro, l'incremento nei consumi di combustibile e uno spreco di prodotto distribuito, con pesanti ricadute sugli aspetti agronomici, ambientali e, soprattutto, economici.

È in questo contesto applicativo, quindi, che si inseriscono con successo i sistemi di guida che consentono di ottenere (Sartori, 2001):

- una maggior velocità di avanzamento (+10-13%) in molte operazioni;
- una maggiore larghezza effettiva di lavoro (+5-10%);
- un maggior periodo utile per eseguire correttamente le varie operazioni (aumenta le ore di lavoro, si opera anche con caldo, pioggia, gelo, buio, nebbia e polvere);
- la riduzione del numero di attrezzi o della loro dimensione;
- un conseguente risparmio di tempo, di combustibile e di prodotti chimici;
- un minore affaticamento dell'operatore e, quindi, un minor pericolo di infortuni sul lavoro;
- la possibilità di impiego di operatori tecnicamente preparati ma con limitata esperienza, anche in operazioni complesse;
- la possibilità di ripetere le stesse traiettorie nel tempo;
- una riduzione delle tare in appezzamenti di forma irregolare. Alcuni software di gestione (vedi Kverneland Group, iM FARMING Calculator) consentono semine con file non necessariamente parallele e non sovrapposte, in grado di minimizzare l'incidenza delle aree non coltivate.

Con i prezzi attuali e per aziende a prevalente indirizzo cerealicolo, si può affermare che la superficie di convenienza all'acquisto di un sistema di guida oscilla tra i 50 e i 150 ha, a seconda che si tratti di una semplice barra di guida o di un sistema di guida semi-automatica di tipo idraulico.

Un altro beneficio derivante dall'applicazione di tecnologie specifiche, come gli RFID, riguarda la tracciabilità dei processi e delle materie prime impiegate per l'impianto/trapianto della coltura e durante la fase di coltivazione, garantendo maggiore sicurezza alla produzione finale per le diversificate utilizzazioni possibili (consumo fresco, trasformazione industriale). L'abbinamento anche con processi di certificazione tramite firma grafometrica nei vari passaggi della filiera agroalimentare consente di supportare l'azienda agricola nella validazione del proprio processo agro produttivo ai fini della certificazione secondo i regolamenti previsti dai marchi specifici come DOC, DOP, DOCG e IGT.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Infine, le ottimizzazioni conseguibili dall'Agricoltura di Precisione rappresentano un ulteriore avanzamento per il risparmio energetico per i macchinari e i sistemi di controllo. Sul fronte dell'energia, la ricerca avanzata sta mettendo a punto nuove forme di produzione e nuovi sistemi di trasformazione più "puliti" ed efficienti, che permetteranno di raggiungere l'obiettivo del *Piano Europeo Energia 2030*, con la riduzione del 55% di emissioni, del 40% di consumo energetico ed un aumento del 45% di energia rinnovabile. Con l'utilizzo di pratiche agronomiche sostenibili (per la gestione e l'aumento della biomassa) e l'ottimizzazione dell'Agricoltura di Precisione saranno realizzabili i predetti obiettivi sull'energia insieme ad una generale migliorata qualità e quantità della produzione agricola.

Gli sforzi della ricerca in futuro dovranno garantire che i benefici dell'innovazione tecnologica siano a disposizione di tutti i nostri agricoltori. Ad oggi, l'infrastruttura tecnologica dell'AdP in molti casi è già in grado di sostenere un'implementazione più ampia, malgrado siano ancora presenti ostacoli per l'adozione di sistemi integrati di gestione da parte degli operatori. I principali sono riconducibili alla percezione culturale, alla mancanza di competenze tecniche locali, infrastrutture e vincoli istituzionali, alle conoscenze e alle lacune tecniche e agli elevati costi di *start-up*, con, in alcuni casi, un rischio di insufficiente rendimento sull'investimento. In tal senso un efficientamento del sistema, che porterebbe ad un forte incremento dei benefici ottenibili, dovrà passare per due azioni di fondamentale importanza rappresentate dalla formazione e dallo sviluppo di tecnologie in linea con le dimensioni delle aziende italiane e con costi allineati alle capacità di spesa che ne favoriscano l'adozione.

Quindi, occorre ricercare soluzioni che funzionino su piccola scala nelle comunità rurali ma che permettano di affrontare le sfide cui sono esposti molti dei nostri agricoltori su ampia scala.

Per lo sviluppo e la diffusione dell'Agricoltura di Precisione in Europa sono necessari, però, alcuni provvedimenti. In particolare, servono campagne di sensibilizzazione e di informazione sugli strumenti che gli agricoltori dovrebbero adottare.

Inoltre, al processo di informazione dovrebbe accompagnarsi un accesso più semplificato sia alla cooperazione con la ricerca, sia ai finanziamenti congiunti per il mondo produttivo e il mondo tecnologico, riconoscendo di fatto l'impatto che l'innovazione dell'AdP può fornire alle aziende agricole come *end-user*.

Proprio ai fini della valutazione dell'impatto che l'AdP apporta in maniera decisa ai processi dell'agricoltura, il consorzio europeo dedicato al settore agro-alimentare, che combina le tecnologie di informazione e comunicazione (ICT) con la ricerca in agricoltura e robotica, ICT-AGRI ERA-NET, ha istituito un filone di ricerca per l'analisi del rapporto costi-benefici (*Precision Agriculture – Methodologies for Cost benefit analysis* con acronimo PAMCoBA) ICT-AGRI (2016).

Come criterio generale ai fini della valutazione dei benefici economici, occorre utilizzare un approccio comparativo nell'ambito della stessa coltura tra costi e benefici ottenibili con l'impiego o senza dell'AdP.

Per effettuare l'analisi dei benefici possibili ottenibili dall'applicazione delle tecniche di AdP, occorre:

1. individuare le colture rappresentative della realtà territoriale;
2. calcolare i loro costi di coltivazione standard in condizioni di lavoro ideali.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Per il primo punto i dati possono essere reperiti presso gli Enti locali (tipicamente le Regioni) che si occupano di monitorare l'agricoltura e l'uso del suolo in ambito locale.

Per il secondo punto occorre necessariamente prendere in considerazione un gruppo di aziende agricole per alcune colture di riferimento sulle quali dovrà essere effettuato l'uso dell'AdP e, quindi, predisporre delle tabelle sul regolare procedimento tecnico agronomico standard, cercando di distinguere le operazioni che non sono influenzate dalle tecniche di AdP, come ad esempio il trasporto della raccolta, il trasporto di materie prime, o di sementi o di piante dal fornitore ecc.

In determinati casi, con apposite meccanizzazioni agricole di precisione si riesce ad evitare durante le procedure di fertilizzazione o di semina, per esempio, sovrapposizioni sul campo, poiché non riuscendo a distinguere in modo preciso le zone di "passata", di fatto gli operatori distribuiscono dosi notevolmente maggiori rispetto a quelle necessarie.

Infine, un'ulteriore causa di "sprechi" è anche il differente livello di fertilità e/o produttività delle varie aree del medesimo appezzamento.

In ambito convenzionale le concimazioni vengono effettuate anche in porzioni di superficie nelle quali non se ne rileva la necessità, comportando un consumo (spreco) di concimazioni o trattamenti per il suolo rispetto al livello effettivamente necessario. Una corretta analisi dei suoli, tramite i sistemi dell'AdP, consente di effettuare una concimazione mirata, riducendo in primo luogo i costi e la materia prima.

D'altro canto è anche possibile che in alcune zone del campo lo sviluppo della coltura non sia stato sufficiente. In tal caso maggiori apporti di fertilizzanti, distribuiti localmente, potrebbero risolvere tale criticità, probabilmente causata dalla cattiva distribuzione in precedenti passaggi.

Tutti questi fattori di "attenzione" applicabili anche in altri ambiti agricoli (come le colture protette) o la zootecnia o l'acquacoltura, consentono di realizzare un grado di evoluzione tecnologica comparabile con quello di altri settori produttivi/industriali.

Mettendo insieme i diversi dati e costruendo apposite tabelle sulle colture e sulle attività in maniera adeguata, come esposto in precedenza, si riesce a definire un piano concreto di valutazione dei benefici dell'AdP.

Si ritiene, comunque, che un passo decisivo per agevolare l'introduzione delle tecniche di Agricoltura di Precisione (e quindi ottenere i benefici sopra descritti) sia quello di "portare a conoscenza" degli agricoltori i costi relativi alle quantità di ore di lavoro, ai fertilizzanti, alle sementi, ai diserbanti, ai combustibili e ai lubrificanti che vengono oggi usati, senza che esista una reale necessità per un loro impiego.

L'adozione delle diverse tecniche di AdP consente, pertanto, di ottimizzare l'attività di gestione e di ridurre, fino ad azzerare quasi completamente, tutti gli sprechi, trovando in tal modo ampia giustificazione economica, energetica ed ambientale proprio grazie alla riduzione di tali sprechi per investire in sistemi di precisione o in adattamento dei mezzi preesistenti, avendo consapevolezza che gli oneri sostenuti siano recuperabili in molto meno tempo di quanto non si percepisca immediatamente.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Vanno evidenziati, comunque, anche i punti di debolezza del sistema che oggettivamente potrebbero rappresentare un ostacolo alla diffusione dell'AdP in Italia. Principalmente le cause sono da imputare agli ambienti fortemente eterogenei e alle caratteristiche del territorio che rendono difficile l'applicazione delle metodologie, all'età e al livello di istruzione del responsabile-titolare aziendale e soprattutto alla limitata dimensione media delle aziende agricole.

Tali limiti all'adozione di queste promettenti tecnologie avanzate possono essere superati principalmente favorendo il dialogo e la collaborazione tra tutti gli operatori della filiera: agricoltori, produttori di macchine, venditori e riparatori, enti di certificazione, istituzioni deputate alla formazione, ricerca e soprattutto contoterzisti che possono, più di tutti gli altri soggetti deputati alla gestione del processo di produzione agricola, implementare le tecnologie di precisione con gradualità ed equilibrio dimensionale rispetto agli investimenti necessari per omogenei domini tecnologici trasversali (lavorazioni/sistemazioni/livellamenti, fertilizzazioni, diserbo/difesa, raccolta, stoccaggio differenziato, etc.).

Le imprese agromeccaniche, infatti, da tempo manifestano di aver superato il *digital divide* soprattutto riguardo ai sistemi di guida assistita, gestione delle traiettorie per riduzione delle sovrapposizioni ed incrocio in fase di semina e distribuzione di mezzi tecnici, mentre una quota minoritaria usa mappatura rese, VRT e indici di vigore. Il superamento di questo secondo step è attualmente limitato dalla scarsa disponibilità del cliente (agricoltore) a pagare un supplemento per i servizi aggiuntivi. In questo senso, è largamente dimostrato il ruolo che i contoterzisti agromeccanici possono svolgere per i sistemi agricoli più avanzati, in qualità di catalizzatori spontanei dei processi di diffusione dell'innovazione.

4 Macro aree tecnologiche trasversali

4.1 Sistemi di geolocalizzazione

La ricerca sta procedendo spedita verso la messa a punto di sistemi remoti di acquisizione e gestione dei dati pedoclimatici e colturali, ma la loro applicabilità è ancora differenziata, sia relativamente alle macchine sia alla coltura. Per quanto riguarda le macchine semoventi, oltre alle diverse predisposizioni di serie, le soluzioni disponibili per la geolocalizzazione permettono diversi gradi di precisione a seconda della rete satellitare utilizzata e del sistema di correzione adottato (da 8-10 m a 2-3 cm) e diverse modalità di intervento sulla guida, da quello manuale con indicazioni spesso solo visive, a quello assistito, fino a quello automatico.

Per aumentare la diffusione dell'uso del posizionamento satellitare, ad esempio, per i contoterzisti sono in studio semplici strumenti a basso costo che, collegati in plug-in al proprio telefono cellulare, garantiscono accuratezze di posizionamento in campo intorno al metro. Per quanto riguarda le macchine operatrici, la possibilità di variare la distribuzione in continuo dei mezzi tecnici è ormai realtà commerciale; sono gestibili separatamente settori di appena 30-40 cm di larghezza su fronti di oltre 30 metri, per distribuzioni liquide/granulari sia di fertilizzanti che di antiparassitari, con applicazioni in superficie o con interrimento.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

4.2 Interazione trattrice/operatrice

ISOBUS è l'infrastruttura tecnologica che consente la comunicazione e la trasmissione di dati e comandi tra tutte le parti coinvolte nell'attività agricola, come la trattrice agricola, le attrezzature accessorie che possono essere associate ad essa, l'operatore e l'azienda, con il fine di migliorare il rapporto risorse-lavoro-resa produttiva. Dotando i trattori ed ogni singolo attrezzo ad esso applicabile, di 'Centraline elettroniche' (*Electronic Control Units - ECUs*), ed installando sulle cabine, come singolo dispositivo di interfaccia universale, un display di sempre più semplice/intuitivo utilizzo da parte dell'operatore, attraverso dei connettori standard e la tecnologia ISOBUS, è possibile il riconoscimento automatico dell'attrezzo e la conseguente trasmissione di dati e comandi tra la rete di controllo del trattore e dell'attrezzo applicato, l'operatore a bordo trattrice o in remoto, e la banca dati presente in azienda. Lo standard ISO 11783, stabilisce tutti i requisiti essenziali per la comunicazione ISOBUS, assicurando la piena compatibilità tra dispositivi di diversi costruttori. La fondazione internazionale AEF, (*Agricultural Industry Electronic Foundation*, www.aef-online.org), che rappresenta le principali aziende costruttrici di attrezzature e trattrici agricole, nonché del settore di elettronica per l'agricoltura, ha sviluppato, sostiene e promuove lo sviluppo della tecnologia ISOBUS e l'adozione dello Standard ISO 11783, a livello mondiale. Tale organizzazione ha sviluppato l'AEF Conformance Test Tool, un protocollo di prova standard per la valutazione di conformità dei componenti ISOBUS, in accordo con lo standard ISO11783. Dal 2014 AEF ha affidato ad ENAMA le visite ispettive per verificare il rispetto dei requisiti tecnici ed organizzativi dei Laboratori di Prova che richiedono l'Accreditamento AEF, il riconoscimento necessario per utilizzare il suddetto protocollo di prova AEF sui dispositivi ISOBUS dei vari costruttori mondiali.

Tale area riguarda anche lo sviluppo di tecnologie per consentire il dialogo tra macchine (*machine-to-machine*, M2M) che già oggi vede impegnati alcuni costruttori (ad esempio il dialogo tra raccogli-trincia-distributrici e rimorchi, ecc.) e si inserisce nel più ampio tema dell'IoT (*Internet of Things*) con particolare riferimento all'individuazione di sistemi caratterizzati da elevatissima interoperabilità e tracciabilità e che l'UE intende promuovere sia con bandi di ricerca negli anni 2016 e 2017 (*Smart Farming and Food security*) in ambito Horizon 2020, sia promuovendo il gruppo di lavoro AIOTI (*Alliance for Internet Of Things Innovation*) che rappresenta il punto di riferimento europeo sulla tematica.

4.3 Sensoristica

L'Agricoltura di Precisione si basa su una dettagliata conoscenza della variabilità spaziale delle principali proprietà dei suoli e delle caratteristiche vegetative delle piante nei sistemi colturali. Per l'acquisizione dei dati, entrano in gioco i sensori, distinguibili in "remote" e "proximal sensing", o anche semplicemente "aero-spaziali" e "terrestri". Negli ultimi anni, la sensoristica da remoto ha subito una notevole evoluzione, passando da sensori che analizzavano solo porzioni limitate dello spettro elettromagnetico (essenzialmente il visibile e l'infrarosso vicino), a sensori in grado di utilizzare un ampio intervallo di lunghezze d'onda (dalle microonde agli ultravioletti), consentendo di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie utilizzando un impulso laser, così come di utilizzare la spettrofotometria a



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

fluorescenza e la spettrometria termica. La larghezza di banda spettrale si è poi ridotta drasticamente con l'avvento del rilevamento iperspettrale, che permette una migliore analisi di composti specifici, delle interazioni molecolari, dello stress delle colture e consente, inoltre, di individuare specifiche caratteristiche biofisiche e biochimiche. Anche i dati satellitari stanno incrementando la loro offerta spettrale, come ad esempio i vettori Worldview ad altissima risoluzione, in attesa dei prossimi lanci dei sensori ASI iperspettrali Prisma e Shalom. Attualmente è disponibile un'ampia varietà di indici spettrali per varie applicazioni in AdP, che vanno ad aggiungersi al già diffuso NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Nel contempo, l'evoluzione dei sensori ha incrementato la risoluzione spaziale, permettendo la valutazione del suolo e delle colture con un'accuratezza sub-metrica, richiedendo, però, l'incremento delle capacità di memorizzazione ed elaborazione dei dati. Nel caso del "remote sensing" si utilizzano solitamente sensori di tipo passivo, che sfruttano cioè la luce solare calcolandone la quantità riflessa dalla vegetazione, con i limiti all'utilizzo del monitoraggio da remoto, che necessitano di correzioni atmosferiche via software (differenze di lettura in caso di variabilità nella trasmissione del segnale in atmosfera).

La realizzazione di cartografie (GIS, pedologiche, ecc.) con adeguata scala di dettaglio, può avvalersi di misure più economiche ed efficienti, grazie allo sviluppo delle tecnologie di diverse tipologie di sensori prossimali. Queste, tramite misure speditive ed a basso costo, riescono a fornire mappe molto dettagliate della variabilità del suolo a diverse profondità. Per "prossimali" si intendono quei sensori che eseguono la misura a distanze minime (1-2 m) o tramite il contatto diretto con il suolo. Rispetto ai sensori aviotrasportati o satellitari, hanno il pregio di avere una maggior precisione e un più semplice utilizzo, ma a corto raggio. Le principali tipologie di sensori prossimali per il rilevamento al suolo sono:

- 1) sensori a induzione elettromagnetica (EMI): consentono il rilevamento della conducibilità elettrica del suolo, fino a 2 o 3 m di profondità, senza bisogno di contatto diretto. La conducibilità elettrica del suolo è ben correlata con le caratteristiche fisico-idrologiche dello stesso (in particolare: tessitura, pietrosità, capacità di ritenzione idrica, compattamento, salinità) e fornisce indicazioni sul prelievo di campioni rappresentativi da sottoporre ad analisi chimico-fisiche per una rappresentazione sito-specifica delle caratteristiche del terreno;
- 2) georesistivimetri trainabili per la misura della resistività elettrica del suolo a diverse profondità: forniscono un risultato molto simile ai precedenti, ma sono strumenti molto più grandi che hanno bisogno di un contatto diretto con il terreno;
- 3) spettrometri di raggi-gamma: misurano in continuo i raggi gamma emessi naturalmente dai primi decimetri (30-40 cm) di suolo o delle rocce. Tramite l'analisi dello spettro è possibile calcolare la quantità dei maggiori isotopi (^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U) presenti nel suolo. Il conteggio totale dei raggi-gamma e la quantità di isotopi è in relazione con la mineralogia del suolo, la tessitura, la pietrosità superficiale ed i carbonati. È ancora in fase di sviluppo un modello di predizione del potassio totale nel suolo. Sono una tipologia di sensori di grande potenzialità e precisione, ma ancora poco utilizzati in agricoltura e nel rilevamento pedologico;
- 4) spettrometri di riflettanza diffusa nel campo dell'ultravioletto-visibile-infrarosso (UV-Vis-NIR): sono una tipologia di sensori molto diversificata e in agricoltura vengono utilizzati sia per il suolo



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

che per le piante. Sfruttano il principio per cui un materiale riflette la luce nel campo del visibile e dell'infrarosso con caratteristiche spettrali specifiche della sua composizione. Riguardo alle piante, tra le varie applicazioni, essi possono essere utilizzati per il monitoraggio dello stato nutrizionale ed il contenuto idrico. Nel suolo questa tecnica è utilizzata principalmente per misurare in maniera speditiva la sostanza organica (quantità e tipologia), gli ossidi di ferro, la tessitura, i carbonati, la capacità di scambio cationico. La calibrazione e messa a punto di questi sensori per il rilevamento del suolo sono stati trattati da diversi progetti di ricerca internazionali, tra i quali i principali sono stati i due progetti FP7 (2008-2011): Digisoil (coordinato da BRGM, Francia) e iSOIL (coordinato da UFZ, Germania). Altri progetti hanno sperimentato l'utilizzo di piattaforme multi-sensore, ancora in fase di prototipo.

Le principali tipologie di sensori prossimali per il rilevamento delle caratteristiche vegetative delle piante sono:

1. reti di Sensori Wireless o Wireless Sensor Network (WSN). Le tecnologie che utilizzano tali reti di sensori sono efficaci strumenti che consentono un monitoraggio continuo e in tempo reale dei parametri legati alla fisiologia della pianta e al suo ambiente di sviluppo, rendendoli fruibili da remoto;
2. sensori per il monitoraggio della coltura. Sono sensori in grado di mappare lo stato della coltura per mezzo di uno screening laterale della parete fogliare lungo filare e un sistema di GNSS per la georeferenziazione dei dati acquisiti (GrapeSense, GreenSeeker e Cropcircle);
3. sensori per il monitoraggio della produzione. Per quanto riguarda il monitoraggio della produzione rappresentano sistemi ormai molto diffusi, in grado di registrare informazioni georiferite, integrabili sulle macchine trattatrici (per esempio HarvestMaster Sensor System HM570, Canlink Grape Yield Monitor 3000GRM, Advanced Technology Viticulture);
4. sensori per il monitoraggio della qualità. Tali strumenti sono concepiti come "handheld", ossia strumenti portati a mano da un operatore, impiegati per misure prossimali georiferite. I principali sono spettrofotometri con ricevitore satellitare integrato, per monitorare la maturazione dei prodotti. Oltre a strumenti basati su tecniche spettrofotometriche, sono presenti anche soluzioni in grado di effettuare misure di fluorescenza.

4.4 Big and smart data management

Il data management è uno degli aspetti propri dell'AdP. Offre grandi possibilità di sviluppo e al contempo problematicità nella gestione. In questo specifico settore, inoltre, sono presenti questioni ancora da risolvere, non solo di tipo tecnico, ma anche di carattere politico-economico. Si pensi a tal proposito alla gestione dei cosiddetti big data detenuti da grandi aziende private.

Da un punto di vista più strettamente scientifico, è ben noto come l'AdP produca una grande mole di dati multi-sensore e multi-sorgente derivanti dai differenti sensori. Tali dati, inoltre, sono geolocalizzati e spesso sono temporalmente spazializzati, con frequenze di acquisizione elevate. Si generano, quindi, data-set di dimensioni enormi. Purtroppo, molti di questi dati vengono dispersi a causa della attuale limitata capacità organizzativa, di sintesi e di interrogazione. Inoltre, altre problematiche emergenti



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

riguardano: la creazione e la distribuzione di informazioni georeferenziate molto dettagliate; la ridefinizione e/o lo sviluppo in un contesto di cooperazione multidisciplinare di nuove metodologie di analisi; l'adozione di pratiche agronomiche per il miglioramento della tutela ambientale.

A fronte di notevoli spese per acquisizione di hardware, droni e sensori dedicati, l'informazione prodotta non è spesso adeguata ed è comunque limitata, soprattutto spazialmente.

I principali colli di bottiglia dal punto di vista del “*data management*” riguardano:

1. l'organizzazione del *dataset* per l'allineamento dei dati spazialmente e temporalmente (allineando e sintetizzando le frequenze di acquisizione);
2. l'elaborazione del *dataset* mediante applicazioni di geostatistica multivariata per lo studio della variabilità spaziale, definizione di aree omogenee per la gestione agronomica differenziata mediante l'impiego combinato di geostatistica e simulazione dinamica colturale;
3. la realizzazione di modelli supervisionati generalizzabili per l'ottenimento di previsioni/classificazioni efficienti ed in grado, eventualmente, di comunicare rapidamente con degli attuatori;
4. la gestione e l'interrogazione, su larga scala, di informazioni provenienti da più sensori e più macchine posizionate in differenti località per ottenere dati sintetici utili ai diversi operatori della filiera.

In prospettiva, appare molto interessante la possibilità di realizzare siti web regionali o locali di facile interrogazione e visualizzazione, con sistemi esperti di supporto alle decisioni basati su modelli di simulazione dei parametri specifici per la gestione agronomica sito-specifica delle principali colture del territorio.

A questo proposito, è da segnalare che anche le politiche agricole europee (PAC) sono tese a cambiare il loro focus per passare da una politica di controllo pluriennale sulla correttezza dell'erogazione dei sussidi a un approccio di monitoraggio dinamico dell'intera realtà agro-ambientale dell'Unione. Le nuove possibilità e potenzialità tecnologiche, infatti (costellazione satellitare Sentinel, big data e Cloud, processori ad alta velocità, sistemi di acquisizione in campo sempre più sicuri ed economici, ecc..), stanno offrendo finalmente la possibilità di un cambio di passo, espandendo enormemente la platea di lavoro all'intera superficie agro-pastorale continentale, e non più ai limitati campioni del 5% di superficie mai sovrapponibili su breve periodo, tra l'altro. Questo porterà le Agenzie ufficiali di pagamento, come l'AGEA in Italia, a divenire collettori e distributori di grandi moli di dati, indicatori e prodotti intermedi (classificazioni, indici satellitari, domande grafiche aziendali, rilevamenti da drone e da cellulare “geo-tagged”, punti tematici GNSS sempre più economici, ecc..) che potranno essere messi su cloud a disposizione del comparto pubblico e privato. L'alta frequenza delle informazioni, la capacità di calcolo e di storage, offriranno quindi ad Enti specializzati, singoli professionisti, fino agli agricoltori/contoterzisti stessi, informazioni multitemporali da utilizzare sui loro strumenti abituali (tablet, telefoni) come base analitica per qualsiasi attività “verticale” e ad hoc di AdP, riducendo al minimo i costi, i tempi operativi e soprattutto le difficoltà di processare e gestire dati finora costosi, tramite sw complicati e non open.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

5 Applicazioni dell'Agricoltura di Precisione

5.1 Sistemi colturali erbacei

I sistemi colturali erbacei, in particolare quelli basati su colture cerealicole, sono stati quelli in cui le tecnologie riconducibili all'AdP si sono sviluppate per prime. In effetti, spesso si tratta di sistemi caratterizzati da appezzamenti di dimensioni medio-grandi, in cui è abbastanza evidente la scarsa efficienza della gestione agronomica uniforme nello spazio e nel tempo. Le prime macchine mietitrebbiatrici in grado di fornire mappe delle produzioni, grazie all'uso di quantimetri e sistemi di posizionamento satellitare (GNSS), sono state introdotte sul mercato statunitense negli anni ottanta e in Italia negli anni novanta. Il primo spandiconcime a rateo variabile pienamente funzionante ed operativo è stato immesso sul mercato statunitense a fine anni ottanta. I sistemi satellitari di guida parallela, introdotti nel mercato italiano a partire dagli anni novanta, stanno trovando attualmente nei sistemi colturali erbacei una crescente diffusione, per operazioni quali la semina, i trattamenti fitosanitari e le lavorazioni.

Così come per altri sistemi colturali, una delle fasi fondamentali nell'implementazione della gestione sito-specifica dell'AdP, è quella della raccolta delle informazioni necessarie per quantificare la variabilità del sistema colturale, con modalità rapida, economica ed accurata, ma soprattutto compatibile con la gestione agronomica complessiva per migliorare l'efficienza. Tra le tecnologie attualmente disponibili a questo scopo, adatte ad applicazioni nei sistemi colturali erbacei, vi sono quelle basate sul telerilevamento da piattaforme satellitari, da droni, o da sensori prossimali installati ad es. sulle trattrici. Gli aspetti più importanti da considerare oltre a quelli economici (Figura 1), che dipendono anche dalle dimensioni delle superfici da gestire, sono di tipo tecnico.



Figura 1



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Le diverse piattaforme si caratterizzano per differenti risoluzioni spaziali e spettrali, che influiscono sulla possibilità o meno di osservare e stimare determinate variabili.

La frequenza e la tempestività di acquisizione è molto importante, vista l'elevata dinamicità stagionale di molti processi che avvengono durante il ciclo colturale e la necessità di interventi agronomici tempestivi. Alcune piattaforme (tipicamente quelle satellitari) hanno frequenze di acquisizione meno flessibili rispetto ad altri sistemi che consentono acquisizioni a richiesta (alla domanda), benché l'offerta della costellazione Copernicus Sentinel 2 consenta ormai fino a 72 acquisizioni per anno sulla stessa area di interesse.

Infine, è da considerare la complessità delle operazioni che devono essere svolte per il trasferimento dal rilievo (dato grezzo) al dato che sia effettivamente utilizzabile nella gestione agronomica; questo incide sulla qualità del prodotto consegnato all'utente finale e sulle tempistiche di consegna.

La Tabella 2 riassume le principali caratteristiche delle diverse tecnologie sensoristiche disponibili, riguardo a questi aspetti.

Tabella 2. Sintesi delle caratteristiche tecniche delle diverse piattaforme sensoristiche, riguardanti gli aspetti che hanno un impatto sulla loro adeguatezza ad utilizzabilità in agricoltura di precisione.

Caratteristiche delle diverse piattaforme				
Piattaforma	Risoluzione spaziale	Frequenza e tempestività	Risoluzione spettrale	Necessità elaborazione dati
	sentinel-2 10-20 m	5 gg download dal giorno successivo	12 bande ampiezza 15-70 nm	+/- corr. atmosferica indici vegetazionali Prodotti biofisici
	RAPIDEYE 5 m	A richiesta (Planet)	4 bande	
	WorldView-2 0,5 m	~3-4 gg	4 bande (8 a richiesta)	Ortorettazione e radiometria con SW ad hoc
	0.05 – 0.15 m	a richiesta consegna ~2-7 gg	2-4 bande + termico ampiezza 50-200 nm	+ mosaicatura + ortorettifica + corr. radiometrica + corr. atmosferica + indici a richiesta
	0.5 – 5 m	a richiesta consegna immediata	2-4 bande ampiezza 3-20 nm	nessuna se sistema on-the-go + filtraggio se mappa



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Le diverse pratiche agronomiche adottate nei sistemi colturali erbacei si contraddistinguono per esigenze ben specifiche, in termini di caratteristiche che devono avere le informazioni per poter essere utilizzate nell'ambito di sistemi di AdP (Tab. 3).

Tabella 3. Requisiti di tipologia di dati per l'agricoltura di precisione a seconda dell'operazione agronomica.

Requisiti tipologia di dati telerilevati a seconda dell'operazione agronomica

Tecnica agronomica	Frequenza temporale richiesta, tempestività	Risoluzione spaziale richiesta	Risoluzione spettrale richiesta
Fertilizzazione	Elevata, soprattutto per conc. azotata	Media (10-20 m in funzione dello spandiconcime)	Media-elevata
Trattamenti fitosanitari	Elevata	Elevata (cm)	Elevata
Diserbo	Elevata	Elevata (cm)	Elevata
Irrigazione	Elevata	Media (in funzione del metodo irriguo)	Media (IR termico nel transitorio termico del primo mattino)
Semina	Bassa	Media (in funzione della seminatrice)	Media-elevata
Lavorazioni	Bassa	Media (in funzione dell'attrezzatura)	Media-elevata

Le caratteristiche dei sistemi di raccolta delle informazioni sono determinate anche in funzione della possibilità d'intervento agronomico. Ad esempio, per determinate operazioni, quali la fertilizzazione, spesso non è necessario disporre di informazioni con una risoluzione spaziale centimetrica, quale ad es. quella fornita dai droni, poiché la gestione differenziata raggiungibile dipende dalla possibilità di regolazione degli spandiconcime che hanno larghezze di lavoro (e quindi di regolazione) ben maggiori. In altri casi, quali ad esempio il monitoraggio delle infestanti o dei patogeni, è essenziale disporre di dati ad elevata risoluzione spaziale e spettrale, per poter osservare i fenomeni d'interesse.

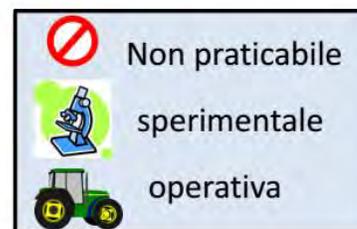
Combinando le caratteristiche tecniche delle piattaforme di raccolta dati (Tab. 2) e le specificità richieste dalle diverse tecniche agronomiche (Tab. 3), emerge la matrice di compatibilità tra potenzialità delle prime ed esigenze delle seconde. Nella Fig. 2 è indicato per quali pratiche agronomiche e quali



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

piattaforme sono già disponibili delle applicazioni pienamente operative, per quali condizioni operative le soluzioni richiedono ancora sperimentazione e, infine, quando sono d'incerta possibilità applicativa o non appaiono attualmente praticabili.

Compatibilità tra piattaforma ed esigenze della tecnica agronomica



Tecnica agronomica	Satellite 	Drone 	Sensore prossimale 
Fertilizzazione	concim. azotata 	 	concim. azotata 
Trattamenti fitosanitari			 
Diserbo	 	Pre-semina Post-emergenza 	✓ in pre-semina (su sodo) 
Irrigazione	 		
Semina		???	
Lavorazioni		???	

Figura 2. Compatibilità tra piattaforma di rilievo delle informazioni, esigenze della tecnica agronomica per la gestione sito-specifica differenziata e attuale condizione di applicabilità operativa nei sistemi colturali erbacei.

Per i sistemi colturali erbacei (comprendenti le colture orticole di pieno campo), esistono già metodologie pienamente operative per la gestione della fertilizzazione, in particolare per la concimazione azotata, basate sull'utilizzo di informazioni ottenute da dati satellitari o da sistemi prossimali. Per i primi si può citare, ad esempio, il sistema FARMSTAR, basato su dati satellitari SPOT, pienamente operativo in Francia dal 2001 e sviluppato da AIRBUS Defence & Space, in collaborazione con ARVALIS Institut du Vegetal. L'adesione al servizio, ad un costo di circa 10 €/ha, ha raggiunto nel 2015 circa 15.000



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

agricoltori per una superficie complessiva di 650.000 ettari in quasi tutta la Francia. I dati satellitari, elaborati anche mediante l'utilizzo di modelli agronomici ed agrometeorologici, sono utilizzati per fornire diverse tipologie d'informazione per interventi agronomici su frumento duro e tenero, orzo e colza. Le informazioni includono la produzione di mappe di prescrizione per gestire la concimazione azotata, la stima della biomassa e, per il frumento la previsione del rischio di allettamento, del rischio di sviluppo di malattie fungine, quali il mal del piede e la fusariosi della spiga, nonché la stima della resa. Nonostante vi siano previsioni di espansione in altri Paesi, attualmente il servizio non è operativo in Italia. I sistemi prossimali per la gestione della concimazione azotata sono in commercio fin dai primi anni 2000 (es. N-sensor Yara, GreenSeeker Trimble), tuttavia la loro diffusione in aziende agricole in Italia è attualmente inesistente, a causa dell'elevato costo di tali sistemi (circa 30.000 €) e del non dimostrato ritorno economico.

In ogni caso la semplice rilevazione dello stato della coltura non è sufficiente a definire le azioni da mettere in atto in risposta alla variabile misurata. Una specifica calibrazione deve essere messa in atto al fine di determinare la risposta agronomica conseguente alla rilevazione.

Alcune sperimentazioni sono attualmente in corso nell'areale risicolo della pianura padana, dove è già stato dimostrato l'effettivo vantaggio agronomico derivante dall'applicazione di queste tecniche (Tenni et al., 2016).

Per i trattamenti fitosanitari non vi sono ancora soluzioni disponibili a livello operativo, ma esistono interessanti iniziative di ricerca in Italia e all'estero. Per quanto riguarda il diserbo è in commercio un sistema prossimale (WeedSeeker della Trimble). Tale sistema è utilizzabile esclusivamente in situazioni di pre-semina, in particolare in semina su sodo, essendo in grado di distinguere la presenza/assenza di vegetazione e di irrorare di conseguenza, ma non permette di discriminare tra coltura ed infestanti, non permettendo applicazioni in post-emergenza. In questo ambito sono in corso interessanti studi volti a valutare le potenzialità dei dati satellitari ad altissima risoluzione e dei droni. Per l'irrigazione è operativo nella Regione Campania il sistema Irrisat, che utilizza dati satellitari e modelli agronomici per fornire un consiglio irriguo, che tiene conto della variabilità temporale e di quella tra appezzamenti, pur non considerando la variabilità spaziale all'interno degli appezzamenti. Già sono disponibili in commercio soluzioni per la gestione variabile dell'irrigazione (anche all'interno degli appezzamenti) per grandi sistemi ad ala mobile imperniata (pivot) e per rotoloni, anche sviluppati da aziende italiane.

Nell'ambito delle lavorazioni del terreno, i sistemi di guida sono strumenti efficaci e spesso indispensabili per attuare la tecnica dello strip tillage e del traffico controllato (Sartori et al, in press).

Lo strip-till permette di concentrare la lavorazione esclusivamente su "strisce" di terreno entro le quali avverrà la successiva operazione di semina della coltura mantenendo inalterata la superficie interfilare.

Questo consente al tempo stesso di prevenire i fenomeni erosivi, preservare l'umidità del suolo nell'interfila e favorire un veloce riscaldamento del terreno nella fascia lavorata.

L'esigenza di ripercorrere a distanza di tempo la striscia lavorata al momento della semina o di un secondo intervento di affinamento rende particolarmente virtuoso l'impiego di sistemi di guida



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

semiautomatica in configurazione RTK.

La gestione del traffico (CTF – Controlled Traffic Farming) viene realizzata attuando un sistema colturale nel quale la superficie destinata alla coltivazione risulta separata dalle linee di transito, localizzando quindi la trafficabilità e la compattazione solo in queste apposite corsie. Questo permette di effettuare le operazioni colturali senza compromettere la produttività della superficie adibita alla coltivazione, in quanto la struttura del terreno e la sua fertilità vengono salvaguardate.

Una nutrita bibliografia è concorde nel riconoscere al CTF la possibilità di risolvere i problemi di compattamento, di migliorare il drenaggio delle acque, di garantire produzioni affidabili anche nelle tecniche di non lavorazione, di avere sempre grande tempestività negli interventi e, dal punto di vista energetico, di richiedere minori forze di trazione, slittamenti e attriti, minore potenza dei trattori, minori costi per lavorazioni del terreno, consumi di combustibile e fertilizzanti (Chamen, 2005).

L'impiego di sistemi di guida semi-automatica nella configurazione RTK applicati al CTF permettono all'operatore di ripercorrere, anche a distanza di tempo, il medesimo "percorso in campo" seguito nelle precedenti operazioni colturali con un margine di errore di 2-3 cm. Precisione e massima ripetibilità sono caratteristiche necessarie per questo tipo di applicazione.

Attualmente, non trovano invece diffusione operativa sistemi di lavorazione del terreno che consentano di gestire la variabilità spaziale, conseguenza della eterogeneità delle proprietà del suolo.

Per la semina, la variazione della densità di semente deve essere effettuata agendo sulla distanza di deposizione dei semi sulla fila. Questo viene realizzato per le seminatrici a righe e per quelle di precisione, disconnettendo la trasmissione tra la ruota e il sistema di distribuzione del seme e inserendo tra queste un motore elettrico che comanda il distributore, in modo da variarne il regime di rotazione a seconda delle esigenze (Heege, 2013).

Con questi sistemi, la variazione della densità può essere realizzata manualmente dalla cabina del trattore impostando la dose voluta nella centralina di controllo, oppure in modo automatico inserendo mappe di prescrizione di semina e il collegamento con un GNSS.

5.2 Sistemi colturali arborei

Nel settore frutticolo sono disponibili diversi contesti applicativi dell'AdP correlati alla gestione delle piante, non solo relativamente ai mezzi tecnici (fertilizzazione, irrigazione, irrorazione, gestione interfilari, ecc.) ma anche al monitoraggio delle infezioni/infestazioni e ad alcune operazioni colturali (diradamento/controllo, accrescimento frutti), ove la maggior manodopera richiesta ne aumenta l'interesse. Il monitoraggio dell'accrescimento dei frutti, grazie alla messa a punto di curve specifiche di sviluppo, è in grado di individuare con buona precisione le situazioni alteranti rispetto all'ordinario sviluppo del frutto e spesso le cause. Per quanto riguarda il diradamento, l'abbinamento fra preventiva verifica ottica del carico dei frutti ed intensità della macchina operativa successiva, permettono un intervento mirato in funzione delle necessità. Tali aspetti riguardano sia i ricercatori che i produttori, per



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

le informazioni utili per i processi decisionali, ma la loro affermazione richiede un profondo aggiornamento delle tecniche di gestione con sistematico coinvolgimento dei produttori stessi. Per garantire una reale affermazione di queste tecniche avanzate, risulta molto importante che esse vengano sempre mirate alle effettive necessità del produttore, soprattutto in funzione dell'impegno complessivo richiesto (personale ed attrezzature) in quanto tali costi sono riconosciuti dal settore agricolo solo in presenza di vantaggi tangibili.

Mentre lo stato dell'arte per quanto riguarda la sensoristica per il rilevamento delle informazioni e la loro gestione renderebbero l'AdP applicabile, l'attribuzione della giusta causa al sintomo richiede ancora notevoli approfondimenti, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti qualitativi ed in alcuni casi quantitativi delle produzioni. Mentre per le colture erbacee annuali la ricerca (principalmente all'estero) è già in grado di fornire risposte validate, anche su alcuni aspetti qualitativi, aspetto piuttosto diverso riguarda le colture arboree, specialmente da frutto, ove i dati disponibili richiedono un'attenta verifica di campo in quanto specificità territoriali, colturali e varietali non li rendono ancora applicabili su larga scala.

5.3 Viticoltura

La filiera viti-vinicola è quella con il maggiore ed avanzato sviluppo dell'AdP. Ciò deriva essenzialmente da alcuni fattori di forza del nostro sistema di ricerca e dalla vivacità tecnico-culturale del settore, ma specialmente per le tecnologie innovative proprie dell'AdP che possono offrire soluzioni applicative particolarmente in linea con quelle che sono le attuali richieste del comparto. Proprio in viticoltura, infatti, la massimizzazione del reddito avviene specialmente attraverso l'aumento del valore del prodotto (ovvero della sua qualità). L'uva e il vino di qualità sono l'espressione e la sintesi del territorio di provenienza e qualsiasi azione volta a caratterizzare ulteriormente il territorio per supportare un intervento mirato, accresce la qualità e la caratterizzazione del prodotto finale. Nella viticoltura, soprattutto in collina, all'interno del medesimo vigneto si trovano aree con diversa composizione e struttura del terreno, umidità, radiazione e microclima: a queste diversità la coltura risponde di conseguenza, evidenziando differenti stati di espressione fisiologica, riassumibili nella stima del vigore vegetativo. In viticoltura, le mappe di vigore possono essere utilizzate per effettuare scelte vendemmiali (a livello di vigneto o di comprensorio) e fornire la possibilità di compiere operazioni colturali non in maniera generalizzata ma mirata, sia spazialmente che temporalmente (es. vendemmia di precisione). Le mappe tematiche di interesse del viticoltore possono essere le più svariate e riguardare le rese per superficie, acidità, zuccheri, polifenoli, antociani, ecc. Dal punto di vista operativo le finalità che si propone la viticoltura di precisione sono molteplici, quali: gestione dell'eterogeneità dei vigneti attraverso la concimazione differenziata di varie porzioni del vigneto (Vrt); riduzione dei costi e dell'impatto ambientale dei trattamenti fitosanitari attraverso irroratrici a rateo variabile; gestione differenziata delle potature verdi e delle sfogliature a seconda della vigoria e delle esigenze microclimatiche; uniformità dei lotti di uve alla raccolta (vendemmia selettiva).

In viticoltura di precisione si prevede che la prospettiva futura più importante per uno sviluppo di questo settore sia l'utilizzo di sensori di rilevamento ad alta definizione, che possono essere montati su sistemi



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

avionici (aereo ad ala fissa) dotati di pilota o completamente automatici (UAV). Il Mipaaf, tramite un progetto sperimentale della RRN ha già effettuato dei test operativi con droni multispettrali e termici anche su aziende viticole specializzate, ottenendo risultati cartografici e relativi indici di vigore vegetativo a grandissima scala. Per queste finalità si possono considerare i seguenti sensori:

1. sensore iperspettrale visibile ed infrarosso, spettro da 350 nm a 1000 nm;
2. sensore iperspettrale NIR/SWIR (soggetto a normative militari), spettro da 1000nm a 2700nm;
3. sensore Synthetic Aperture Radar – SAR (consente di produrre immagini ad alta risoluzione di oggetti e del terreno). Il sistema SAR è in grado di operare in modo efficace durante il giorno, di notte e in condizioni di scarsa visibilità, in presenza di nuvole, nebbia, fumo, e precipitazioni (soggetto a normative militari);
4. sensore FIR range spettrale 7,5-14 micron. Il sensore FIR completa la gamma dei sensori utilizzati per la ricerca delle anomalie e permette di discriminare, tramite un'immagine ad alta risoluzione, variazioni di temperatura molto piccole.

Tutti i dati rilevati dai sensori devono essere georeferenziati e corretti per eliminare anomalie di acquisizione da parte delle componenti elettroniche. Utilizzando i sensori iperspettrali, per ogni porzione di territorio (circa 1 ettaro) è possibile generare un *DataCube* formato da centinaia di immagini, una per ogni porzione di frequenza dello spettro. Inseriti in un database, i dati vengono elaborati tramite un sistema ad intelligenza artificiale che esamina le informazioni e le confronta anche con i dati storici residenti nello stesso database. Il sistema ad intelligenza artificiale impara e abbina alle firme spettrali delle anomalie, gli esiti degli interventi correttivi e, nel tempo, il sistema si rende sempre più autonomo ed in grado di determinare automaticamente gli opportuni interventi. Il risultato delle analisi operate, sia che venga prodotto automaticamente dal sistema, o che sia determinato dall'analisi degli esperti, provoca come risultato una serie di interventi sul territorio, mediante l'impiego di robot di terra oppure mediante l'intervento tradizionale limitato alla porzione di superficie/pianta/porzione di pianta, da gestire. Una potente architettura *Cloud Computing* elabora tutte le informazioni, le immagazzina e le rende fruibili agli esperti.

I possibili obiettivi di un sistema come quello descritto sono i seguenti:

- Verifica giornaliera dello stato idrico della coltura e intervento mirato, tramite nuovi sistemi di irrigazione parcellizzati, solo nelle porzioni con primi sintomi di carenza idrica.
- Verifica dello stato di maturazione dell'uva per grandi comprensori o aziende. Possibilità di vendemmia differenziata nel tempo e nello spazio.
- Previsioni produttive (è un servizio utilissimo per cantine sociali, grandi aziende, consorzi). Tutti i modelli sino ad ora utilizzati hanno dato risultati di errore intorno al 10%, non accettabili per i mercati.
- Stato sanitario del vigneto (permette di intervenire ai primi sintomi di malattie del legno (mal dell'esca), giallumi (Flavescenza dorata) estirpando le piante fonte di infezione. Per le malattie fungine (peronospora e oidio) è da verificare l'efficacia di interventi al vigneto mirati e tempestivi.
- Rilievo danni da avversità atmosferiche (es. grandine, scottature).
- Stato nutritivo delle colture e interventi mirati di concimazione specifica per coltura ed elemento



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

minerale.

- Verifica per gli organismi di controllo della corrispondenza varietale/vigneto, registro B1.

5.4 Selvicoltura

5.4.1 Generalità

L'implementazione e l'integrazione delle innovazioni e delle tecnologie geomatiche e dell'informazione e della comunicazione nel settore forestale, in particolare in quella che viene definita *precision forestry* (Lubello e Cavalli, 2008), declinata in italiano con il nome *selvicoltura di precisione*, possono essere inquadrati con riferimento a cinque specifici ambiti di applicazione (Figura 3):

- monitoraggio e valutazione delle risorse forestali;
- supporto alle decisioni per la gestione forestale;
- coltivazione di piantagioni da legno;
- utilizzazioni forestali;
- tracciabilità dei prodotti forestali.

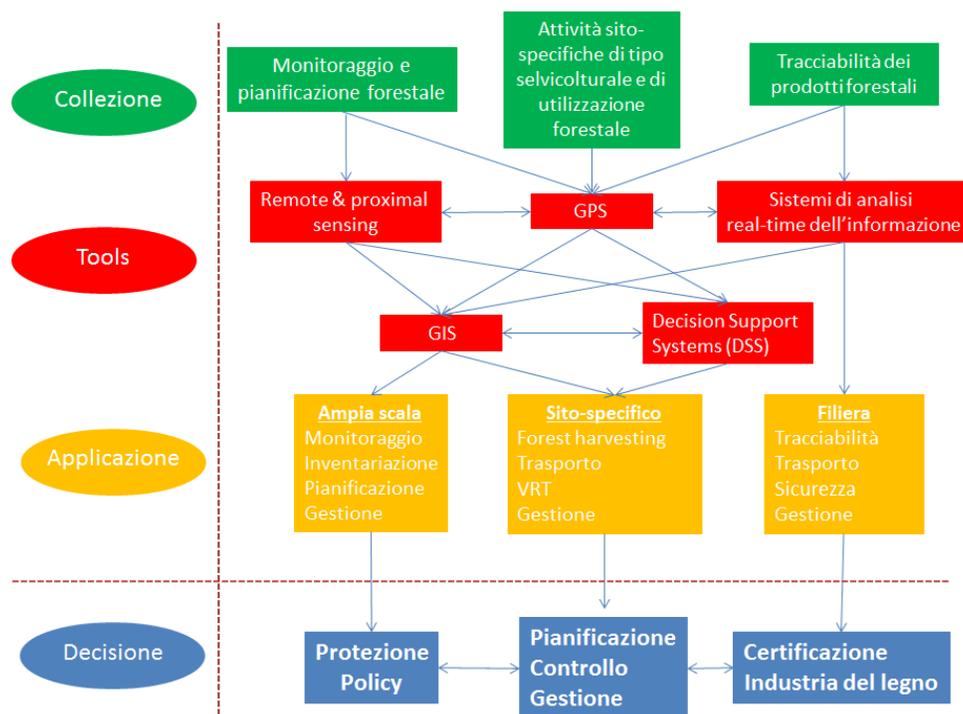


Figura 3. Inquadramento applicativo della selvicoltura di precisione (Kovácsová e Antalová 2010, modificato).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

5.4.2 Monitoraggio e valutazione delle risorse forestali

La selvicoltura di precisione si è sviluppata soprattutto a partire dall'applicazione di strumenti e tecniche per acquisire, integrare, analizzare, archiviare e distribuire dati spaziali georiferiti in formato digitale.

Negli inventari forestali le informazioni vengono raccolte in punti di campionamento posizionati sulla superficie terrestre secondo uno schema predefinito. La rapida navigazione verso i punti di campionamento è garantita dai moderni sistemi globali di navigazione satellitare (GNSS) che hanno raggiunto precisioni molto alte (sub-metriche). Gli inventari forestali, che siano locali (assestamentali), regionali o nazionali (INFC, www.infc.it) o transnazionali (ad es. rete di monitoraggio europea ICP Forest, www.icp-forests.net) non possono prescindere da questi dispositivi.

Il telerilevamento viene molto utilizzato per il monitoraggio ad ampia scala (da regionale a globale) delle risorse forestali, utilizzando informazioni reperite tramite sensori montati su piattaforme aeree e satellitari. La gamma delle possibili modalità di raccolta delle informazioni è molto ampia e va dai tradizionali sistemi ottici 2D, quali ortofoto in bianco e nero, a colori, spesso estese alla detezione dell'infrarosso vicino, raccolte da aereo, passando per l'utilizzo di immagini satellitari multi- (es. Landsat8 o Sentinel2) e iper-spettrali (es. Hyperion, già pensando a Prisma e Shalom), fino ad arrivare al Radar (da Cosmo in banda X fino a Alos in banda L) e al Lidar (telerilevamento attivo 3D). I dati telerilevati vengono solitamente utilizzati sia negli ambiti del *resource assessment* che del *resource management*.

Le applicazioni più diffuse hanno finora riguardato il telerilevamento con sensori ottici (2D), ad esempio per:

- mappatura dei tipi forestali (Fig. 4): immagini satellitari ottiche con risoluzione metrica e submetrica nel canale pancromatico (a es.: WorldView-2, 3 e 4, Geoeye, Pleiades ad altissima risoluzione; Rapid-Eye e Spot 6 e 7 a risoluzione più bassa ma a maggiore frequenza) sono quelle più utilizzate per mappatura a livello di supporto operativo (scala: 1:5000-1:10000), mentre le immagini Sentinel, Landsat, Spot5 e Aster rappresentano correntemente la migliore soluzione per mappatura a scala 1:25000-1:50000;
- monitoraggio per la prevenzione e lotta degli incendi boschivi, ad esempio per la valutazione della quantità di materiale combustibile vegetale e il monitoraggio degli incendi;
- supporto all'inventariazione forestale (classificazione dei punti inventariali) e specializzazione (mappatura) di dati biofisici acquisiti a livello puntuale con i rilievi inventariali (Corona, 2010).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

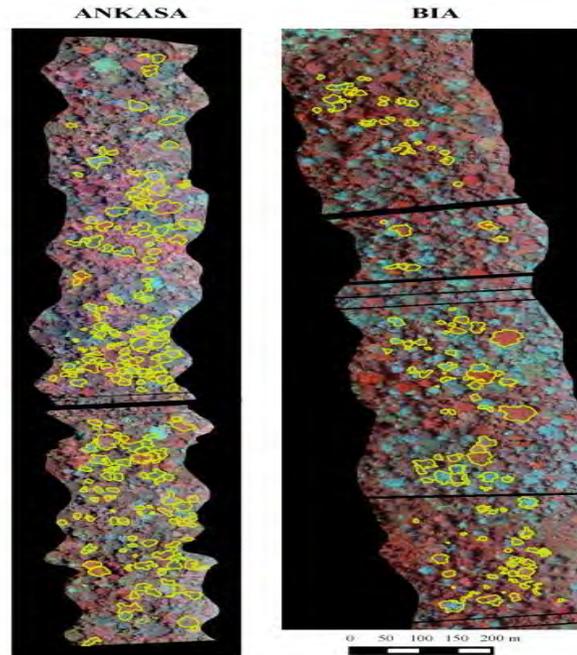


Figura 4. Figura 4. Composizione in falso colore (rosso 829 nm, verde 604 nm, blu 465 nm) di immagini iperspettrali (244 canali con risoluzione geometrica pari ad 1 metro) collezionate in due Parchi Nazionali in Ghana con sensore aviotrasportato. I poligoni gialli rappresentano le chiome delle singole specie di interesse, delineate utilizzando software GIS (Laurin et al. 2016).

Negli ultimi anni sono state sempre più sviluppate le applicazioni 3D di dati forniti da sensori attivi a impulso laser (Lidar) montati su aereo o elicottero (Airborne Laser Scanning - ALS) (Fig. 5). Questi sistemi, infatti, permettono di ottenere stime *in continuo* su larga scala delle variabili dendrometriche di principale interesse, quali il volume legnoso e la biomassa legnosa, riducendo al minimo la necessità di raccogliere misure in campo. Ad esempio, utilizzando approcci *area-based* (Corona e Fattorini, 2008), è stata osservata in diversi contesti forestali una buona relazione tra il volume legnoso rilevato in aree di saggio e le metriche estratte dal modello digitale delle chiome (*Canopy Height Model* - CHM), ottenuto da ALS. L'utilizzo del CHM da ALS è di particolare interesse a livello operativo in quanto, non di rado, può essere acquisito dai professionisti a costo relativamente basso o, talora, addirittura nullo, come *by-product* di progetti realizzati da amministrazioni pubbliche per scopi diversi, soprattutto topografici, da quelli forestali.

I dati ALS, oltre a essere utili per lo sviluppo di indagini di carattere ecologico e per l'analisi delle dinamiche forestali, risultano di supporto anche per aumentare l'efficienza dei campionamenti inventariali. Inoltre, l'uso combinato di dati Lidar e di dati iperspettrali è stato testato per l'identificazione e la classificazione delle specie forestali (Dalponte et al. 2008). Di rilevante interesse per la gestione forestale in ambiente mediterraneo è la potenziale capacità dei dati ALS di discriminare le coperture forestali in funzione della forma di governo (Bottalico et al. 2014) e di generare informazioni in merito al materiale combustibile presente nelle foreste con elevata precisione (Chirici et al., 2013).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

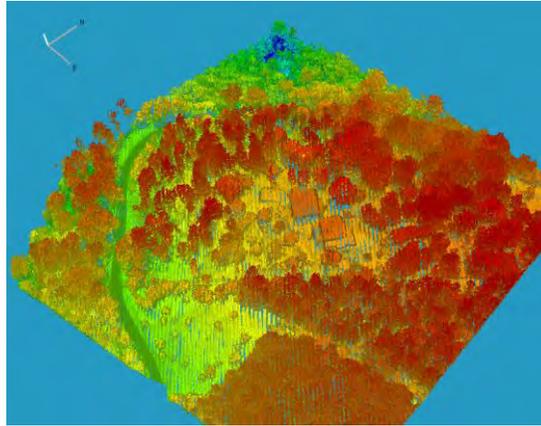


Figura 5. Immagine su tile di dato Lidar acquisito in Casentino (Chiavetta et al. 2014). Sono evidenti, oltre alle formazioni forestali, anche edifici e viabilità.

A fini di monitoraggio, un ruolo importante, soprattutto in arboricoltura da legno, può essere svolto dai sistemi aerei a pilotaggio remoto (Chianucci et al. 2016), sebbene, rispetto alle applicazioni agricole di precisione, l'utilizzo dei SAPR nel settore forestale presenti maggiori difficoltà tecniche di implementazione: maggiori difficoltà di decollo e atterraggio, autonomia non sufficiente per coprire grandi superfici forestali (superiori a 10 km²), necessità di sviluppare algoritmi più complessi per identificare tie-points di coperture forestali. Tuttavia, l'enorme sviluppo che stanno avendo questi sistemi fa prevedere che essi possano rappresentare un'importante risorsa tecnologica a livello operativo per questo settore.

Per quanto riguarda i sistemi di monitoraggio prossimale a terra, vanno menzionati gli avanzamenti legati all'utilizzo operativo, in termini inventariali, di: stazioni computerizzate portatili (es. Field Map, Fig. 6); *terrestrial laser scanners* (TLS, Fig. 7); sistemi optoelettronici con video/fotocamere.



Figura 1 – Lo strumento

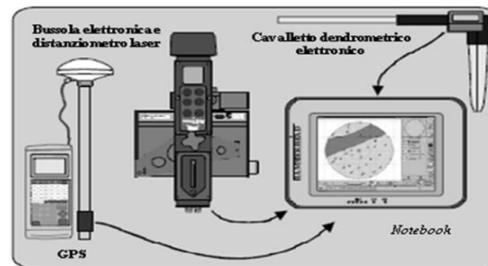


Figura 2 – Equipaggiamento di Field-Map

Figura 6. Field-Map: a sinistra il notebook, come appare una volta montato sul treppiede, a destra l'equipaggiamento completo (IFER. 2007).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

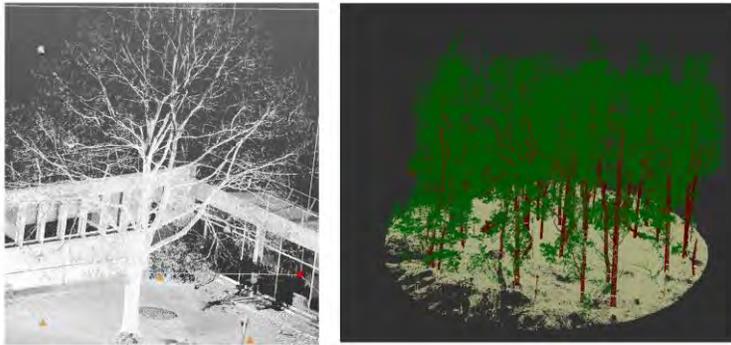


Figura 7. Applicazioni innovative della tecnologia lidar terrestre (TLS).

Infine, va sottolineato l'avanzamento nelle tecnologie di comunicazione e scambio dati in tempo reale (WiFi, bluetooth, RFID, ecc.), che permette di svolgere operazioni di monitoraggio in *real time* basate sullo scambio di dati tra sensori diversi, la raccolta e anche l'analisi e l'interpretazione istantanea delle informazioni derivate dai sistemi di posizionamento geografico e da processori di campo e, quindi, la digitalizzazione e la pre-elaborazione dell'informazione già durante il rilievo.

5.4.3. Supporto alle decisioni per la gestione forestale

Nell'ambito della selvicoltura di precisione un ruolo particolarmente rilevante è svolto dall'utilizzo dei sistemi spaziali di supporto alle decisioni (*Spatial Decision Support Systems* - SDSSs). Sistemi interattivi *computer-based* rappresentano l'integrazione tra un sistema di supporto decisionale (DSS) e un sistema informativo geografico (GIS). Tra le esperienze con consolidato utilizzo a livello operativo, si segnala il DSS Castadiva sviluppato dal CREA (Scrinzi et al, 2014). Questo strumento è in grado di fornire stime di masse e incrementi, semplicemente inserendo indicazioni e valutazioni di larga massima sul tipo di popolamento. Recentemente il modello INVEST, strumento nato per valutare i servizi ecosistemici in Nord-America, è stato adattato per la gestione delle foreste del nostro Paese (Bottalico et al. 2016).

5.4.4 Coltivazione di piantagioni da legno

Le tecniche di precisione applicate nelle coltivazioni delle piantagioni da legno sono simili a quelle sito-specifiche che fanno riferimento alla cosiddetta "*variable rate technology*", utilizzando informazioni geospazializzate (GNSS e GIS) per favorire un'ottimizzazione delle attività di realizzazione e coltivazioni degli impianti. In particolare, in pioppicoltura, *short rotation forestry* e piantagioni con latifoglie a legname pregiato, l'utilizzo della *variable rate technology* permette di automatizzare operazioni colturali (lavorazioni, fertilizzazione, trattamenti erbicidi), con metodiche analoghe a quelle dell'Agricoltura di Precisione.

5.4.5. Utilizzazioni forestali

A questo ambito applicativo fanno riferimento le tecniche geomatiche e ICT che permettono di calibrare, a scala di dettaglio (sito-specifiche), le operazioni di utilizzazione, movimentazione e trasporto del materiale legnoso (*precision forest harvesting*).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

La *precision forest logging* comprende una serie di applicazioni che vanno dall'utilizzo di ricevitori satellitari nelle macchine utilizzatrici e sistemi GIS mobile collegati a un GIS centrale per l'analisi e il monitoraggio delle operazioni di pianificazione ed esecuzione delle attività di movimentazione del materiale legnoso (misura ed ottimizzazione dei tempi di lavoro, delle attività e dei percorsi di esbosco, aggiornamento delle misure di campo, supporto alle attività in situ), con benefici che vanno dall'elevato dettaglio delle informazioni raccolte (coordinate e caratteristiche degli alberi interessati dalle operazioni di raccolta, monitoraggio integrale del popolamento oggetto di intervento, densità del diradamento, carichi esboscati, etc.) alla riduzione dei costi necessari per l'esecuzione dei rilievi e degli interventi. Gli operatori possono visualizzare in tempo reale, sul display della cabina, varie informazioni quali aree ad accesso limitato (per restrizioni di carattere ambientale), aree di deflusso o ristagno idrico, mappe particellari. A esempio, proprio sfruttando le mappe particellari precaricate sul computer di bordo, gli *harvester* sono in grado di registrare quali alberi appartengono a ciascun fondo: ciò semplifica e favorisce le collaborazioni tra più proprietari di un determinato comprensorio boschivo, con ricadute positive sui costi complessivi di raccolta e trasporto. Le macchine operatrici possono anche essere equipaggiate con sistemi di acquisizione dati in grado di misurare le caratteristiche degli alberi lasciati in piedi usando tecniche MLS (*multisource information*) o 2.5D scanner (Miettinen et al. 2007; Öhman et al. 2008).

La possibilità di raccogliere informazioni sul soprassuolo, in tempo reale, rappresenta inoltre un importante passo verso l'automatizzazione delle operazioni (Holopainen et al. 2014). In particolare, trasmettendo i dati registrati dalle raccoglitrici (posizione degli alberi abbattuti e punti di accumulo) direttamente ai mezzi di esbosco (skidder e forwarder) è possibile ottimizzare le performance e la gestione dell'intera cantieristica, minimizzando gli spostamenti e gli impatti prodotti sul territorio: si tratta di applicazioni similari a quelle del cosiddetto *Controlled Traffic Farming* (CTF), adattati alla mappatura delle attività dei sistemi di esbosco e all'ottimizzazione della movimentazione del materiale nelle attività di utilizzazione forestale.

Un settore della *precision forest harvesting* di consolidato sviluppo è, inoltre, quello legato all'utilizzo di sensori e apparati informatici per misurare, per via prossimale, la dimensione del legname e determinare quindi automaticamente gli allestimenti ritraibili (Fig. 8). Collegando l'elenco degli assortimenti richiesti con il profilo dei fusti registrato dalle teste abbattitrici si può procedere, quindi, a una depezzatura programmata che tenga conto sia degli aspetti qualitativi, sia delle richieste del compratore, con l'enorme vantaggio di poter veicolare assortimenti diversi, provenienti dal medesimo albero, verso diversi potenziali mercati. Tramite ricevitori satellitari ed altri sistemi informativi di comunicazione è possibile, inoltre, monitorare la posizione del prodotto stoccato e programmarne il trasporto direttamente verso la migliore destinazione, andando a eliminare fasi operative non necessarie, a vantaggio della redditività.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali



Figura 8. Harvester in fase di lavoro su pioppeto (a sinistra) e computer di bordo (a destra).

5.4.6. Tracciabilità dei prodotti legnosi (wood supply chain)

Alla mobilitazione delle risorse legnose ritraibili dai boschi e dalle piantagioni forestali è strettamente collegato il tema della tracciabilità dei prodotti e del contrasto al fenomeno dello sfruttamento illegale del legno, come previsto dal Regolamento EU - Timber Regulation - n. 995/2010 (sistema di *Due Diligence*). Con particolare riferimento a quest'ultimo aspetto, la trasmissione di dati relativi ai flussi di legname prelevati, sia in termini quantitativi che di localizzazione geografica, congiuntamente ai benefici attesi dall'implementazione della tecnologia RFID, contribuiscono a migliorare significativamente la politica dei controlli e di tutela delle risorse.

Sta quindi emergendo anche in Italia l'utilizzo di modalità di tracciabilità del legname con tecnologie di vario tipo (BARcode, QRcode, RFID). Tra queste, l'identificazione in radiofrequenza (RFID), applicata con successo in vari settori, sembra particolarmente promettente. I sistemi RFID (tra cui tag attivi e passivi), resistenti all'usura e agli estremi di variazioni climatici sono portatili (Reader e antenne standard) e possono essere utilizzati sia direttamente sulle piante in piedi (inventariazione forestale) che sugli assortimenti (tronchi, paleria, legname da falegnameria, legna da ardere e cippato) dopo le operazioni di utilizzazione forestale (Fig. 9).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali



Figura 9. Esempi di tags RFID idonei alla marcatura del legname (tag sperimentale a cuneo, clip, nail tag).

5.4.7. Considerazioni

L'impiego di una sempre maggiore mole di dati e informazioni, combinata con procedure di analisi e gestione dei processi produttivi, sulla base della messa a punto di metodi e tecnologie geomatiche e ICT a servizio del monitoraggio, pianificazione, utilizzazione e logistica integrata, rappresentano strumenti che stanno, di fatto, conducendo a una profonda revisione della gestione delle risorse legnose ritraibili dai boschi e dalle piantagioni forestali, consentendo di ridurre i costi e rendere più accurate le varie fasi di lavoro. Ad esempio, i vantaggi rispetto a interventi di utilizzazione forestale tipo tradizionale possono, in genere, attestarsi intorno al 10-20% di incremento della redditività.

Si evidenzia, peraltro, che l'avanzamento delle applicazioni in questo settore ha fatto prevalentemente riferimento a esperienze nord-americane e nord-europee, spesso non direttamente trasferibili nella realtà forestale italiana, caratterizzata da peculiari condizioni ambientali, colturali e socioeconomiche, che nella gran parte dei casi richiedono specificità di approcci, sia sotto il profilo metodologico che tecnologico.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

5.4.8 Prospettive di sviluppo della selvicoltura di precisione

La selvicoltura di precisione, supportando di fatto la sostenibilità economica ed ambientale e utilizzando le più moderne e innovative tecnologie geomatiche e ICT, può rappresentare uno strumento efficace di collegamento operativo tra proprietari, ditte boschive, e industrie di trasformazione, in grado di migliorare la qualità e la redditività delle produzioni legnose, rivestendo un ruolo essenziale per la crescita e lo sviluppo del settore e contribuendo a salvaguardare l'ambiente (produrre di più e meglio con meno input).

A livello concettuale, le prospettive in questo contesto sono fortemente coordinate a promuovere, tramite gli strumenti geomatici e ICT, una caratterizzazione quali-quantitativa delle risorse forestali (*smart forest*) che superi l'informazione testuale e cartografica su area minima rappresentata (approccio attuale della pianificazione forestale) e adotti quella più innovativa "in continuo" (ad alta risoluzione) su ogni singolo punto (non prestabilito) del dominio territoriale della risorsa bosco. Inoltre, viene individuata nella disponibilità distribuita e interattiva dell'informazione di cui sopra (*web* e *mobile GIS*), anche in campo, tramite terminali mobili di uso comune (sia agli operatori che anche agli altri portatori di interesse), la chiave di una giustificazione rigorosa e trasparente della necessità di attuare una gestione più attiva delle risorse forestali che miri a utilizzare maggiormente il legno nazionale, sia per le necessità della filiera industriale che per fini energetici e anche come strategia di contenimento delle emissioni di gas serra.

A livello tecnico, le principali prospettive di sviluppo sono attualmente legate a:

- miglioramento dell'accuratezza degli strati informativi disponibili, grazie ai progressi nelle tecnologie di rilevamento; in particolare, le prospettive più promettenti riguardano: (i) l'avanzamento nella tecnologia SAPR, che procede a un ritmo elevato da presupporre che questi sistemi rappresentino la nuova frontiera di molte applicazioni operative; (ii) l'avanzamento nei sistemi di scansione laser da terra (TLS), che stanno ampliando significativamente le possibilità di supporto delle principali misurazioni dendrometriche di campagna; (iii) l'accoppiamento funzionale dei sistemi Lidar da piattaforma aerea (o SAPR) con TLS per il monitoraggio e l'inventariazione delle risorse forestali;
- possibilità di integrare tra loro tecnologie esistenti tramite l'ulteriore avanzamento nelle tecnologie di comunicazione e scambio dati in tempo reale (*WiFi*, *bluetooth*, *RFID*, ecc.);
- impiego di macchine forestali più efficienti e tendenti a produrre un minore impatto per l'ambiente e, in particolare, ulteriore sviluppo di sistemi che permettano di connettere tutte le macchine impiegate in un determinato cantiere forestale, in modo da ottimizzare le performance e la gestione dell'intera cantieristica, minimizzando gli spostamenti.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

5.5 Zootecnia

La zootecnia è il settore che per ultimo si è affacciato alle tecniche di *Precision Farming* (che diventa *Precision Livestock Farming – PLF*), tuttavia il trend in atto sembra in grado di colmare il gap con le altre filiere agricole. Sono infatti disponibili, a livello ambientale e strutturale, tecnologie commerciali quali quelle per il controllo automatico della ventilazione e la robotizzazione di diverse operazioni, così come, per le diverse specie (e tipologie di allevamento), sono utilizzabili diverse opzioni: per i bovini (monitoraggio dei singoli animali per diversi aspetti, individuazione precoce di patologie, gestione dell'alimentazione, ecc.), per i suini (stima del peso, gestione dell'alimentazione, riconoscimento della tosse, controllo della temperatura, stima della composizione della carcassa, ecc.), per i polli (gestione degli incubatoi con conteggio automatico delle uova e loro identificazione, ispezione delle carcasse, ecc.), per le specie ittiche ed i molluschi (valutazione automatica della dimensione degli animali e loro selezione, localizzazione satellitare per la migliore gestione degli stock di veneridi, ecc.).

È però, probabilmente, l'allevamento del bovino da latte quello dove adesso l'interesse della *PLF* è particolarmente forte, perché, con la liberalizzazione della produzione (regime delle quote), è possibile, tramite un approccio innovativo, ottenere una maggiore redditività, unita alla valorizzazione del benessere animale e ad un ridotto impatto ambientale. In tale contesto, come riconosciuto anche nel documento realizzato dal Direttorato Generale per le Politiche Interne del Parlamento Europeo (2014), un importante punto di avvio per l'introduzione delle *Information and Communication Technologies* (ICT), è stato quello della diffusione della mungitura automatizzata (o robotizzata), che ha consentito l'applicazione della cosiddetta mungitura volontaria e con essa un radicale cambiamento della organizzazione del lavoro nell'azienda, in quanto ha consentito un primo monitoraggio quotidiano di aspetti quanti-qualitativi della produzione, quali: frequenza e tempi di mungitura volontaria; quantità di latte prodotto per ciascun quarto di mammella; conducibilità elettrica del latte di ciascun quarto. Si è così incrementato il livello di informazioni derivanti dal singolo animale, principio alla base della zootecnia di precisione, per poter attuare una retroazione in modo mirato sul singolo soggetto.

Successivamente la *PLF* è stata finalizzata al migliore utilizzo dell'alimento per conseguire una maggiore efficienza del sistema foraggero e alimentare, introducendo il concetto di *Precision Feeding*. Questo aspetto parte dal campo, dove è necessario ottenere un foraggio idoneo per essere adeguatamente conservato e, in termini di conservazione, gioca un ruolo fondamentale l'insilamento. Gli insilati, essendo caratterizzati da una significativa variabilità del livello di umidità, necessitano di un monitoraggio del contenuto in sostanza secca, al fine di poter essere inseriti in modo corretto nella razione calcolata. Sono stati sviluppati sistemi per il controllo della effettiva sostanza secca al momento della somministrazione agli animali, grazie a un sistema installabile sul carro miscelatore, basato sulla riflettanza nel vicino infrarosso (NIR), in grado di trasmettere il dato rilevato ad un software, consentendo la correzione in tempo reale della quantità di insilato da caricare, per rispettare la quantità di sostanza secca prevista. Come *side-effect* dell'applicazione di tecniche di *Precision Feeding*, va evidenziata sotto gli aspetti economici e climatico-ambientali, la riduzione di sprechi e il contenimento delle escrezioni potenzialmente inquinanti, come i gas climalteranti (metano, ammoniaca), azoto e fosforo.

Strettamente associata alla *Precision Feeding* è da segnalare la recente introduzione di sensori



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

commerciali per la rilevazione del pH ruminale, che possono rappresentare un elemento risolutivo per la determinazione precoce di dismetabolie, con particolare riferimento a chetosi dovute ad errori nutrizionali, consentendo l'attuazione di correzioni *ad hoc* al razionamento, non tanto nella formulazione, quanto nella sua applicazione aziendale.

Altre aree di interesse e in corso di progressiva diffusione nei Paesi a zootecnia da latte avanzata sono:

- rilevazione degli estri (attivometria, anche integrata con altri sistemi);
- qualità del latte (non solo macrocomponenti, ma anche individuazione mastiti);
- benessere animale (ruminazione);
- stato metabolico (tramite, ad esempio, il rilievo della condizione corporea utilizzando l'analisi d'immagine);
- comportamento (tramite analisi d'immagine o rilievi di posizione utilizzando il ricevitore satellitare).

Rivestono, però, particolare interesse le applicazioni che consentono il monitoraggio dello stato di salute della mandria. Tra queste, vi è la possibilità di monitorare la deambulazione delle bovine per evidenziare eventuali problemi di zoppia, prima che producano danni sensibili all'animale e all'allevamento, così come è possibile monitorare lo stato di salute della mammella (tramite termografia), prima che si sviluppino mastiti a livello clinico. Anche le malattie respiratorie sono individuabili precocemente, tramite la registrazione delle tosse e delle relative frequenze acustiche che individuano non solo l'insorgenza di livelli patologici, ma consentono di monitorare da quali zone dell'allevamento provengano i segnali e, pertanto, anche gli animali affetti.

In sintesi, sono sempre più diffusi sensori *on-farm* e *in-line* idonei a fornire indicazioni estremamente precise sullo stato fisiologico o sullo stato di salute dei singoli individui, potendo pervenire ad azioni tempestive e mirate. In Tabella 4 si presenta un elenco parziale di tecnologie sensoristiche oggi disponibili per l'allevamento del bovino da latte.

Tabella 4. Tecnologie sensoristiche disponibili per l'allevamento del bovino da latte.

Misura effettuata	Informazione fornita	Possibilità di gestione
Ormoni	Calori	Riproduzione
Corpi chetonici	Chetosi	Alimentazione
Urea	Apporti proteici	Alimentazione
Proteine	Infiammazioni	Salute
Patogeni	Mastiti/Patologie	Salute/Prodotto
Conducibilità latte	Mastiti	Salute
Residui	Qualità del latte	Qualità del prodotto
Produzione, grasso, proteine	Qualità della razione	Alimentazione



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Body condition score	Condizione corporea	Alimentazione
Attività	Salute dei piedi	Salute
Posizione (GNSS)	Patologie/benessere	Salute

Lo sviluppo di tecniche di PLF devono essere integrate da modalità di “allerta” e/o di veri e propri sistemi di retroazione. Per impostare un sistema di retroazione correttiva, è però fondamentale l’individuazione scientificamente corretta di variabili che siano direttamente o indirettamente collegate alla fase più precoce possibile dell’insorgere di un processo biologico, che può portare a un problema per l’animale o per il prodotto da questo ottenuto. Individuata la variabile (e conosciuto il suo comportamento quantitativo in condizioni normali), è necessario stabilire il valore soglia al quale attivare l’allarme e l’eventuale retroazione correttiva. Questa individuazione deve necessariamente avvenire in appositi studi pilota, condotti in centri di ricerca pubblici, in grado di caratterizzare l’attendibilità dell’attivazione dell’allerta, rispetto al reale rischio di insorgenza del problema.

6 Stato dell'arte e prospettive di sviluppo

6.1 Stato dell'arte dell'AdP

6.1.1 Situazione internazionale

Vi è una generalizzata mancanza di informazioni riguardanti la reale diffusione dell’AdP in tutte le parti del mondo e non solo in Europa. Ciò è dovuto principalmente alla difficoltà di reperire informazioni di tipo commerciale da parte dei produttori e rivenditori (JRC, 2014).

Negli ultimi 10 anni, l’AdP si è evoluta da una buona scienza a una buona pratica ed attualmente il 70-80% delle nuove attrezzature agricole immesse sul mercato includono una qualche forma di componente AdP al loro interno (CEMA, 2014). Ancora più difficoltoso risulta ottenere informazioni sulle reali adozioni da parte degli utilizzatori di tali tecnologie: manca infatti una rete in grado di monitorare le reali evoluzioni e sviluppi dell’AdP nel territorio europeo e ancor più in quello italiano.

I GNSS e i sistemi di guida si dimostrano il settore trainante di tutta l’AdP. A livello globale si stima che il valore di mercato dei GNSS in AdP aumenti da \$ 450 milioni nel 2009 a \$ 1,5 miliardi nel 2017: un aumento di 3,33 volte. In Europa il mercato dei GNSS in agricoltura è relativamente piccolo, ma la tendenza è in aumento, anche grazie a nuovi sistemi *open* a basso costo, collegati ai telefoni cellulari, attualmente in via di sviluppo.

Auto-sterzo e tecnologie a tasso variabile (VRT) sono considerate le principali tecnologie di AdP per generare entrate GNSS. L’agenzia europea per il GNSS (JRC, 2014) stima che la penetrazione del GNSS nei trattori in UE passerà dal 7,5% del 2010 al 35% nel 2020 passando da un fatturato di 100.000 unità all’anno nel 2010 a più di 500.000 trattori nel 2020 equipaggiati con sistemi di guida e VRT. La prevista riduzione dei prezzi per il GNSS / attrezzature e servizi RTK sarà un driver importante per l’assorbimento dell’AdP nel prossimo decennio. ESA 2013 ha stimato che il prezzo medio di un dispositivo scenderà da 3.300 € nel 2012 a 2.400 € nel 2022. I nuovi sistemi *open* probabilmente abbasseranno ulteriormente tale



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

stima. In Europa la crescita futura dovrebbe essere sempre guidata da adozione di tecnologie GNSS in Europa centrale e orientale, dove la penetrazione è attualmente bassa.

L'entrata in funzione operativa di Galileo, il sistema di navigazione satellitare globale europeo, combinato con le costellazioni di GPS e GLONASS permetterà di utilizzare un maggior numero di satelliti e offrirà una maggiore precisione di posizionamento.

Importanti cambiamenti sono previsti anche nei confronti delle modalità di correzione differenziali RTK, sempre più necessaria nella guida dei trattori e attualmente realizzata con due ricevitori (master + rover), meglio se in doppia frequenza e il ricorso a sistemi di trasmissione dati per mantenere master e rover in comunicazione tra loro (es. radio modem, modem GPRS o GSM).

Metodi alternativi per evitare la stazione base consiste nell'utilizzazione di stazioni di base già esistenti nel territorio e collegate in rete (Network RTK). In questo modo l'utente necessita di un solo *rover* che riceve la correzione da una rete di stazioni permanenti GNSS, di norma mediante un telefono o modem GSM/GPRS/UMTS. Una stazione permanente, detta anche CORS (*Continuously Operating Reference Station*), è un'installazione fissa dotata di un ricevitore e un'antenna di tipo geodetico, che acquisisce con continuità tutti i segnali (codice+fase su tutte le frequenze) emessi dai satelliti visibili, 24 ore su 24 per tutti i giorni della settimana. Ogni stazione trasmette i dati acquisiti a un centro di controllo della rete che rende i dati accessibili all'utenza fornendo diversi servizi di posizionamento.

Le reti di stazioni base RTK sono gestite in aree riservate dai rivenditori per i loro clienti locali o organizzazioni commerciali di proprietà.

Ben note sono le società internazionali di macchine e i principali fornitori di attrezzature agricole, nonché i fornitori di servizi GNSS. L'offerta del mercato per i trattori riguarda sistemi di guida semi-automatica con GNSS, computer e monitor per la visualizzazione dei dati, il controllo delle sezioni di barra e la distribuzione a dose variabile. Altri servizi di consulenza agronomica sono gestiti da fornitori specializzati. La gestione dei dati spaziali raccolti, realizzata utilizzando software, è utilizzata dalle maggiori aziende di macchine. I nuovi servizi di business basati sul *cloud* forniscono l'elaborazione e l'analisi dei dati senza la necessità di hardware o competenze in materia agricola.

Statistiche dettagliate riguardanti la reale adozione di queste tecnologie a livello europeo sono piuttosto scarse, e poche sono le informazioni messe a disposizione dai rivenditori multinazionali. Ciò è dovuto a motivi di riservatezza e alla grande eterogeneità dei casi che si riscontrano in Europa.

I risultati di una recente indagine su un numero rappresentativo di concessionarie degli Stati Uniti sono riportati in Holland et al, 2013 e Erickson e Widmar, 2015.

L'AdP in USA è stata introdotta presso le aziende agricole dalla metà degli anni '90 ed è iniziata usando ricevitori satellitari per la localizzazione dei punti di campionamento del suolo e l'applicazione di fertilizzanti in modalità variabile; inoltre sono stati introdotti sensori per la mappatura delle produzioni, per evidenziare la variabilità spaziale negli appezzamenti.

Da quell'epoca è cambiato il bacino d'utenza e sono state introdotte nuove tecnologie. I sistemi di ausilio



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

alla guida (barre di guida) sono stati i primi ad essere adottati da oltre il 60% degli utilizzatori, già a partire dagli anni 2000 e il trend di tale diffusione è rimasto attualmente stazionario, se non in leggero calo. Viceversa, per i sistemi di guida semi-automatici, più accurati e performanti, la crescita è stata esponenziale a partire dal 2009 proprio a scapito dei sistemi di guida più semplici e meno accurati, interessando attualmente oltre l'80% delle aziende. Anche il controllo delle barre, introdotto a partire dal 2009, ha conosciuto una rapidissima crescita e nel 2015 ha raggiunto una penetrazione del 74%.

Ma se i sistemi di guida e il controllo automatico sono in gran parte di serie nelle macchine americane, il settore legato alla gestione agronomica della variabilità deve ancora dimostrare completamente la sua convenienza e applicabilità. Infatti la navigazione satellitare e i controlli meccatronici delle macchine non dipendono dalla variabilità degli appezzamenti, ma solo dalla posizione della macchina su di essi e nella maggioranza dei casi tali sistemi aiutano a ridurre i costi di produzione, aumentando le performance delle macchine e riducendo lo spreco di prodotti chimici.

Invece, produrre mappe per descrivere la variabilità (fattibile con le molte tecnologie di AdP) non significa avere mappe per gestire tale variabilità (difficile la produzione di mappe d'intervento o di prescrizione).

Nel 2015, tuttavia, si sono registrati significativi aumenti nella diffusione di tecnologie legate alla gestione della variabilità, non solo per quanto riguarda la raccolta di dati e informazioni, ma anche nelle tecnologie legate alla distribuzione variabile dei prodotti (VRA). Nella raccolta dei dati, l'uso di immagini satellitari e la mappatura degli appezzamenti hanno avuto un notevole incremento fino ad arrivare ad una diffusione rispettivamente del 51% e del 41%. Relativamente stabili o leggermente in aumento e con minor diffusione sono l'uso di sensori geo-elettrici per la caratterizzazione del suolo e l'applicazione di sensori a riflessione per la determinazione di indici di vegetazione (rispettivamente il 14% e il 6%). I droni, apparsi più recentemente, sono entrati nell'uso aziendale nel 16% dei casi.

La distribuzione variabile dei fertilizzanti viene praticata o offerta da circa il 70% dei rispondenti all'indagine, mentre la gestione dei prodotti fitosanitari e quella degli ammendanti è diffusa rispettivamente del 27% e del 60%. La distribuzione variabile delle sementi è in forte crescita e viene adottata dal 50% degli utilizzatori (Fig. 10).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

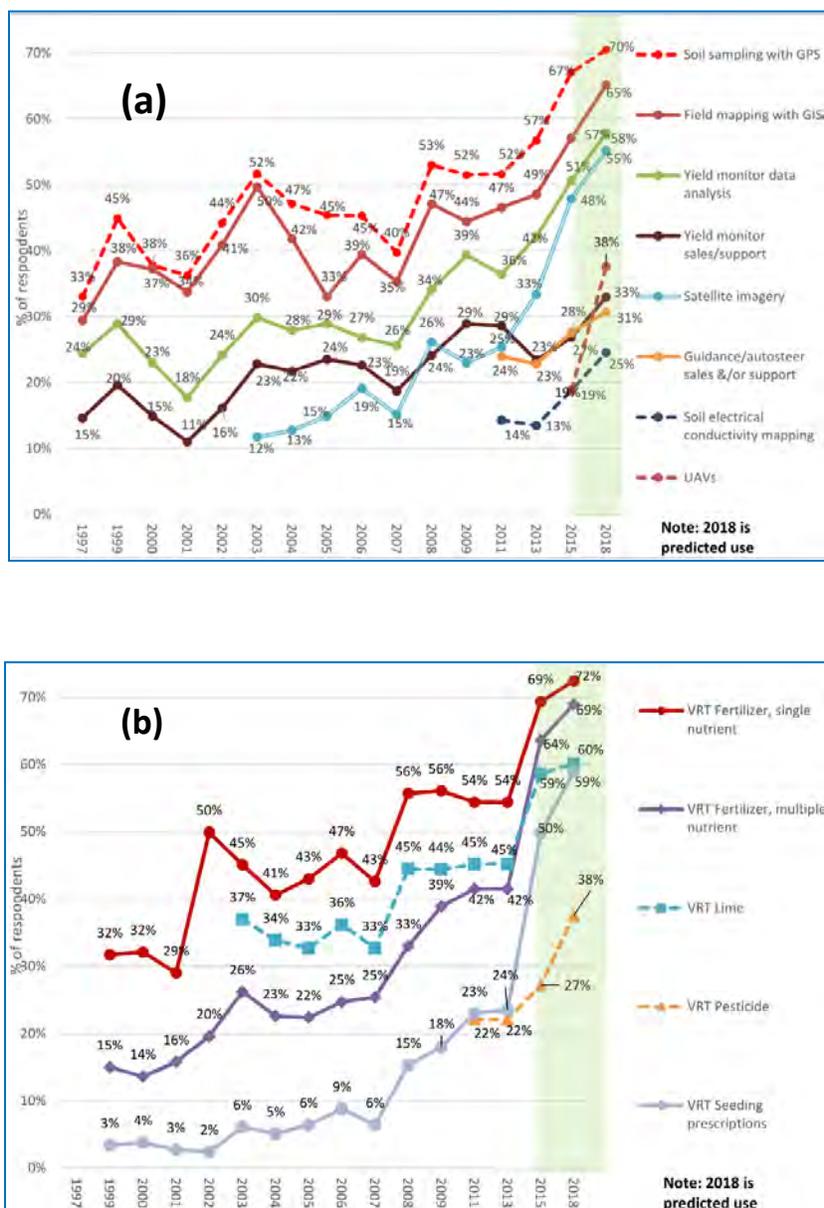


Figura 10. Sviluppo dell'AdP negli Stati Uniti per quanto concerne l'uso di tecnologie legate al monitoraggio ed al controllo delle macchine (a) e alla gestione sito-specifica della variabilità (b) (da Erikson e Widmar, 2015).

6.1.2 Situazione italiana

Nonostante siano acclamate le potenzialità e le tecnologie, la diffusione dell'AdP in Italia rimane molto limitata rispetto alla situazione internazionale. Le ragioni di questo lento trasferimento non è dovuto alla



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

mancanza di offerta e nemmeno alla scarsità di ricerche e sperimentazioni intraprese nel nostro territorio. Probabilmente le cause possono essere: gli ambienti fortemente eterogenei, le caratteristiche del territorio, l'età/livello di istruzione e la dimensione aziendale. In Italia, le imprese di medie e piccole dimensioni rappresentano una fetta notevolissima del totale delle aziende e della superficie agricola utilizzata (SAU). La sfida dell'Agricoltura di Precisione deve riguardare, quindi, non solo le imprese già strutturate ma anche quelle che, attraverso pochi ma efficaci interventi, possono riorganizzarsi anche attraverso specifici strumenti di aggregazione. Si ricorda, inoltre, come questa si innesti in un territorio caratterizzato da produzioni di alta qualità distintive e tipiche, di elevato grado di apprezzamento. Il contenuto tecnologico apportato dovrà dunque tener conto di metodi produttivi e processi che valorizzino questi aspetti. Si cita in merito l'importanza delle tecnologie volte alla tracciabilità dei prodotti di qualità maggiormente soggetti a frodi e contraffazioni (falso *made in Italy*).

L'offerta di tecnologie presenti nel mercato in Italia non ha niente da invidiare agli altri mercati europei e tutte sono state testate sperimentalmente da Enti di ricerca. Sono, infatti, disponibili:

- GNSS (sistemi globali di navigazione tramite satellite) affidabili, precisi, 3 flotte di satelliti, correzioni sempre più accurate.
- SISTEMI DI GUIDA semiautomatici e in alcuni casi anche automatici con monitor di grandi dimensioni.
- MAPPATURA DELLE PRODUZIONI su colture estensive, industriali e vite.
- SENSORI per la rilevazione degli indici di vegetazione delle colture, sensori “on the go” per la caratterizzazione del terreno, sensoristica applicata alle macchine e alle attrezzature per la gestione interna ed esterna. Massiccia presenza di sensori montati su droni e uso di immagini satellitari ed aeree ad hoc.
- Modelli di supporto alle decisioni, modelli previsionali di caratteri climatico, agronomico, economico, ecc. per ogni tipo di situazione e coltura.
- Sistemi di analisi, di elaborazione, archiviazione e di visualizzazione dei dati abbinati a GIS per un razionale sistema informativo aziendale e per la tracciabilità esterna.
- ISOBUS per trattori e operatrici.
- OPERATRICI A FUNZIONAMENTO VARIABILE in grado di leggere mappe di prescrizione per tutte le operazioni colturali.
- OPERATRICI MECCATRONICHE in grado di modificare in tempo reale la loro funzionalità sulla base delle variabili condizioni di lavoro.
- SISTEMI DI TELEMETRIA concepiti soprattutto per ragioni logistiche e di assistenza tecnica alle macchine per i rivenditori.

Di fronte all'ampia offerta sul mercato e in considerazione del fatto che ormai questa tecnologia è stata introdotta in Italia da qualche decennio, la situazione nel Paese rimane ancora nella prima fase di



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

sviluppo, a differenza di altri paesi europei ed extra europei.

Prima di analizzare la situazione dell'AdP in Italia occorre fare alcune premesse relative alla situazione della meccanizzazione in generale. La meccanizzazione italiana è molto spinta con un parco macchine agricole composto da oltre 1.700.000 trattori. La consistenza è oggettivamente imponente: se consideriamo che il parco trattori mondiale è stimato dalla FAO in oltre 27 milioni di unità, l'Italia risulterebbe coprire da sola il 6,3% del totale dei trattori presenti sul pianeta e sarebbe superata solamente dagli USA e dal Giappone. Considerando la ridotta superficie arabile e il grande numero di trattori, la superficie dominata da un trattore è una delle più basse al mondo (Tabella 5).

Per contro l'Italia è anche il terzo produttore al mondo di trattori e di macchine agricole alle spalle solamente della Germania e degli USA.

Tabella 5. Rapporto tra meccanizzazione, superficie e numero di aziende dei Paesi più meccanizzati al mondo -
Fonte: NationMaster (www.NationMaster.com)

Paese	Parco trattori (milioni)	Superficie arabile (milioni ha)	Superficie dominata da un trattore (ha/trattore)	Numero di aziende (milioni)
USA	4,80	174,40	36	2,2
Giappone	2,03	4,36	2	2,9
Italia	1,75	7,74	4	1,6
India	1,52	159,65	105	129,2
Polonia	1,31	12,14	9	2,1
Francia	1,26	18,51	15	0,5
Germania	1,03	11,90	12	0,3
Spagna	0,88	13,70	15	1,0
Cina	0,84	103,40	123	220,0
Canada	0,77	45,66	59	
UK	0,50	5,73	11	0,2
Argentina	0,28	27,90	100	0,3

I trattori immatricolati all'anno sono attualmente meno di 20.000 unità. Le mietitrebbiatrici presenti sono



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

circa 30.000 con vendite annuali di circa 300 unità. Una notevole diffusione riguarda anche le principali macchine semoventi e le attrezzature per la distribuzione.

Con questi dati, anche se stimati, emerge come il ricambio completo del parco macchine avvenga in periodi troppo lunghi tali da rendere le macchine esistenti tecnicamente obsolete, poco economiche e pericolose dal punto di vista della sicurezza.

L'età media dei trattori è di 20 anni e solo il 22% ha un'età inferiore ai 10 anni.

Per le quasi 40.000 mietitrebbiatrici tale percentuale si riduce al 15%. Per le operatrici, solo il 15% degli spandiconcime e il 17,3% per i distributori di fitofarmaci ha meno di 10 anni.

La situazione non sembra essere nel complesso né competitiva, né tanto sostenibile.

E' chiaro che un ammodernamento è auspicabile e un sostegno da parte dell'Ente pubblico è necessario, ma deve essere coerente e funzionale ai moderni sviluppi che l'agricoltura sta subendo in questi decenni ad opera anche delle tecnologie dell'AdP.

Per delineare nel futuro prossimo l'implementazione raggiunta dalle tecnologie dell'Agricoltura di Precisione si sottolinea la possibilità di avvalersi della rete dei venditori e riparatori di macchine come operatori titolati per colmare i vuoti di informazione e conoscenza in relazione all'effettivo uso di macchine e sistemi tecnologicamente evoluti.

Nel riportare alcuni dati relativi alla situazione italiana dell'AdP si sottolineano le difficoltà incontrate nel reperire informazioni attendibili che sono frutto di colloqui con le principali ditte che operano nel settore agricolo (John Deere, New Holland, Agco, Kuhn, Claas, Topcon, Caffini, Arvatec, Spektra agri). Sono emerse le seguenti considerazioni (Sartori, 2016):

- Mappatura delle produzioni: Le mietitrebbiatrici con sistema di mappatura delle produzioni operanti sono circa 1.600, di cui 150 unità vendute all'anno negli ultimi due anni. Orientativamente esse coprono il 10% della superficie destinata alla cerealicoltura. Il 30% delle falciatrici con sistema di mappatura vendute attualmente ha sensori per monitorare la resa, l'umidità e la qualità del prodotto trinciato. Il trend delle raccogliatrici con sistemi di mappatura è destinato ad aumentare sia per le MT, grazie alla sempre maggiore domanda nel centro-sud Italia, sia per le FTC anche in virtù della diffusione degli impianti di digestione anaerobica, la cui gestione richiede informazioni più dettagliate sulla produzione e sulle caratteristiche del prodotto che viene insilato.
- Sistemi di guida con GNSS: è il settore "driver" in cui i volumi di affari sono attualmente più alti. I kit di guida con barra e led luminosi da installare sui trattori già esistenti (*after market*) sono il 7-8% dei trattori venduti annualmente. Le stesse barre di guida sono poi spesso fornite dai costruttori di irroratrici per un prezzo molto abbordabile. In ogni caso la tendenza è stazionaria dal momento che molti utilizzatori abbandonano questo sistema per passare alla guida semi-automatica di tipo elettrico o idraulico. Per contro, i sistemi di guida semi-automatica venduti sui trattori nuovi hanno registrato un sensibile aumento in questi ultimi 3 anni e la loro diffusione si



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

aggira attorno all'1% dei trattori venduti ogni anno (meno di 300 unità/anno).

- **ISOBUS:** Attualmente non sembra ci siano stati incrementi significativi in questo campo anche a causa della mancanza di "competenza" dell'utilizzatore medio italiano rispetto agli altri utilizzatori europei. Infatti, se alcuni dei maggiori costruttori di attrezzi dotati di protocolli standardizzati di comunicazione in Germania e Olanda installano l'ISOBUS su oltre il 45% delle macchine prodotte e in Francia ci si attesta su un 30%, in Italia ne sono provvisti solo il 10% dei trattori venduti, esclusivamente delle fasce di alta potenza, mentre è presente solo nel 3-5% delle altre attrezzature. Queste percentuali sono tuttavia destinate a salire nei prossimi anni per gli effetti delle tecnologie ad oggi in via di definizione e che saranno disponibili a breve.
- **Controllo automatico delle attrezzature:** Nelle irroratrici, i dispositivi per il controllo delle sezioni venduti in questi ultimi 2 anni *after market* e quindi su macchine esistenti sono circa 200 (6%), mentre tali dispositivi inclusi nelle nuove macchine sono circa il 4-5% sul totale dei mezzi venduti annualmente.
Il 10% degli atomizzatori a getto mirato per vigneti prevedono la chiusura delle sezioni e controllo del ventilatore elettroidraulico soprattutto in prossimità delle fasce di rispetto (direttiva 2009/128/CE).
Solo il 10% degli spandiconcime venduti all'anno (circa 150 unità) sono equipaggiati con sistemi meccatronici di controllo delle bordure, monitor e sistemi di trasmissione del moto non meccanici.
Per quanto concerne l'irrigazione, la quasi totalità degli impianti ad ala articolata e il 30% degli irrigatori mobili presentano sistemi di controllo remoto.
- **VRA:** la distribuzione a dose variabile con i principi dell'AdP (attraverso le mappe di prescrizione) viene applicata realmente da non più di 200 aziende in tutta Italia e solo per quanto riguarda il controllo della concimazione, sia minerale che organica. In fase sperimentale sono le semine con variazione della dose. Parimenti la VRA basata su sensori "*on the go*" (radiometri principalmente) è applicata raramente e solo su determinate aree (riso) a scopi sperimentali. Per quanto concerne l'irrigazione, sono attivi in Italia solamente 2 impianti fissi e circa 15 irrigatori mobili sono in grado di effettuare irrigazione a volumi variabili.
- **Servizi extra-aziendali:** si stima che nel prossimo futuro il volume d'affari previsto per le consulenze agronomiche e la fornitura di servizi sia superiore a quello dei sistemi di guida. Attualmente però le scarse informazioni ricevute permettono di stimare in circa 10.000 ha la superficie di suolo mappata con sensori geoelettrici o con misuratori di umidità a scopi irrigui. Difficilmente stimabile è quella coperta da sensori multispettrali per la determinazione degli indici di vegetazione soprattutto nel settore orticolo e viticolo. Uno sviluppo chiave per l'utilizzo operativo e multitemporale di immagini satellitari è il programma europeo Copernicus, per il quale la fornitura di dati ottici e radar è completa, gratuita e aperta. La costellazione di satelliti Sentinel-2 ha una risoluzione di 10 m e numerose bande spettrali anche all'infrarosso, di interesse per la frequente copertura di estese zone agricole. Numerose e con tendenza all'aumento sono



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

infine gli studi di consulenza agronomica, gli spinoff e start-up che offrono servizi differenziati dal supporto alle decisioni, alle ricognizioni aeree con droni.

7 Strumenti della PAC 2014-2020 per l'Agricoltura di Precisione

7.1 Le opportunità offerte dagli interventi dello sviluppo rurale

La sostenibilità e l'innovazione sono due parole chiave della PAC 2014-2020. Provenienti dal documento strategico 2010 "Europa 2020" esse sono considerate priorità determinanti per rendere il sistema agroalimentare e forestale europeo rispondente alle richieste dei cittadini e delle imprese: competitività/lavoro e salvaguardia ambientale.

L'AdP è una tecnologia che consente di tenere insieme queste due anime della PAC.

Nell'ambito degli interventi previsti dalle politiche europee (Joint Research Centre, 2014) quelli che possono offrire più opportunità ad un'adeguata diffusione dell'AdP sono normate dal Reg. UE 1305/2013 e trovano attuazione nei Programmi di Sviluppo Rurale gestiti dalle Regioni e in due Programmi nazionali: la Rete Rurale Nazionale – RRN e il Programma di Sviluppo Rurale Nazionale – PSRN.

Delle sei priorità previste dal Regolamento UE sullo sviluppo rurale, quattro sono quelle che possono ritenersi positivamente correlate all'AdP: 1. promuovere il trasferimento di conoscenze e l'innovazione; 2. potenziare in tutte le Regioni la redditività delle aziende agricole e la competitività; 3. preservare, ripristinare e valorizzare gli ecosistemi; 4. incentivare l'uso efficiente delle risorse e il passaggio a un'economia a basse emissioni di carbonio e resiliente al clima.

Nel complesso articolato dei PSR, tali priorità vengono contestualizzate nei capitoli descrittivi dell'agricoltura regionale e trovano attuazione operativa all'interno delle diverse "focus area" di cui ogni priorità si compone e nelle Misure che specificano contenuti e modalità delle azioni da realizzare.

Dall'analisi dei suddetti contesti socio-economici e ambientali, dei relativi fabbisogni e delle Misure previste è possibile evidenziare che i PSR regionali aprono ampi spazi di attuazione e diffusione dei metodi di gestione agronomica e degli approcci decisionali dell'Agricoltura di Precisione. Il riferimento all'AdP è legato alla realizzazione di obiettivi diversificati e vari quali, ad esempio, la riduzione dell'impatto ambientale dell'agricoltura mediante la conservazione del suolo (Abruzzo, Molise), la qualità e sicurezza delle produzioni alimentari (Emilia Romagna), il miglioramento delle tecniche di coltivazione (Friuli Venezia Giulia), la riduzione dei mezzi tecnici quali concimi e fitofarmaci (Marche), il miglioramento delle tecniche di gestione delle colture o i metodi innovativi in grado di coniugare la tutela ambientale con il mantenimento delle rese (Piemonte), la razionalizzazione dell'irrigazione e della distribuzione di fertilizzanti, fitofarmaci, risorse idriche (Toscana) e, ancora, il risparmio significativo della risorsa idrica e il suo efficiente utilizzo (Umbria).

Riferimenti espliciti e diretti all'Agricoltura di Precisione sono contenuti in 14 PSR: Abruzzo, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lazio, Liguria, Lombardia, Marche, Molise, Piemonte, Sardegna, Sicilia, Toscana, Umbria, Veneto. Essi possono essere contenuti sia come segnalazione generale nella parte di contestualizzazione iniziale sia come indicazione operativa nelle Misure. Per quanto riguarda queste ultime, quelle che prevedono un esplicito riferimento al sostegno finanziario verso l'AdP sono la



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

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

Le prime vengono considerate azioni immateriali e trasversali, riguardano la crescita del capitale umano e il trasferimento dell'innovazione, consentono di finanziare: attività generali di comunicazione e specifiche di crescita culturale degli addetti, percorsi di consulenza personalizzati, processi di progettazione partecipata per la diffusione delle innovazioni in grado di risolvere problemi/opportunità.

L'ultima è quella che più direttamente può concorrere alla diffusione capillare dell'AdP in quanto può farsi carico di contribuire ai costi di acquisto di macchine, strumenti, reti che concorrano a migliorare la sostenibilità economica dei processi produttivi.

È fondamentale tuttavia evidenziare che:

- la mancanza di riferimenti espliciti all'AdP in alcuni PSR non esclude la possibilità di incentivazione della stessa in quanto essa è comunque strumento di attuazione degli obiettivi più generali che questi strumenti di programmazione perseguono;
- altre Misure afferenti alle priorità del Reg. UE 1305/2013 più propriamente ambientali (4 e 5) possono essere motivazione indiretta per lo sviluppo dell'AdP.

Infatti, le suddette priorità trovano attuazione mediante: la Misura 10 “Pagamenti agro-climatico-ambientali”, la Misura 11 “Agricoltura biologica” e la Misura 12 “Indennità Natura 2000 e indennità connesse alla direttiva quadro sull'acqua”. Si tratta di pagamenti a superficie (euro/ha/anno) che compensano gli agricoltori e i silvicoltori per i mancati redditi e i maggiori costi che affrontano per adottare volontariamente pratiche produttive capaci di garantire la salvaguardia ambientale. Fra le pratiche sostenute da queste forme di pagamento ci sono: le strategie di gestione agronomica integrata, l'agricoltura biologica, le tecniche di risparmio idrico, le pratiche di agricoltura conservativa e di gestione sostenibile del suolo, le quali possono essere efficacemente accompagnate dall'adozione di tecnologie di AdP per quello che riguarda l'uso razionale ed efficiente degli input (fertilizzanti, fitofarmaci, energia) e delle risorse naturali (acqua, suolo).

Tabella 6. Quadro delle Misure PSR che sostengono direttamente o indirettamente la diffusione dell'AdP

Misura	Funzionamento	Contributo all'AdP
1- Trasferimento di conoscenze e azioni di informazione	Sostegno destinato ad azioni di formazione professionale e acquisizione di competenze, ad attività dimostrative e ad azioni di informazione. Le azioni di formazione professionale e acquisizione di competenze possono comprendere corsi di formazione, seminari e coaching.	Diffondere conoscenze pratiche e teoriche sull'uso e i vantaggi dell'AdP.
2- Servizi di consulenza, di sostituzione e di assistenza alla	Il sostegno è concesso allo scopo di: a) aiutare gli agricoltori, i giovani agricoltori, i silvicoltori, altri gestori del territorio e le PMI insediate nelle zone rurali	Sviluppare ed erogare servizi di consulenza dedicati all'adozione delle tecnologie di AdP.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

gestione delle aziende agricole	ad avvalersi di servizi di consulenza; b) promuovere l'avviamento di servizi di consulenza aziendale, di sostituzione e di assistenza alla gestione delle aziende agricole, nonché di servizi di consulenza forestale; c) promuovere la formazione dei consulenti.	
4- Investimenti in immobilizzazioni materiali	Il sostegno è destinato a favorire la realizzazione di investimenti materiali e/o immateriali che migliorino le prestazioni e la sostenibilità globali dell'azienda agricola. Il sostegno è concesso agli agricoltori o alle associazioni di agricoltori.	Diffondere le tecnologie di AdP sostenendo l'acquisto di strumenti e macchinari specifici nel settore agricolo.
8.5 Investimenti in tecnologie silvicole e nella trasformazione, mobilitazione e commercializzazione dei prodotti delle foreste	Il sostegno è concesso a silvicoltori privati, comuni e loro consorzi e PMI per investimenti intesi a incrementare il potenziale forestale o ad accrescere il valore aggiunto dei prodotti forestali attraverso la loro trasformazione, mobilitazione e commercializzazione. Gli investimenti possono comprendere investimenti in macchinari e procedimenti di raccolta rispettosi del suolo e delle risorse.	Diffondere le tecnologie di AdP sostenendo l'acquisto di strumenti e macchinari specifici nel settore forestale.
10- Pagamenti agro-climatico-ambientali	La misura è finalizzata alla conservazione e alla promozione dei necessari cambiamenti delle pratiche agricole che contribuiscano favorevolmente all'ambiente e al clima. Il suo inserimento nei programmi di sviluppo rurale è obbligatorio a livello nazionale e/o regionale. I pagamenti agro-climatico-ambientali sono concessi agli agricoltori, alle associazioni di agricoltori o alle associazioni miste di agricoltori e altri gestori del territorio che si impegnano volontariamente a realizzare interventi consistenti in uno o più impegni agro-climatico-ambientali su terreni agricoli determinati dagli Stati membri.	Le pratiche sostenute da questi pagamenti (es. agricoltura integrata) trovano efficace supporto in tecnologie di AdP
11- Agricoltura biologica	Il sostegno nell'ambito di questa misura è concesso, per ettaro di superficie agricola, agli agricoltori o alle associazioni di agricoltori che si impegnano volontariamente ad adottare o a mantenere i metodi e le pratiche di produzione biologica ai sensi del regolamento (CE) n. 834/2007.	La pratica dell'agricoltura biologica sostenuta da questi pagamenti trova efficace supporto in tecnologie di AdP.
12- Indennità Natura 2000 e indennità connesse alla direttiva quadro sull'acqua	Il sostegno previsto dalla presente misura è erogato annualmente, per ettaro di superficie agricola o per ettaro di foresta, per compensare i costi aggiuntivi e il mancato guadagno dovuti ai vincoli occasionati, nelle zone interessate, dall'applicazione della direttiva 92/43/CEE e della direttiva 2009/147/CE e della direttiva quadro sulle acque.	Le pratiche sostenute da questi pagamenti trovano efficace supporto in tecnologie di AdP
16- - Cooperazione	Il sostegno fornito da questa misura è concesso al fine di incentivare ogni forma di cooperazione tra almeno due soggetti (tra l'altro) per lo sviluppo di progetti pilota e lo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie nel settore agroalimentare e in quello forestale.	Creazioni di reti con l'obiettivo anche di favorire lo sviluppo e l'adozione di pratiche di AdP



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

Nella descrizione che segue, i riferimenti all'AdP contenuti nei vari PSR regionali sono presentati in correlazione alle strategie generali/obiettivi specifici nei quali tale metodologia/approccio si colloca e ad alcune Misure di intervento che prevedono un qualche sostegno o riferimento attuativo. La ricerca sul tema dell'AdP nei complessi testi dei PSR è stata realizzata mediante la verifica di parole chiave. In particolare, le parole "precisione" e "*precision farming*" hanno permesso di individuare la quasi totalità dei riferimenti all'AdP, mentre solo in un numero limitato di casi si è riscontrata una qualche corrispondenza utilizzando le parole "smart", "agricoltura intelligente", "guida automatica". Altre parole chiave utilizzate nella ricerca, ma senza alcuna corrispondenza, sono state "remote sensing", "telerilevamento", "sensori", "robotica", "software", "mapping", "mappatura", "droni", "guida assistita", "isobus", "traffico controllato", "agricoltura digitale" e, con ricerca a campione, "controllo sezioni", "dosi variabili", "UAV".

Inoltre per ciascuna Regione si indicano le risorse pubbliche complessive (europee e nazionali) previste per le tre Misure all'interno delle quali sono attualmente finanziati gli interventi di AdP. Naturalmente, la componente che potrebbe essere utilizzata per l'AdP è una quota.

7.1.1 Abruzzo

Il Programma persegue una strategia agro-ambientale tesa a promuovere il mantenimento e la diffusione di attività agricole sostenibili da un punto di vista sia ambientale che sociale, al fine di salvaguardare il territorio, le risorse naturali e ridurre i rischi derivanti dai cambiamenti climatici e, in particolare, si propone di migliorare la qualità fisica del suolo e di supportare le pratiche di controllo e difesa fitosanitaria attraverso la diffusione di pratiche agronomiche sostenibili e conservative. La misura 4 "Investimenti in immobilizzazioni materiali", in linea con la *Smart specialisation strategy* regionale, prevede specifiche priorità di investimento in merito all'adozione di strumenti di *precision farming* e in particolare *ICT-oriented* che consentano un efficientamento tecnico ed economico nell'utilizzo degli input e una migliore gestione delle risorse. Tra i costi ammissibili della sottomisura 4.1 "Sostegno a investimenti nelle aziende agricole" si prevedono espressamente "attrezzature finalizzate alla riduzione dell'impatto ambientale dell'agricoltura mediante la conservazione del suolo (agricoltura conservativa, Agricoltura di Precisione)".

Le risorse complessive per la misura 2 sono 5,2 milioni di euro; per la misura 4 sono 126,1 milioni; per la misura 16 sono 14,4 milioni.

7.1.2 Emilia Romagna

La priorità 1 del Programma è legata alla promozione del trasferimento di conoscenze e dell'innovazione nel settore agricolo e forestale e nelle zone rurali e risponde a vari fabbisogni emersi nell'analisi SWOT tra i quali quello di "favorire integrazioni e sinergie fra imprese del settore agroalimentare col mondo della ricerca e dell'innovazione" (F.02). L'Emilia-Romagna risulta essere tra le regioni italiane con la maggiore intensità di spesa regionale per ricerca e sperimentazione scientifica e tecnologica e per assistenza tecnica e divulgazione. Tale sforzo, tuttavia, non sempre riesce a raggiungere efficacemente le realtà produttive e, in particolare, i produttori agricoli. Una quota rilevante di soggetti agricoli nonché



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

di territori risulta oggi non adeguatamente integrata nelle reti di innovazione e conoscenza. Il Programma, pertanto, promuove una più attiva partecipazione degli imprenditori agricoli e forestali nelle varie fasi del sistema della conoscenza e dell'innovazione agricola, anche al fine di valorizzare le competenze esistenti e di sostenere forme di collaborazione fra imprese, enti di ricerca, istituzioni, consulenti, organizzazioni produttive e interprofessionali. In particolare, tra gli obiettivi individuati nel Programma rientra quello di “favorire la crescita della produttività, la tutela della biodiversità e il miglioramento delle performance ambientali (incluso l'adattamento ai cambiamenti climatici), la qualità e sicurezza delle produzioni alimentari (es. *precision farming*)”. Gli interventi programmati, tesi a soddisfare il fabbisogno su indicato, sono rappresentati dalle misure 1, 2 e 16.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 8,43 milioni di euro; per la misura 4 sono 350,4 milioni; per la misura 16 sono 60,1 milioni.

7.1.3 Friuli Venezia Giulia

All'interno del Programma ha un ruolo centrale il sostegno agli investimenti aziendali innovativi finalizzati, prioritariamente, alla razionalizzazione o all'ammodernamento degli impianti, dei fattori della produzione, dei processi produttivi e gestionali o all'introduzione/sviluppo di nuovi processi produttivi, attraverso, tra l'altro, il miglioramento qualitativo e quantitativo delle produzioni, la riduzione dei costi di produzione e una maggiore rispondenza alle problematiche della sostenibilità ambientale. In questo contesto, la misura 4 “Sostegno a investimenti nelle aziende agricole” si propone di favorire l'ammodernamento delle strutture e delle dotazioni produttive del comparto agroalimentare per consentire l'incremento della produttività del comparto stesso e, ancora, di contribuire ad indirizzare le aziende agricole verso tecniche di produzione sostenibili da un punto di vista ambientale e compatibili con la tutela delle risorse naturali. In particolare, si sostiene, attraverso la sottomisura 4.1, l'introduzione di tecnologie e apparecchiature innovative finalizzate a migliorare le tecniche di coltivazione (ad esempio l'Agricoltura di Precisione) e di allevamento, l'incremento dell'efficienza dell'utilizzo dei fattori della produzione (energia e fertilizzanti) e il sostegno a operazioni che favoriscono il mantenimento di un equilibrio territoriale e contribuiscono alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 6,9 milioni di euro; per la misura 4 sono 49,3 milioni; per la misura 16 sono 13,7 milioni.

7.1.4 Lazio

Il Programma di Sviluppo Rurale del Lazio è focalizzato sulla crescita delle performance del sistema produttivo agroalimentare e sull'integrazione di filiera. In questo ambito un grande ruolo è affidato all'innovazione di prodotto e di processo, in cui si inseriscono le soluzioni legate all'Agricoltura di Precisione. La strategia dello sviluppo rurale si articola a partire dal sostegno agli investimenti innovativi alle imprese, per arrivare all'assistenza tecnica ed alla premialità per l'applicazione collettiva delle innovazioni. Questo ultimo aspetto è particolarmente importante nel caso del Lazio, vista la forte polverizzazione delle imprese, che impone la ricerca di soluzioni applicabili a scala territoriale.

La misura 16, ed in particolare, le sottomisure 16.1 e 16.2 hanno come obiettivo il trasferimento dei processi innovativi dal mondo della ricerca al mondo agricolo e forestale; pertanto, l'elemento



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

dell'innovazione (di processo o di prodotto) è senza dubbio la principale condizione di ammissibilità da soddisfare per accedere ai finanziamenti delle misure in oggetto.

In particolare, la sottomisura 16.1 relativa al *“Sostegno per la costituzione e la gestione dei gruppi operativi del PEI in materia di produttività e sostenibilità dell'agricoltura”*, è lo strumento con cui il PSR Lazio 2014/2020 finanzia l'avvio e il funzionamento di team di progetto finalizzati alla costituzione di Gruppi Operativi (G.O.) che promuovano forme di conoscenza innovative e sostenibili, stimolando la cooperazione tra aziende ed Enti di ricerca pubblici o privati.

La sottomisura 16.2 relativa al *“Sostegno a progetti pilota e allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie”* è successiva alla 16.1; pertanto, solo le idee progettuali finanziate dalla sottomisura 16.1 potranno presentare domanda per accedere alla sottomisura 16.2. In questa seconda fase, dunque, il finanziamento è rivolto alla realizzazione dei “progetti pilota” messi a punto dai G.O. costituitisi in ambito della 16.1 e finalizzati allo sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie nei settori agroalimentare e forestale.

Tra gli elementi di innovazione sono senza dubbio comprese anche le moderne tecnologie che nel complesso fanno riferimento all'Agricoltura di Precisione.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 12.6 milioni di euro; per la misura 4 sono 214,6 milioni (a cui sono aggiunti 70 milioni di euro di risorse regionali integrative); per la misura 16 sono 24,9 milioni di cui 11 milioni sono dedicati alle sottomisure 16.1 e 16.2, che finanziano l'innovazione.

7.1.5 Liguria

La strategia del Programma prevede, tra l'altro, l'attivazione di azioni a beneficio del sistema produttivo, che vanno dalla ricerca e sperimentazione al trasferimento dell'innovazione, all'attivazione coordinata di strumenti per accrescere conoscenza e professionalità degli addetti, al miglioramento della qualità dei prodotti, allo sviluppo di processi produttivi maggiormente sostenibili, in una prospettiva di valorizzazione complessiva delle produzioni. Un ruolo determinante rivestono gli investimenti per l'innovazione, riguardanti prioritariamente i processi produttivi e le produzioni, nell'ottica del miglioramento quali-quantitativo, della riduzione dei costi di produzione e di una maggiore sostenibilità ambientale anche in termini di risparmio ed efficientamento energetico e idrico. La Misura 16 e, in particolare, le sottomisure 16.1 e 16.2, propongono tra gli obiettivi generali quello di investire sulla cooperazione tramite la costituzione di Gruppi operativi del PEI per promuovere l'innovazione a supporto delle imprese agricole e forestali e per incrementare e migliorare le produzioni con un uso efficiente delle risorse naturali. Più nel dettaglio, attraverso la sottomisura 16.1 si sostiene la costituzione e l'operatività dei Gruppi operativi con riferimento a varie tematiche, ivi compresa l'agricoltura intelligente e di precisione, mentre attraverso la sottomisura 16.2 si finanziano progetti finalizzati all'introduzione di innovazioni per la riduzione dei costi produttivi e dei consumi energetici e idrici, alla sostenibilità ambientale, alla mitigazione e adattamento dei cambiamenti climatici e orientati al miglioramento della sostenibilità economica e ambientale della filiera con riferimento ad una serie di innovazioni prioritarie, tra le quali si individuano “le strategie di coltivazione, di allevamento e di gestione forestale, compreso l'utilizzo di fonti rinnovabili e la meccanizzazione conservativa e di



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

precisione".

Le risorse complessive per la misura 2 sono 15,8 milioni di euro; per la misura 4 sono 84 milioni; per la misura 16 sono 11,8 milioni.

7.1.6 Lombardia

Il Programma individua, tra i fabbisogni emersi dall'analisi del contesto socio-economico ed ambientale, la "Promozione di nuove tecnologie (in particolare tecnologie verdi, bioeconomia)". Infatti, si rileva come le imprese agricole lombarde, per rimanere competitive, mantenere i livelli di redditività raggiunti e contrastare l'erosione del valore aggiunto, abbiano la necessità di introdurre nuove ed innovative tecnologie e forme di meccanizzazione mirate a ridurre i costi di produzione, ottimizzare l'impiego dei fattori di produzione e delle risorse naturali, migliorare l'organizzazione e la gestione delle attività in termini economici ed ambientali. Lo sviluppo tecnologico delle aziende agricole deve avvenire con una forte propensione alla sostenibilità e, a conferma, si individua il bisogno di realizzare in concreto il concetto di agricoltura "Smart", ossia di un'agricoltura intelligente che sia al contempo sostenibile sotto il profilo economico, ambientale e climatico. Tale fabbisogno è collegato alle Focus Area 2A (Migliorare le prestazioni economiche di tutte le aziende agricole e incoraggiare la ristrutturazione e l'ammodernamento delle aziende agricole) e 3A (Migliorare la competitività dei produttori primari integrandoli meglio nella filiera Agroalimentare) e viene realizzato, tra l'altro, attraverso le misure 1, 2, 4 e 16 del Programma. Il sostegno ai processi di innovazione è fortemente orientato all'obiettivo di una maggiore sostenibilità degli investimenti aziendali, al fine di migliorare le prestazioni delle imprese in termini economici, ma anche nel rispetto dell'ambiente e del clima. In particolare sono incentivati, anche attraverso i criteri di selezione delle misure strutturali rivolte alle imprese, interventi innovativi quali, tra l'altro, impianti e dotazioni che assicurano una maggiore efficienza energetica e una minore emissione di sostanze inquinanti in atmosfera; interventi strutturali e impiantistici che favoriscono un impiego dell'acqua più razionale e il controllo della distribuzione dei fertilizzanti; macchine e dotazioni che assicurano un più efficace impiego dei prodotti fitosanitari, dei fertilizzanti e degli effluenti zootecnici; macchine e dotazioni dotate di dispositivi che riducono l'impatto dei metodi di coltivazione sui suoli agricoli e sull'acqua.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 40,6 milioni di euro; per la misura 4 sono 409 milioni; per la misura 16 sono 172,5 milioni.

7.1.7 Marche

Il Programma individua tra i fabbisogni emersi dall'analisi SWOT il miglioramento dell'efficienza del sistema produttivo del settore primario attraverso interventi di ammodernamento strutturale ed organizzativo delle aziende e ancora l'adozione di tecniche di coltivazione a basso impatto, in grado di dare una risposta positiva ai problemi ambientali. A questo proposito, la misura 4 è rivolta, in primo luogo, al miglioramento delle prestazioni economiche e ambientali delle aziende agricole e delle imprese di trasformazione e commercializzazione del settore agroalimentare. Essa sostiene quegli investimenti



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

infrastrutturali che contribuiscono direttamente al raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle imprese agricole, forestali ed agroalimentari. In particolare, la sottomisura 4.1 “Sostegno a investimenti nelle aziende agricole” prevede tra le tipologie di investimenti ammissibili le macchine ed attrezzature agricole tecnologicamente avanzate e rapportate alle effettive esigenze aziendali che garantiscono il rispetto di almeno uno di una serie di parametri, tra i quali si individua la riduzione dei mezzi tecnici (concimi e fitofarmaci) attraverso l’applicazione di sistemi di Agricoltura di Precisione (sistema di guida automatica, controllo della sovrapposizione dei passaggi, ecc.).

Le risorse complessive per la Misura 2 sono 5 milioni di euro; per la Misura 4 sono 122,3 milioni; per la Misura 16 sono 26,6 milioni.

7.1.8 Molise

Tra i 5 macro obiettivi strategici individuati dal Programma si segnala quello di “Promuovere e rafforzare pratiche agronomiche e forestali ad elevata sostenibilità, la biodiversità dei suoli e degli habitat ed una gestione collettiva del territorio”. L’obiettivo del Programma è quello di individuare, sperimentare e diffondere nuove pratiche agronomiche, di allevamento e di gestione delle foreste volte ad un utilizzo intelligente dei processi biologici ed ecologici così da avere un effetto congiunto di miglioramento delle produzioni e di gestione degli elementi di criticità e di pressione sulle risorse naturali provenienti anche da altri settori. Tra gli interventi previsti si evidenziano, tra l’altro, l’informazione, formazione e consulenza agli agricoltori per un utilizzo più razionale dell’acqua, dei fitofarmaci e dei fertilizzanti e gli investimenti per attrezzature e macchine funzionali all’introduzione di tecniche innovative che consentono di ridurre gli input chimici, di preservare la fertilità e la stabilità dei suoli e le risorse naturali. A questo proposito, la sottomisura 4.1 sostiene gli investimenti in aziende agricole finalizzati a migliorare la loro competitività in termini sia economici che ambientali. La sottomisura annovera tra le spese ammissibili quelle riguardanti investimenti per la produzione primaria e per la trasformazione e commercializzazione dei prodotti agricoli quali, tra l’altro, l’Introduzione di attrezzature finalizzate alla riduzione dell’impatto ambientale dell’agricoltura, mediante la conservazione del suolo (agricoltura conservativa, Agricoltura di Precisione).

Le risorse complessive per la misura 2 sono 6,5 milioni di euro; per la misura 4 sono 54 milioni; per la misura 16 sono 11 milioni.

7.1.9 Piemonte

Il Programma individua tra i fabbisogni emersi dall’analisi SWOT quello di “limitare la contaminazione delle risorse non rinnovabili (acqua, suolo, aria) da parte delle attività agricole”. Nell’analisi di contesto del Programma si rileva come l’attuazione delle misure agroambientali nelle programmazioni 2000-2006 e 2007-2013 abbia portato apprezzabili riduzioni dell’uso di fitofarmaci e della presenza dei relativi residui nelle acque, nel suolo e nei prodotti. A questo fenomeno si associa la richiesta crescente di sicurezza alimentare da parte dei consumatori e nuove regole commerciali che spingono verso il miglioramento delle tecniche di gestione delle colture, anche con metodi innovativi quali ad esempio l’Agricoltura di Precisione. Per conseguire gli obiettivi del Programma, in particolare quelli ambientali,



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

si prevedono “approcci innovativi quali, ad esempio, l’Agricoltura di Precisione o l’impiego di cultivar più performanti che, a parità di input, rispetto a quelli tradizionali possono coniugare la tutela ambientale, o meglio la riduzione degli input produttivi o degli stress ambientali provocati dalle lavorazioni dei terreni tradizionali con il mantenimento (se non con l’incremento) delle rese”.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 34 milioni di euro; per la misura 4 sono 291 milioni; per la misura 16 sono 35,2 milioni.

7.1.10 Sardegna

L’analisi SWOT del Programma evidenzia la situazione di debolezza economica e strutturale del sistema agricolo sardo e le esigenze di ammodernamento delle strutture aziendali, l’adozione di innovazioni (Agricoltura di Precisione e agricoltura conservativa) e di mezzi di produzione e di strumenti tecnologici più compatibili con le condizioni agronomiche locali. L’analisi evidenzia come l’agricoltura conservativa e quella di precisione siano ancora poco diffuse in Sardegna. Tali innovazioni contribuiscono anche alla riduzione degli effetti negativi dell’agricoltura sull’ambiente, limitando la dispersione di fitofarmaci e fertilizzanti e contribuendo alla conservazione del contenuto di sostanza organica nei suoli. Dall’analisi emerge la forte esigenza di migliorare la redditività delle aziende agricole, salvaguardando nello stesso tempo le caratteristiche di sostenibilità ambientale dell’agricoltura sarda. All’interno della strategia riferita alla Priorità 2 (Potenziare in tutte le regioni la redditività delle aziende agricole e la competitività dell’agricoltura in tutte le sue forme e promuovere tecnologie innovative per le aziende agricole e la gestione sostenibile delle foreste) si precisa che le modalità di attivazione degli interventi privilegiano gli investimenti integrati proposti dai giovani agricoltori nell’ambito del “Pacchetto giovani”, gli investimenti collettivi nell’ambito dei progetti di filiera e gli investimenti innovativi in particolare per l’adozione di tecniche di *precision farming* e agricoltura conservativa. A questo proposito la misura 4 risponde alla esigenza di promuovere un’evoluzione strutturale più competitiva e sostenibile dell’agricoltura sarda, attraverso l’ammodernamento delle strutture aziendali, l’adozione d’innovazioni (Agricoltura di Precisione e agricoltura conservativa). La misura promuove l’innovazione di processo, di prodotto ed organizzativa delle imprese agro-alimentari appartenenti ad una filiera settoriale e investimenti in innovazioni in grado di rispondere alle esigenze specifiche dell’agricoltura regionale.

Le risorse complessive per la misura 2 sono 15,8 milioni di euro; per la misura 4 sono 259,8 milioni; per la misura 16 sono 31,6 milioni.

7.1.11 Sicilia

L’analisi di contesto del Programma evidenzia la debolezza dei sistemi produttivi agricoli siciliani e i bassi livelli di redditività nelle zone svantaggiate, caratterizzate da una concentrazione di aziende agricole di piccole dimensioni. Pertanto, si sostiene l’uso dei servizi di consulenza da parte delle aziende agricole, rurali e forestali, degli altri gestori del territorio e delle PMI operanti nelle zone rurali della Sicilia, al fine di migliorarne la gestione sostenibile e il rendimento economico e ambientale e di scongiurare il rischio della loro chiusura e del conseguente abbandono gestionale dei territori. Inoltre, per migliorare la qualità e l’efficacia della consulenza e garantire l’aggiornamento delle professionalità,



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

si sostiene la formazione dei consulenti (sottomisura 2.3). In particolare, la misura 2 fornisce un contributo a tutte le priorità dello sviluppo rurale tramite, tra l'altro, "la programmazione di servizi di consulenza puntuali, precisi e di qualità, volti ad incrementare la redditività e sostenibilità dei processi produttivi (innovazioni di prodotto e di processo, valorizzazione di sottoprodotti, scarti e acque di processo dell'industria alimentare, nuovi modelli di lotta fitosanitaria, agricoltura di precisione, energie rinnovabili, ecc.)".

Le risorse complessive per la misura 2 sono 6,7 milioni di euro; per la misura 4 sono 712 milioni; per la misura 16 sono 41,2 milioni.

7.1.12 Toscana

Uno dei grandi obiettivi del Programma, di fondamentale importanza per la sostenibilità del settore agricolo-forestale, è quello denominato "Agricoltori e silvicoltori protagonisti nella tutela dell'agroecosistema e nella lotta ai cambiamenti climatici". La strategia tesa a soddisfare il fabbisogno di miglioramento della gestione e tutela delle risorse idriche prevede, tra l'altro, il sostegno attraverso il supporto indiretto della sottomisura 4.1 agli investimenti per la realizzazione o il ripristino a livello aziendale di bacini/serbatoi e di impianti per lo stoccaggio e la distribuzione di acque piovane, superficiali e reflue, l'acquisizione di strumenti (Agricoltura di Precisione) e apparecchiature di controllo e supporti decisionali per la razionalizzazione dell'irrigazione. Sempre all'interno di questo macro obiettivo rientrano le strategie per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici che si propongono di razionalizzare la raccolta e la gestione delle deiezioni animali, incentivare le pratiche colturali che limitano l'impiego di fertilizzanti minerali e di acqua e le tecniche agronomiche che favoriscono la conservazione dei suoli e della sostanza organica e l'incremento di carbonio organico contenuto nel suolo. Tale obiettivo è perseguito grazie al sostegno della sottomisura 4.1 che prevede al suo interno interventi per la realizzazione di efficienti strutture per lo stoccaggio ed il trattamento delle deiezioni animali e l'acquisto di attrezzature (macchine operatrici, impianti di irrigazione, strumentazione di controllo e apparecchiature dell'agricoltura di precisione) che consentono la razionalizzazione della distribuzione di fertilizzanti, fitofarmaci, risorse idriche e l'esecuzione di pratiche agricole "conservative". Un altro macro obiettivo è quello di "produrre e condividere innovazioni", la cui strategia viene sostenuta attraverso varie misure tra le quali assume un notevole rilievo la misura 16 "Cooperazione". In particolare, all'interno della sottomisura 16.1 si precisa che l'innovazione promossa dal GO è orientata al conseguimento di risultati specifici aziendali, attraverso lo sviluppo dei risultati della ricerca, la realizzazione di nuove idee, il collaudo e l'adattamento di tecniche/pratiche esistenti, che rispondano agli obiettivi del PEI, nonché ai fabbisogni individuati nell'analisi di contesto del PSR e di quelli individuati e riportati nella strategia di *Smart Specialisation* regionale che, in base alle aree di specializzazione individuate, ritiene fondamentale la costituzione di GO a supporto delle specifiche aree strategiche trasversali. Tra queste ultime rientrano i "sistemi tecnologici integrati di agricoltura intelligente e di precisione".

Le risorse complessive per la misura 2 sono 38 milioni di euro; per la misura 4 sono 283,2 milioni; per la misura 16 sono 35 milioni.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

7.1.13 Umbria

Tra i fabbisogni evidenziati dal Programma rientra quello legato all'uso efficiente delle risorse idriche (F16). Infatti, si rileva come la gestione delle risorse idriche risulti carente e non efficiente e come sia necessario intervenire, onde evitare effetti negativi sugli ecosistemi. Emerge, inoltre, la necessità da un lato di interventi di un corretto uso di concimi e fitofarmaci e dall'altro di razionalizzazione dei sistemi irrigui attraverso l'introduzione di innovazioni. In particolare, si precisa la necessità di "innovazioni di reti, nuove tecnologie e sistemi gestionali integrati con la meteorologia e sistemi di *precision farming* al fine di un risparmio significativo della risorsa idrica ed un più efficiente utilizzo per migliorare la competitività delle imprese agricole". Nell'ambito della descrizione della strategia regionale relativa alla Priorità 2 si individua la necessità di soddisfare il fabbisogno di ulteriore miglioramento della competitività attraverso gli investimenti ma anche con tutte le azioni che migliorano le conoscenze, la propensione ad intraprendere e ad incrementare le dimensioni aziendali. In tale ambito risulta strategico rafforzare la competitività, l'uso razionale della risorsa acqua in agricoltura con riduzione degli sprechi e delle inefficienze, ma anche con l'estensione delle infrastrutture più innovative oltre che delle tecniche più recenti collegate a sistemi di gestione di *precision farming*, connessa all'agrometeorologia, per rafforzare la competitività delle imprese agricole".

Le risorse complessive per la misura 2 sono 19,3 milioni di euro; per la misura 4 sono 203,2 milioni; per la misura 16 sono 68,3 milioni.

7.1.14 Veneto

La priorità regionale "Competitività" rappresenta il fulcro del Programma e ha tra i suoi obiettivi strategici quelli di migliorare le prestazioni e la redditività delle imprese (FA 2a) e di favorire il ricambio generazionale nel settore agricolo (FA 2b). Tra gli obiettivi strategici della priorità regionale "Sostenibilità della gestione e valorizzazione delle risorse naturali" rientra, tra l'altro, quello di aumentare l'efficienza nell'utilizzo delle risorse idriche in agricoltura (FA 5a). In questo contesto il sostegno agli investimenti è una misura chiave per il settore agricolo veneto, in quanto finalizzato a consolidare i livelli di competitività delle aziende agricole rispetto al mercato globale, promuovendo l'innovazione, accoppiando i guadagni economici alla dimensione ambientale, anche attraverso l'introduzione di tecnologie ecologicamente sostenibili. L'intervento previsto dalla sottomisura 4.1 consiste nel sostegno agli investimenti strutturali e dotazionali nelle aziende agricole che consentano di migliorare la redditività delle imprese agricole, condizione necessaria per potenziare la competitività dell'agricoltura, favorire l'innovazione, la differenziazione di prodotto, la logistica e le nuove forme di commercializzazione, migliorare l'efficienza nell'irrigazione e nell'utilizzo dell'energia, aumentare l'integrazione territoriale delle imprese agricole mediante la riduzione degli impatti negativi dell'agricoltura sull'ambiente, favorire la crescita delle aziende, in particolare quelle condotte da giovani agricoltori, diversificare gli strumenti finanziari utilizzati. Tra le spese ammissibili della sottomisura rientrano quelle riguardanti una serie di investimenti per la produzione primaria e per la trasformazione e commercializzazione dei prodotti agricoli, tra le quali quelle legate alla "introduzione di attrezzature finalizzate alla riduzione dell'impatto ambientale dell'agricoltura mediante la conservazione del suolo



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

(agricoltura conservativa, Agricoltura di Precisione)”.
Le risorse complessive per la misura 2 sono 36,9 milioni di euro; per la misura 4 sono 452,9 milioni; per la misura 16 sono 27,8 milioni.

Tabella 7. I riferimenti testuali all'agricoltura di precisione nei PSR 2014-2020 italiani

Regione	Riferimenti nei PSR	Tipologia di aiuto
Abruzzo	Descrizione della Misura 4 e costi ammissibili della Sottomisura 4.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Emilia Romagna	Descrizione del fabbisogno 02	-
Friuli V. Giulia	Descrizione generale della Misura 4	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Lazio	Descrizioni del tipo di intervento delle Sottomisure 16.01 e 16.02	
Liguria	Descrizioni del tipo di intervento delle Sottomisure 16.01 e 16.02	Contributo al trasferimento dell'innovazione e alla creazione di un partenariato
Lombardia	Descrizione del fabbisogno 05	-
Marche	Descrizione del tipo di intervento della Sottomisura 4.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Molise	Costi ammissibili della Sottomisura 4.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Piemonte	Descrizione del fabbisogno 12 e nella strategia generale	-
Sardegna	Strategia generale (Priorità 2) e descrizione della Misura 4 e del tipo di intervento della Sottomisura 4.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Sicilia	Descrizione generale della Misura 2	Contributo al costo della consulenza alle imprese
Toscana	Strategia con riferimento alla combinazione tra Misure relativamente a più fabbisogni (12 e 15) si introduce il supporto della Sottomisura 4.1 e descrizione del tipo di intervento della Sottomisura 16.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale
Umbria	Descrizione del fabbisogno 16 e strategia generale (priorità 2)	-
Veneto	Costi ammissibili della Sottomisura 4.1	Contributo in conto capitale per l'acquisizione dell'investimento materiale



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

7.2 Le opportunità offerte dalle politiche nazionali

Con decreto interministeriale del 22 gennaio 2014, a firma dei Ministri delle politiche agricole, dell'ambiente e della Salute è stato emanato il PAN - Piano d'Azione Nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari - in attuazione della direttiva 2009/128/CE che ha istituito un quadro per l'azione comunitaria ai fini dell'utilizzo sostenibile dei pesticidi. La direttiva assegna agli Stati Membri il compito di garantire l'implementazione di politiche e azioni volte alla riduzione dei rischi e degli impatti sulla salute umana, sull'ambiente e sulla biodiversità, derivanti dall'impiego di prodotti fitosanitari. Tali politiche devono: assicurare lo sviluppo e la promozione di metodi di produzione agricola a basso apporto di prodotti fitosanitari, realizzare un uso sostenibile dei prodotti fitosanitari riducendone i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente, promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi, quali il metodo dell'agricoltura biologica e le alternative non chimiche ai prodotti fitosanitari.

Per il raggiungimento dei citati obiettivi il Piano, in via prioritaria, si propone di:

- assicurare una capillare e sistematica azione di formazione sui rischi connessi all'impiego dei prodotti fitosanitari;
- garantire un'informazione accurata della popolazione circa i potenziali rischi associati all'impiego dei prodotti fitosanitari;
- assicurare una capillare e sistematica azione di controllo, regolazione e manutenzione delle macchine irroratrici;
- prevedere il divieto dell'irrorazione aerea, salvo deroghe in casi specifici;
- prevedere specifiche azioni di protezione in aree ad elevata valenza ambientale e azioni di tutela dell'ambiente acquatico;
- prevedere che le operazioni di manipolazione, stoccaggio e smaltimento dei prodotti fitosanitari e dei loro contenitori sia correttamente eseguita;
- prevedere la difesa a basso apporto di prodotti fitosanitari delle colture agrarie, al fine di salvaguardare un alto livello di biodiversità e la protezione delle avversità biotiche delle piante, privilegiando le opportune tecniche agronomiche;
- prevedere un incremento delle superfici agrarie condotte con il metodo dell'agricoltura biologica, ai sensi del regolamento (CE) 834/07 e della difesa integrata volontaria (legge n. 4 del 3 febbraio 2011);
- individuare indicatori utili alla misura dell'efficacia delle azioni poste in essere con il Piano e favorire un'ampia divulgazione dei risultati del relativo monitoraggio.

L'AdP è uno strumento essenziale per il raggiungimento di molta parte degli obiettivi del Piano con particolare riferimento alla *"promozione di metodi di produzione agricola a basso apporto di prodotti fitosanitari"*.

Il PAN per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari non reca risorse finanziarie proprie anche se prevede la possibilità di attivare "appropriati strumenti di sostegno al fine di incentivarne l'attuazione". Poiché il PAN è stato approvato mentre gli strumenti di attuazione della PAC erano ancora in corso di definizione,



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

la necessaria quantificazione degli obiettivi del Piano, ai sensi dell'art. 4 della direttiva 2009/128/CE, e l'eventuale indicazione di ulteriori obiettivi, è previsto che vengano individuati mediante atto integrativo del Piano stesso, non appena il quadro delle misure e delle relative risorse finanziarie sarà disponibile.

8 Industria 4.0

Il Piano Nazionale "Industria 4.0", così come definito nell'articolo 1, commi 8-13 e relativi Allegati A e B, della Legge 11 dicembre 2016 n. 232, prevede misure dedicate al settore agroalimentare per allineare il comparto ai seguenti 6 principi:

- 1) interconnessione: ossia la capacità della soluzione, dei suoi componenti (macchinari, robot, dispositivi sensorizzati, attuatori) e dei relativi operatori umani di comunicare informazioni attraverso una opportuna rete di scambio dati (intranet, internet, bus, ecc.);
- 2) virtualizzazione: una "copia virtuale" (*digital twin*) del sistema e/o dei suoi componenti è creata a partire dal relativo modello virtuale, il cui stato viene aggiornato mediante i dati provenienti da opportuni sensori e per cui è possibile prevedere l'evoluzione mediante simulazioni. Va notato che la combinazione tra componenti fisici (impianti, macchine, ecc.) e *digital twin* dà origine al cosiddetto modello "cyber-fisico" che il documento tedesco omonimo mette alla base di Industria 4.0;
- 3) decentralizzazione: i vari componenti "cyber-fisici" che compongono l'impianto produttivo possono definire opportune strategie (per esempio per correggere derive di processo) in maniera autonoma e rivedere il proprio comportamento;
- 4) capacità real time: ossia la presenza di funzioni che permettano di raccogliere e analizzare in tempo reale (cioè con campionature sufficientemente rapide da seguire le dinamiche caratteristiche dei relativi processi ma anche da risultare economicamente convenienti) i dati di processo e di intraprendere le relative azioni/elaborazioni;
- 5) modularità: connessa alla potenzialità di variare, modificandone i componenti in maniera integrata dal punto di vista dei flussi fisici e informativi, la modalità di produzione coerentemente con le variazioni di domanda o di tipologia di prodotto;
- 6) sostenibilità, in particolare con riferimento agli aspetti legati alla sicurezza del posto di lavoro, alla tutela dell'ambiente e all'ottimizzazione intelligente dei consumi delle risorse energetiche e non energetiche, a modelli di produzione di natura circolare per ridurre gli scarti e i rifiuti.

Questa opportunità, oltre ad estendere ad altre categorie di professionisti per l'agricoltura come i contoterzisti, offre la possibilità d'integrazione di servizi avanzati per la moderna agricoltura, attraverso investimenti in macchine operatrici e più in generale in beni 4.0 "iperammortizzabili".



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

9 Formazione

Uno dei fattori che più limitano la diffusione dell'AdP in Italia è riconducibile alla carenza di professionalità adeguate, in grado di coniugare la conoscenza di sistemi tecnologici complessi, come ad esempio la sensoristica, i sistemi attuatori, i sistemi di telerilevamento ecc., con una comprensione delle problematiche agronomiche e dell'agricoltura in senso lato. Mentre per le prime è necessaria una competenza in discipline che riguardano l'elettronica, l'informatica e l'ingegneria, per poter applicare con successo le tecnologie disponibili in AdP è indispensabile una formazione che permetta di avere gli strumenti per affrontare e gestire la complessità dei sistemi agrari, quindi prevalentemente agronomica. Le politiche perseguite negli scorsi decenni dalle ditte costruttrici di tecnologie di AdP, spesso multinazionali, sono state dominate generalmente da uno scetticismo sulle reali possibilità di sviluppo di un significativo mercato per l'AdP in Italia. Tale scetticismo è derivato da considerazioni sugli ostacoli strutturali alla diffusione dell'AdP, tipici dell'agricoltura italiana *in primis* le limitate dimensioni aziendali, l'elevata età media ed il basso livello d'istruzione degli agricoltori italiani. Ciò ha portato le aziende a non investire sufficientemente, in termini quantitativi e qualitativi, nelle risorse umane, indispensabili per fornire un'assistenza tecnica adeguata e tempestiva agli agricoltori alle prese con tecnologie complesse, talvolta di difficile utilizzo e soggette (come tutte le tecnologie) a guasti e malfunzionamenti. D'altra parte la formazione, sia a livello di scuola superiore, sia a livello universitario, non ha costruito quelle figure di sintesi tra le competenze informatiche, elettroniche ed ingegneristiche e quelle agronomiche.

Attualmente esiste un enorme gap tra le soluzioni potenzialmente offerte dalle tecnologie e l'applicazione effettiva di queste tecnologie nella gestione dei sistemi colturali delle aziende agricole italiane. Per colmare questo gap è richiesto un considerevole investimento soprattutto in formazione, corretta comunicazione di contenuti e tecnologie (dimensionate per casi specifici) e ricerca universitaria e non, quest'ultima fondamentale per progettare delle soluzioni adatte alle tipicità dei sistemi colturali italiani e per sviluppare una formazione che sia sempre aggiornata sulle innovazioni in un settore estremamente dinamico come quello dell'AdP.

In questo contesto: la *formazione di sistema* gioca un ruolo chiave, sia nel favorire l'aggregazione e la cooperazione tra i diversi soggetti interessati, sia come strumento conoscitivo indispensabile per il corretto sviluppo applicativo delle migliori tecnologie disponibili nel settore dell'Agricoltura di Precisione; all'uopo, è necessario investire su opportune azioni di formazione sia del personale delle amministrazioni pubbliche coinvolto, sia sulla divulgazione degli avanzamenti tecnologici agli imprenditori e liberi professionisti, utilizzando canali tematici (eventi formativi promossi presso Associazioni di categoria, Ordini professionali, ecc.), sviluppando azioni strategiche e coordinate di settore che mirino a favorire il recepimento e la diffusione dell'ICT.

Sotto il profilo tecnico e specificatamente per quanto riguarda il settore della selvicoltura di precisione, le competenze formative più pressanti riguardano: (i) a livello di operatori: impiego di GNSS e utilizzo degli strumenti di misura equipaggiabili sulle macchine forestali; (ii) a livello di tecnici e professionisti: impiego interattivo di *web*, *mobile* GIS, sDSS e sistemi RFID.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

10 Raccomandazioni

Al fine di promuovere l'utilizzo delle tecnologie di AdP si suggerisce uno studio che identifichi regioni, aziende e loro tipologia, individuando fattori che dimostrino la predisposizione all'implementazione o inversamente i punti cruciali di intervento per favorire un'apertura ed aumentarne la competitività agricola e/o di gestione ambientale.

Si sottolinea l'importanza di collegamenti con e fra i produttori, rivenditori e riparatori di macchine agricole, in quanto rappresentano un anello fondamentale della filiera agricoltura e un sensore della realtà dell'innovazione meccanica e gestionale, nonché della disponibilità degli agricoltori ad investire in innovazione, conoscendone le dimensioni aziendali, le produzioni, le potenzialità economiche e la predisposizione ad innovare.

Occorre promuovere studi pilota, sostenuti per una dimostrazione imparziale dei benefici potenziali (soprattutto di carattere ambientale) e l'utilizzo di questi come esempi di sensibilizzazione nei confronti degli agricoltori, attribuendo particolare rilievo al potenziale scale-up e flessibilità, caratteristiche che ne favorirebbero l'uso in una gamma aziendale più ampia per tipo e dimensioni. Tali studi potrebbero a tal fine essere messi in atto presso aziende dimostrative, centri di ricerca e tramite la rete di vendita e riparazione.

Le misure esistenti nel Pilastro II della PAC evidenziano le possibilità di finanziamento per l'adozione di tecnologie di AdP. In tale ottica, si spinge ad una attenta valutazione delle opportunità offerte.

Ricerche e studi sono necessari per favorire gli aspetti relativi alla conoscenza ed il rapporto costi-benefici dell'AdP, con particolare riguardo all'impatto ambientale. I casi di studio devono andare oltre le misure specifiche aziendali e di campo e prendere in considerazione l'impatto ambientale più ampio.

Si invita alla creazione, messa a disposizione e diffusione di strumenti di calcolo (già proposti a livello europeo come *'precision farming calculator'*) per la quantificazione dei benefici ambientali e potenziali produttivi per l'agricoltore per ogni sistema produttivo, di allevamento ecc. Il rispetto delle direttive ambientali dovrebbe essere integrato all'interno del calcolo. Inoltre tali calcolatori dovrebbero auspicabilmente interessare anche la certificazione di "pratiche virtuose" collegate a schemi di incentivazione.

La consapevolezza, la conoscenza e il trasferimento tecnologico dell'AdP, basato su appropriata formazione e comunicazione, devono essere migliorati. La UE ha costituito con tali propositi il focus group EIP-AGRI sulla AdP che individua come priorità attuali l'acquisizione e l'elaborazione dei dati, ma sottolineando il possibile ampliamento fino a comprendere il benchmark dell'AdP, basato sulle prove di prestazioni delle pratiche e la valutazione del loro impatto.

Dovrebbe essere garantito l'accesso libero ai dati utili allo sfruttamento di tecnologie di AdP. In particolare, i servizi offerti dal GNSS (Galileo) rappresentano una priorità, ma anche più facilmente i dati provenienti dai programmi di telerilevamento (Copernicus) devono essere lo stimolo per migliorare



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

le applicazioni di AdP. Gli Stati Membri, anche attraverso i Copernicus User Forum nazionali ed i Collaborative Systems possono fornire l'accesso ai dati di riferimento.

Si sottolinea, poi, la necessità che le tecnologie sviluppate debbano essere progettate secondo criteri di “usabilità”, intesa come “il grado in cui un prodotto può essere usato da particolari utenti per raggiungere certi obiettivi con efficacia, efficienza e soddisfazione in uno specifico contesto d’uso”, ad esempio in relazione all’utenza che può trarne reale giovamento.

Preliminarmente, in futuro bisognerebbe garantire l’accesso e l’interrogazione libera ai dati prodotti mediante tecniche di AdP.

Ulteriore possibilità e raccomandazione è rappresentata dall’esplorazione di utilizzo dei dati ottenuti dall’AdP per altri scopi, ad esempio come materiale di supporto, raccolta dati aziendali come *crowdsourcing*:

- *Standardizzazione di dati e strumenti.* Con azione di uniformazione, svolta almeno a livello europeo, affinché venga favorita la più ampia e rapida diffusione delle nuove tecnologie di settore, occorre promuovere ulteriormente la standardizzazione dei dati (ad esempio, strati informativi delle mappe forestali) e degli strumenti (per esempio, calibrazione degli strumenti di misura potenzialmente equipaggiabili sulle macchine forestali).
- *Open access e Big Data.* Lo sviluppo delle tecnologie geomatiche e ICT ha favorito anche la disponibilità di una mole ingente di dati in capo alle amministrazioni, che devono essere “aperti” e soprattutto “leggibili” da parte di cittadini e imprese. È utile che le amministrazioni e i gestori mettano a disposizione del professionista una serie di strumenti operativi, quali ad esempio un sempre maggiore numero di strati informativi geografici. La conoscenza del mondo reale, nei suoi aspetti, è determinante sia come strumento di sviluppo sia come supporto alle decisioni in campi come le politiche di sicurezza, la protezione civile, la pianificazione territoriale, i trasporti, l’ambiente.” (AgID, 2016). D’altra parte, solo attraverso questo approccio si può pensare di sostenere l’innovazione di molte tecnologie: basti pensare alla disponibilità di strati informativi quali quelli della viabilità forestale, quelli derivati da Lidar, ecc., che concorrerebbero da un lato a favorire un utilizzo estensivo di tali informazioni, riducendo al contempo i costi per il rapido sviluppo della tecnologia (Mipaaf, 2016; RNDT, 2016). Non basta comunque rendere pubbliche le informazioni: fornire troppi dati, disomogenei e dispersi significa non averne reso pubblico nessuno. La soluzione per evitare queste distorsioni sta nel ricorrere alle tecnologie per l’analisi dei Big Data con l’obiettivo di estrarre degli *open data* e rendere disponibile tale mole di informazioni agli operatori a supporto di ogni attività, ivi compresa la gestione territoriale. L’AgID Agenzia per l’Italia Digitale - ha posto i dati territoriali al centro del processo per il libero accesso ai dati della pubblica amministrazione, in quanto essi “costituiscono l’elemento conoscitivo di base per tutte le politiche per la gestione del territorio”.
- *Trasferimento dell’innovazione e creazione di un Knowledge Hub.* Il coinvolgimento degli attori rappresenta un punto chiave per il trasferimento delle innovazioni tecnologiche alla realtà operativa ad esempio rafforzando i percorsi di assistenza alle imprese. È necessario da un lato valutare



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

accuratamente l'effettiva applicabilità (e soprattutto trasferibilità) dell'innovazione tecnologica, il cui utilizzo talora si attesta ancora al livello della ricerca e sperimentazione (v., ad esempio, l'impiego del TLS, i cui costi elevati ne scoraggiano ancora la diffusione). È auspicabile una maggiore integrazione tra ricerca e realtà produttive per cercare soluzioni sempre più attinenti alla richiesta degli operatori. All'uopo, è utile la creazione di un Knowledge Hub presso il CREA, che possa rappresentare un punto di riferimento nazionale per lo sviluppo tecnologico dell'Agricoltura di Precisione. Occorre, inoltre, favorire l'organizzazione di corsi di formazione di avvicinamento a queste tecnologie e seminari di approfondimento rivolti agli agricoltori utilizzando le misure appropriate.

- *Sviluppo dei servizi GNSS*, che rappresentano tuttavia solo una parte dell'equazione. Infatti diversi servizi di correzione della posizione utilizzano reti gsm cellulari, per cui occorrerebbe una sinergia per intensificare la copertura nazionale del 3G-4G e creare opportunità future per rendere accessibili servizi a tariffe competitive. Tale accesso favorirebbe anche la telematica e la trasmissione dei dati agronomici dalle macchine agricole.
- *Sostegno alle attività di innovazione pubblico-private*, favorendo un'integrazione tra ricerca e imprenditoria (*spin-off*, *acceleratori di impresa*, *reti di impresa*), irrobustendo l'incremento di know-how all'interno del sistema produttivo, anche con il consolidamento di nuove figure operative all'interno delle imprese in grado di supportare i processi di crescita tecnologica dei processi produttivi, grazie anche a collaborazioni attive con i principali istituti di ricerca nazionali.
- *Comunicazione*, spiegando in modo efficace all'opinione pubblica, e ai potenziali utilizzatori lungo la filiera, che Agricoltura di Precisione è competitività, sostenibilità, applicazione delle più moderne tecnologie digitali, a volte già utilizzate in altri settori, anche nel settore agricolo, con benefici potenziali soprattutto per l'ambiente (performance migliorate) e per gli operatori che lavorano nel settore (salute ed efficientamento del lavoro).
- *Filiera di manutenzione*, promuovendo la formazione nella filiera di assistenza dedicata, in un mercato sempre più competitivo.
- *Favorire la costituzione e lo sviluppo di filiere organizzate*, di reti di impresa e di altre forme di aggregazione stabili (regionali e locali) per mettere a punto, adottare e diffondere i principi e le tecniche dell'AdP. Soprattutto se affiancate da supervisor appartenenti al mondo della ricerca, tali forme di aggregazione possono rappresentare strumenti molto efficaci per favorire lo scambio di conoscenze e competenze e la competitività a favore delle imprese agricole (es. Rete *Precision Farming* Veneto, RPFV).

Per quanto specificatamente riguarda il settore della selvicoltura di precisione, si aggiungono, inoltre, le seguenti specifiche raccomandazioni:

Miglioramento del segnale GNSS sotto copertura forestale. Essendo i GNSS il pilastro delle tecnologie di precisione in ambito forestale, la frequente, carente ricezione del segnale sotto copertura rappresenta, in determinate condizioni, un aspetto particolarmente critico.

Approccio multiscalare. Le tecnologie geomatiche e ICT devono poter rispondere ad esigenze



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

conoscitive che permettano misure centimetriche (es. uso dei sensori nella *precision forest harvesting* per il dimensionamento automatico degli assortimenti legnosi) fino a coprire scale chilometriche (inventario continuo delle risorse forestali a scala regionale/nazionale). Alcune attività richiedono rapidi tempi di rivisitazione (monitoraggio dell'avanzamento dei fronti di incendio, dei danni da agenti biotici e abiotici), altri richiedono ampi tempi di osservazione (stime del cambiamento di copertura da dati telerilevati). Le tecnologie disponibili devono essere in grado di far fronte alle necessità multiscolari delle varie applicazioni forestali. Questo richiede un approccio multiscale nello sviluppo di applicazioni precipuamente legate al settore forestale.

Sviluppo dei sDSS a supporto della pianificazione e gestione forestale partecipate. Nell'ambito della pianificazione e gestione forestale vanno considerati non solamente gli aspetti topografici e tecnico-culturali ma anche i fattori ecologici, ergonomici, economici ed energetici. In questo contesto un aspetto strategico è affrontare i processi decisionali in maniera collegiale e in chiave multi-obiettivo, in considerazione della multifunzionalità delle foreste nella capacità di fornire beni e utilità: all'uopo, i sDSS possono svolgere un ruolo fondamentale per la prospettazione operativa degli scenari connessi a scelte decisionali alternative nell'ambito di processi partecipati di pianificazione e gestione forestale.

Aspetti culturali e governance del settore. L'introduzione di tecnologie di precisione richiede il superamento di una serie di ostacoli, primo tra tutti un cambio di mentalità, in un settore come quello forestale, radicato nella tradizione e non sempre aperto alla penetrazione tecnologica. È necessario pertanto investire su specifiche azioni di sensibilizzazione nei confronti delle recenti innovazioni tecnologiche geomantiche e ICT, promuovendo il dialogo con le realtà innovative nazionali e internazionali e favorendo una maggiore integrazione tra i risultati della ricerca e il trasferimento delle conoscenze. Un tale cambiamento deve essere sostenuto da una adeguata strategia di policy governante del settore mirata all'aggiornamento e miglioramento della professionalità da parte degli operatori.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

11 Conclusioni

L'analisi integrata dei fattori, del sapere e delle tecnologie che precede, consente di evidenziare alcune criticità sugli aspetti prioritari da affrontare e risolvere, per facilitare l'integrazione e lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione nella dimensione italiana:

1. Gli agricoltori attivamente coinvolti nello sviluppo di strumenti di precisione per garantire adeguati vantaggi a livello aziendale, in termini di miglioramento della produttività, della sostenibilità ambientale e il profitto. La formazione e la qualificazione professionale sulle nuove tecnologie integrate tra di loro risulterà determinante.
2. Nuove qualificate figure professionali con il ruolo di divulgatori, dovranno collegare e collaborare per lo scambio di conoscenze, svolgendo un ruolo critico nell'informare gli agricoltori ed i tecnici professionisti dell'agricoltura sulle tecnologie appropriate di AdP. Questo richiederà lo sviluppo di specifici strumenti di analisi dei dati, con riferimento particolare al rapporto costi-benefici ed alla corrispondenza con le politiche di sviluppo comunitario.
3. Allo stato attuale, i potenziali benefici economici dell'AdP non sono facilmente misurabili. Le parti interessate spesso non dispongono di strumenti efficaci per calcolare i potenziali profitti e vantaggi. Affidabili strumenti di calcolo, come il già citato Precision Farming Calculator, devono essere sviluppati per ciascuna area territoriale e variabilità socio-economica in tutta Italia. Inoltre, dovranno essere validati i modelli di supporto decisionale, rendendo disponibili gli strumenti analitici per i consulenti e gli agricoltori.
4. L'AdP può essere utilmente impiegata per le piccole e medie aziende agricole, a condizione che l'investimento ed il rischio sia distribuito su qualificati servizi appaltanti (servizi avanzati per l'agricoltura, contoterzismo, liberi professionisti) o implementando tecnologie dimensionate e sviluppate per questo specifico target. Inoltre a tale proposito è in rapida evoluzione il servizio di noleggio delle macchine agricole, il che presuppone che determinate attrezzature per l'AdP, potrebbero essere disponibili anche per aziende medio piccole in alternativa all'acquisto. Di aiuto potrà essere un sistema di ottimizzazione delle risorse disponibili sul territorio.
5. Molti progressi sono stati conseguiti in termini di soluzioni tecniche, ma importanti passi sono ancora necessari per l'introduzione e l'ulteriore sviluppo di: i) azionamenti elettrici per facilitare il preciso controllo elettronico di apparecchiature e strumenti; ii) sistemi per velocizzare e facilitare la comunicazione macchina-processore; iii) nanotecnologie e biosensori; iv) generazione e diffusione di indici satellitari in continuo, droni e piattaforme autonome. Gli approcci multidisciplinari in Ricerca e Sviluppo, la co-creazione in azienda dei processi di efficientamento, risultano i principali fattori critici.
6. Le sfide per l'adozione di successo dei sistemi di dati condivisi esistono, però il sistema dell'agricoltura è generalmente riluttante a fornire libero accesso ai dati di gestione delle aziende agricole, inclusi i dati spaziali, come la variabilità del suolo, lo stato fitosanitario delle colture e dataset degli allevamenti, perché non si ravvisa alcun beneficio o vantaggio competitivo. Questo aspetto,



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

unitamente ai problemi di compatibilità dell'AdP, limitano lo sviluppo della tecnologia, soprattutto in termini di interoperabilità tra strumenti, macchine ed attrezzature. Nella stragrande maggioranza delle aziende agricole vi è una mancanza o scarsa *compliance* degli standard per lo sviluppo di software, format e condivisione tra infrastrutture di dati, ma anche ampia protezione del marchio in grandi aziende.

7. Dedicare attività di ricerca partecipata con il coinvolgimento di ricercatori, agricoltori, consulenti e partner della filiera agroalimentare si rendono necessarie, attraverso un approccio di sistema che consideri gli aspetti agronomici, economici e sociali, nonché il grado di meccanizzazione.,.

Ulteriori aspetti che rappresentano dei prerequisiti fondamentali per lo sviluppo dell'AdP riguardano il riconoscimento della proprietà dei dati ed in prospettiva i portali che possono facilitare il loro scambio. Dal punto di vista del data management:

- l'organizzazione del dataset per l'allineamento dei dati spazialmente e temporalmente (allineando e sintetizzando le frequenze di acquisizione);
- l'elaborazione del dataset mediante metodi di geostatistica multivariata per lo studio della variabilità spaziale delle proprietà del suolo, definizione di aree omogenee di gestione agronomica differenziata mediante l'impiego combinato della geostatistica e della simulazione dinamica colturale;
- la realizzazione di modelli supervisionati generalizzabili per l'ottenimento di previsioni/classificazioni efficienti ed in grado, eventualmente, di comunicare rapidamente con degli esecutori;
- la gestione e l'interrogazione, su larga scala, di informazioni provenienti da più sensori remoti e prossimali e più macchine posizionate in differenti località per ottenere dati sintetici utili ai diversi operatori della filiera.

In prospettiva, appare molto interessante la possibilità di realizzazione dei siti web regionali o comprensoriali di facile interrogazione e visualizzazione, sistemi esperti di supporto alle decisioni e di modellamento di parametri specifici, per la gestione agronomica sito-specifica delle principali colture del territorio ma anche per la programmazione e regolazione delle filiere agroalimentari di qualità certificata.

In conclusione, l'adeguata implementazione delle Linee Guida per lo sviluppo dell'Agricoltura di Precisione finalizza:

1. l'applicazione variabile di input in termini di precisione (quando e dove) e prescrizione (conoscenza "in tempo reale" in ogni istante e su tutti i punti del campo dei processi limitanti la produzione) per la corretta applicazione di acqua nella pratica irrigua e di fertilizzanti per la nutrizione vegetale, al fine di migliorare l'efficienza d'uso e ridurre l'impatto ambientale. Evidenti vantaggi si conseguono anche nella distribuzione di prodotti fitosanitari, per un impatto ridotto sulle specie non obiettivo.
2. la gestione spaziale e temporale della variabilità: elaborazione di dati raccolti da diversi sensori e tecnologie come supporto alle decisioni in agricoltura;
3. il traffico controllato: per ridurre i consumi di carburante e le emissioni in atmosfera, ma soprattutto il compattamento del suolo indotto dall'uso delle macchine ed attrezzature agricole;



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

4. la tracciabilità: utilizzo di tecnologie elettroniche ed informatiche per la registrazione, l'archiviazione, la consultazione e l'utilizzo dei dati relativi a tutte le attività agricole;
5. la mecatronica: impiego di "macchine intelligenti" in grado di modificare la propria modalità operativa all'interno delle diverse aree agricole per una migliore qualità del lavoro e delle produzioni, nonché per una maggiore sicurezza alimentare;
6. la validazione di sistemi di supporto alle decisioni, per il controllo e la gestione di avversità abiotiche e biotiche già identificate ma anche di nuova introduzione;
7. i sistemi di interfaccia e comunicazione macchina/macchina (es. ISO-BUS) e uomo/macchina, anche di realtà aumentata e di realtà virtuale, per un miglioramento dell'interazione e gestione del mezzo e ai fini della raccolta di informazioni per la tracciabilità e ottimizzazione dei processi meccanizzati;
8. L'inferenza e la gestione delle informazioni da "bigdata" con modellistica avanzata (delle patologie agrarie, anomalie fenologiche, performance macchine);
9. L'IoT (Internet of Things) che comincia a diffondersi anche sulle macchine agricole (ad es. per l'assistenza e controllo da remoto).



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

12 Bibliografia

- A.A.V.V. (2017 a) Progetto LIFE+ AGRICARE - Schede di sintesi.
<http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=6626>.
- A.A.V.V. (2017 b) Progetto LIFE+ AGRICARE - Introduzione di tecniche innovative di AGRicoltura di precisione per ridurre le emissioni di CARbonio. Documentazione tecnica - Technical document, <http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=6624>.
- A.A.V.V. (2017 c) Progetto LIFE+ AGRICARE - Sperimentazioni 2017 per l'Agricoltura sostenibile - Azienda "ValleVecchia". <http://www.venetoagricoltura.org/basic.php?ID=6625>
- AgID, 2016. Dati territoriali. Ultimo accesso 08/07/2016. <http://www.agid.gov.it/agenda-digitale/open-data/dati-territoriali>.
- Battilani P. (2016). DIFESA SOSTENIBILE DELLE COLTURE. Principi, sistemi e tecnologie. Edagricole, Bologna, p. XVI+319, ISBN: 978-88-506-5504-5.
- Bertocco M., Sartori L. (2005). I sistemi di navigazione. *L'Informatore Agrario*, 27, 19-26.
- Bongiovanni R., Lowenberg-Deboer J. (2004) Precision Agriculture and Sustainability, *Precision Agriculture*, 5, 359–387.
- Bottalico F., Travaglini D., Chirici G., Marchetti M., Marchi E., Nocentini S., Corona P., 2014. Classifying silvicultural systems (coppices vs. high forests) in Mediterranean oak forests by Airborne Laser Scanning data. *European Journal of Remote Sensing*, 47: 437-460. doi: 10.5721/EuJRS20144725.
- Calcante A. (2005). I sistemi di guida assistita. *M & MA. Macchine e Motori Agricoli*, 5, 42-44.
- Casa, R. (2016). Agricoltura di precisione. Metodi e tecnologie per migliorare l'efficienza e la sostenibilità dei sistemi colturali. Edagricole, Bologna, p. XVIII+407, ISBN: 978-88-506-5510-6.
- Castrignanò A., Buttafuoco G. (2004) - Geostatistical Stochastic Simulation of Soil Water Content in a Forested Area of South Italy. *Biosystems Engineering* 87(2): 257-266.
- CEMA, (2014), Precision farming: producing more with less, www.cema-agri.org/page/precision-farming-0.
- Chamen, W.C.T. (2005) Controlled traffic farming – its benefits and realisation. In: D. Jorajurí , D. Giménez J.D., Sánchez Giró V. eds. Agricultural soil reology under traffic. *Revista de la Facultad de Agronomía* 106 (1), 107-129. Facultad De Ciencias Agrarias Y Forestales Universidad Nacional De La Plata, Argentina.
- Chen W.P. et al.: An Intelligent Management System for Aquaculture's Environmental Monitoring and Energy Conservation, International Workshop on Computer Science in Sports (IWCSS 2013), Atlantis Press.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

- Chianucci F., Disperati L., Guzzi D., Bianchini D., Nardino V., Lastrì C., Rindinella A., Corona P., 2016. Estimation of canopy attributes in beech forests using true colour digital images from a small fixed-wing UAV. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 47, May 2016, Pages 60-68.
- Chiavetta U., Puletti N., Pelleri F., Miozzo M., 2014. LiDAR e pianificazione forestale: la mappatura dei volumi legnosi del Pratomagno casentinese. *Sherwood*, 207: 15,18.
- Chirici G., Scotti R., Montagni A., Barbati A., Cartisano R., Lopez G., Marchetti M., McRoberts R.E., Olsson H., Corona P., 2013. Stochastic gradient boosting classification trees for forest fuel types mapping through airborne laser scanning and IRS LISS-III imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 25: 87–97.
- Corona P., 2010. Integration of forest mapping and inventory to support forest management. *iForest - Biogeosciences and Forestry* 3: 59-64.
- Corona P., Fattorini L., 2008. Area-based LiDAR-assisted estimation of forest standing volume. *Canadian Journal of Forest Research*, 38: 2911–2916.
- Cürüklü B., Martínez-Ortega J.F., Fresco R.(2017). Adaptive Autonomy paves the way for disruptive innovations in Advanced Robotics. *ERCIM News* 109 April 2017 pp. 25-26.
- Dalponte M., Gianelle D., Bruzzone L., 2008. Use of hyperspectral and LIDAR data for classification of complex forest areas, in: Gianelle D., Travaglini D., Mason F., Minari E., Chirici G., Chemini C. (eds.), *Canopy analysis and dynamics of a floodplain forest*. *Rapporti Scientifici*, 3, European Commission, 2016. “Designing the path: a strategic approach to EU agricultural research and innovation. Conference, 26-28 January 2016.
- Emmi Luis et al. (2014) . New Trends in Robotics for Agriculture: Integration and Assessment of a Real Fleet of Robots in *Scientific World Journal* 2014; Published on 2014 Mar 30. doi: 10.1155/2014/404059 online: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3985338/>.
- English B.C., R.K Roberts e S.B. Mahajanashetti, 1998. “Spatial break-even variability for variable rate technology adoption” In: “Proceeding of the 4th International Conference on Precision Agriculture”, Robert P.C., R.H. Rust and W.E. Larson (eds.), 1999. 19-22 July, St. Paul, Minnesota, USA.
- Erikson B., Widmar D.A, 2015. 2015 precision agricultural services dealership survey results. Dept. of Agricultural Economics/Dept. of Agronomy, Purdue University (USA).
- FAO, 2014. *The State of World Fisheries, Opportunities and challenges*. Ultimo accesso 08/07/2016. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- Fresco R., Ferrari, G.: *L'innovazione nel florovivaismo tra sostenibilita' e Internet delle cose, il Floricoltore*, Novembre 2015.
- Godwin R.J., G.A. Wood, J.C. Taylor, R. Earl, S. Knight, J. Welsh e B.S. Blackmore, 2002. Management guidelines for precision farming: nitrogen. *ASAE*, 02-1018.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

- Grignani C. (2016). FERTILIZZAZIONE SOSTENIBILE. Principi, tecnologie ed esempi operativi. Edagricole, Bologna, p. XVII+436, ISBN: 978-88-506-5445-1.
- Heege H.J. Editor (2013) Precision in Crop Farming. Springer, Berlin, Germany.
- Holland J.K., Erickson B., Widmar D.A., (2013), Precision agricultural services dealership survey results, (Under Faculty Review), Dept. of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, Indiana 47907-2056, USA, www.agecon.purdue.edu/cab/ArticlesDatabase/articles/2013PrecisionAgSurvey.pdf.
- Holopainen M., Vastaranta M., Hyyppä J., 2014. Outlook for the Next Generation's Precision Forestry in Finland. *Forests*, 5: 1682-1694.
- Huhtala A. et al. "Evaluation of Instrumentation for Cow Positioning and Tracking Indoors", *Biosystems Engineering* Vol. 96 No.3, 2007 pp.399-405.
- ICT-AGRI. Project in progress. Precision Agriculture – Methodologies for Cost benefit analysis. Ultimo accesso 08/07/2016. http://ict-agri.eu/groups/workspace/rapport_comment/29743/35756.
- IFER, 2007. Tool designed for computer aided field data collection. Field-Map technology. IFER, Monitor and mapping solutions Ltd.CzechRepublic, 26 pp.
- Joint Research Centre (JRC) of the European Commission, Zarco-Tejada P. J., Hubbard N. and Loudjani P. (Monitoring Agriculture ResourceS (MARS) Unit H04) (2014). Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers – Potential Support with the CAP 2014-2020. © European Union.
- Kováčsová P., Antalová M., 2010. Precision forestry – definition and technologies. *Šumarski list* br. 11–12, CXXXIV (2010), 603-611. 604.
- Lagarrigue F.L. et al. (2014) Cyber-Physical Systems - Introduction to the Special Theme , in *ERCIM News* 97 April 2014 - online: <https://ercim-news.ercim.eu/en97/special/cyber-physical-systems-introduction-to-the-special-theme>.
- Laurin G.V., Puletti N., Hawthorne W., Liesenberg V., Corona P., Papale D., Chen Q., Valentini R., 2016. Discrimination of tropical forest types, dominant species, and mapping of functional guilds by hyperspectral and simulated multispectral Sentinel-2 data. *Remote Sensing of Environment*. Volume 176, April 2016, Pages 163–176. doi:10.1016/j.rse.2016.01.017.
- Lazzari M. (2006). Il controllo delle macchine agricole mediante GPS: dalla agricoltura di precisione alla guida automatica, I Georgofili, Quaderni 2005-X, Accademia dei Georgofili, Firenze.
- Lubello D., Cavalli R., 2006. Ambiti applicative della Precision Forestry. *Sherwood Foreste* 125: 11-16.
- Matese A., Toscano P., Di Gennaro S.F., Genesisio L., Vaccari F.P., Primicerio J., Belli C., Zaldei A., Bianconi R., Gioli B. (2015) - Intercomparison of UAV, Aircraft and Satellite Remote Sensing Platforms for Precision Viticulture. *Remote Sensing* 7: 2971-2990.
- Matese, A., Di Gennaro, S.F. 2015. Technology in precision viticulture: A state of the art review.



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

- International Journal of Wine Research, Volume 7, Issue 1, 2015, Pages 69-81.
- Matheron G. (1963) - Principles of geostatistics. *Economic Geology* 58: 1246-1266.
- McIntyre A., relatrice, Parlamento Europeo (2015). Commissione per l'agricoltura e lo sviluppo rurale. Progetto di relazione sulle soluzioni tecnologiche per un'agricoltura sostenibile nell'UE, (2015/2225(INI)).
- Miettinen M., Öhman M., Visala A., Forsman P. 2007. Simultaneous Localization and Mapping for Forest Harvesters. In "IEEE International Conference on Robotics and Automation". Rome, Italy, April 10–14.
- Mipaaf, 2016. OPENDATA AGRICOLTURA. Ultimo accesso 08/07/2016. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/6992>.
- Morari F., Castrignanò A., Pagliarin C. (2009) - Application of Multivariate Geostatistics in Delineating Management Zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. *Computers and Electronics in Agriculture* 68: 97-107.
- Nikos Alexandratos and Jelle Bruinsma, "World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision," ESA Working Paper No. 12-03, U.N. Food and Agriculture Organization, June 2012.
- National Science Foundation (NSF 2016) - National Robotics Initiative 2.0: Ubiquitous Collaborative Robots (NRI-2.0) online: https://nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=503641&org=IIS&from=home.
- Öhman M., Miettinen M., Kannas K., Jutila J., Visala A., Forsman P. 2008. Tree Measurement and Simultaneous Localization and Mapping System for Forest Harvesters. In "Proceeding of the 6th International Conference on Field and Service Robotics". Chamonix, France, July 9-12.
- Piano strategico per l'Innovazione e Ricerca nel settore agricolo alimentare e forestale. 2015. Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali. Sito web. Ultimo accesso 29/04/2016. <https://www.politicheagricole.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/7801>.
- Pierce, F. J., & Nowak, P. (1999). Aspects of precision agriculture. *Advances in agronomy*, 67, 1-85.
- Pisante, M. 2013. AGRICOLTURA SOSTENIBILE. Principi, sistemi e tecnologie applicate all'agricoltura produttiva per la salvaguardia dell'ambiente e la tutela climatica. Edagricole, Bologna, p. XXIII+340, ISBN: 978-88-506-5411-6.
- Rete Rurale Nazionale 2014-2020. Programmi delle Regioni Approvati 2014-2020. <http://www.reterurale.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/15122>.
- RNDT (Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali), 2016. La ricerca dell'informazione geografica inizia da qui. Ultimo accesso 07/08/2016. <http://www.rndt.gov.it/RNDT/home/index.php>.
- Sartori L. (2001). Guida parallela con GPS. *L'Informatore Agrario*, 30, 55-60..
- Sartori L. (2016) L'Applicazione di Macchine Agricole Idonee per la Gestione Sito Specifica, dati



Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali

presentati al convegno “Agricoltura di precisione: strumento innovativo per la gestione sostenibile dell’agricoltura del nuovo millennio”, 19 ottobre 2015 - EXPO, Milano.

- Sartori L., Marinello F., Pezzuolo A., Tarolli P. (in press) Lavorazioni variabili del terreno e semina a dose variabile, Pisante M. (curatore) Agricoltura di Precisione, Edagricole, Bologna.
- Schmerler J. E M. Basten, 1999. “Cost/benefit analysis of introducing site-specific management on a commercial farm”. In: “Precision Agriculture 99, The 2nd European Conference on Precision Agriculture”, 959-967.
- Scrinzi G., Clementel F, 2014. CASTADIVA: Un sistema software di supporto decisionale per la stima sintetica dei parametri dendrometrici di popolamento nella NPFAT. Copyright Provincia Autonoma di Trento. http://sito.entecra.it/portale/cra_manuali_dettaglio.php?id_manuale=14554&lingua=IT.
- Snyder C., J. Havlin, G. Kluitenberg e T. Schroeder, 1998. “Evaluating the economics of precision agriculture” In: “Proceeding of the 4th International Conference on Precision Agriculture”, Robert P.C., R.H. Rust and W.E. Larson (eds.), 1999. 19-22 July, St. Paul, Minnesota, USA.
- Tenni D., Rognoni G., Finzi A., Bergonzi C., Sacco D., Moretti B., Sgrelli S., Miniotti E., Beltarre G., Romani M. (2016). Concimazione di precisione con lecamere multispettrali. *Terra e Vita* 7, 16-18.
- The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and challenges- FAO, 2014 <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- Welsh J.P., Wood G.A., Godwin R.J., Taylor J.C., Earl R., Blackmore S., Knight S.M. (2003) Developing Strategies for Spatially Variable Nitrogen Application in Cereals, Part I: Winter Barley, *Biosystems Engineering* 84 (4), 481–494.