
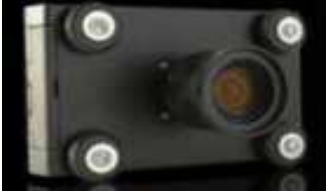



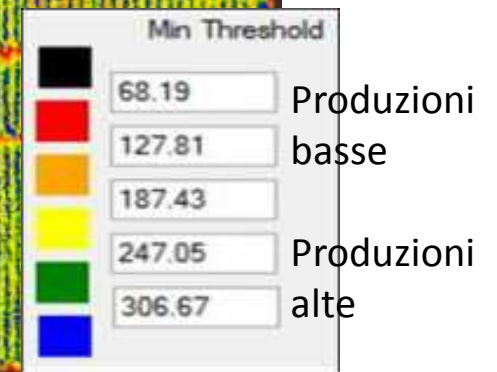
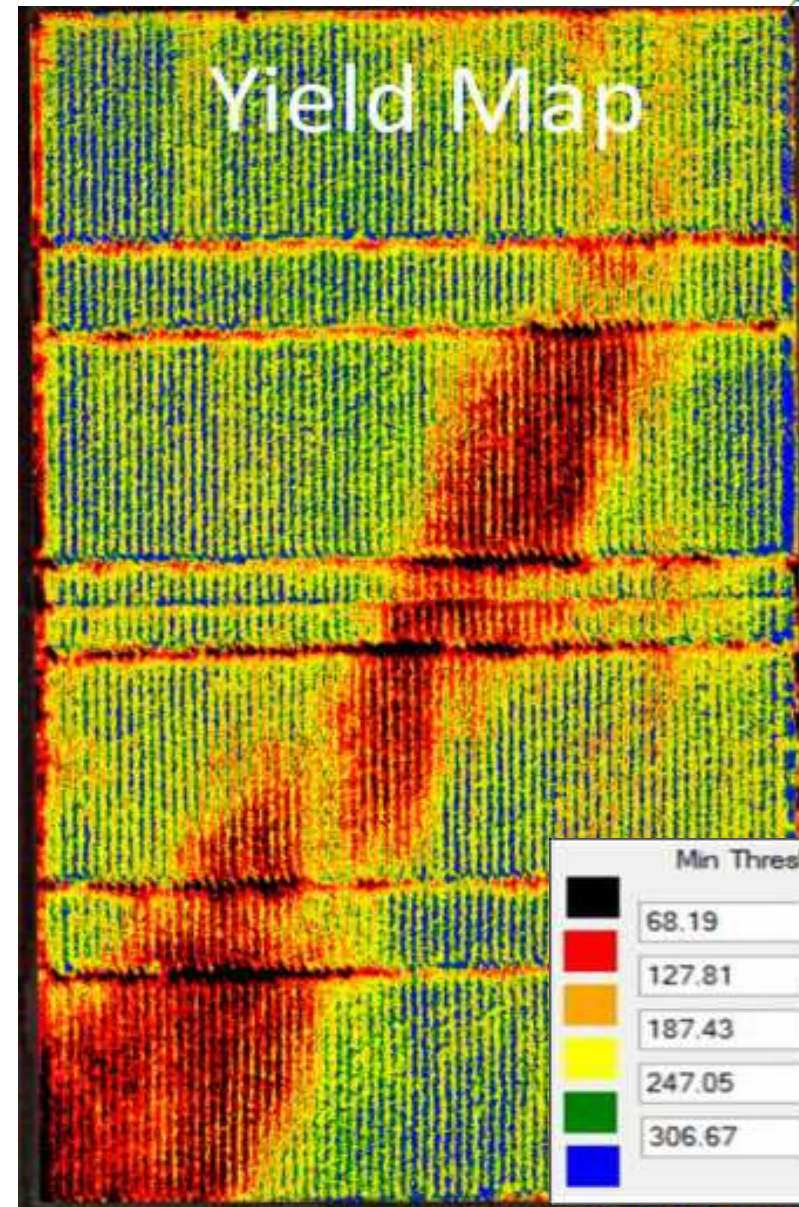


Quale sensore e per fare cosa?

Tipo di sensore	Banda spettrale	Applicazioni	Strumentazione + stabilizzatore
RGB	Red, Green, Blu 400 – 700 nm	Immagini nel campo del visibile (ortofoto, modelli 3D)	
NIR	Near Infra-Red 700 – 1500 nm	Agricole e forestali	
Multi o iperspettrale	Diverse bande	Telerilevamento, agricoltura di precisione	
Termico	Infrarosso 700 – 10 ⁶ nm	Agricoltura di precisione	
LIDAR	Light Detection And Ranging Diverse bande	Telerilevamento, forestali e agricole	

Fonte: Pinto e Sona, 2015

Esempi di applicazioni: mappe di produzione su mais



Esempi di applicazioni: stress idrico e immagini termiche



Immagine nel campo del visibile

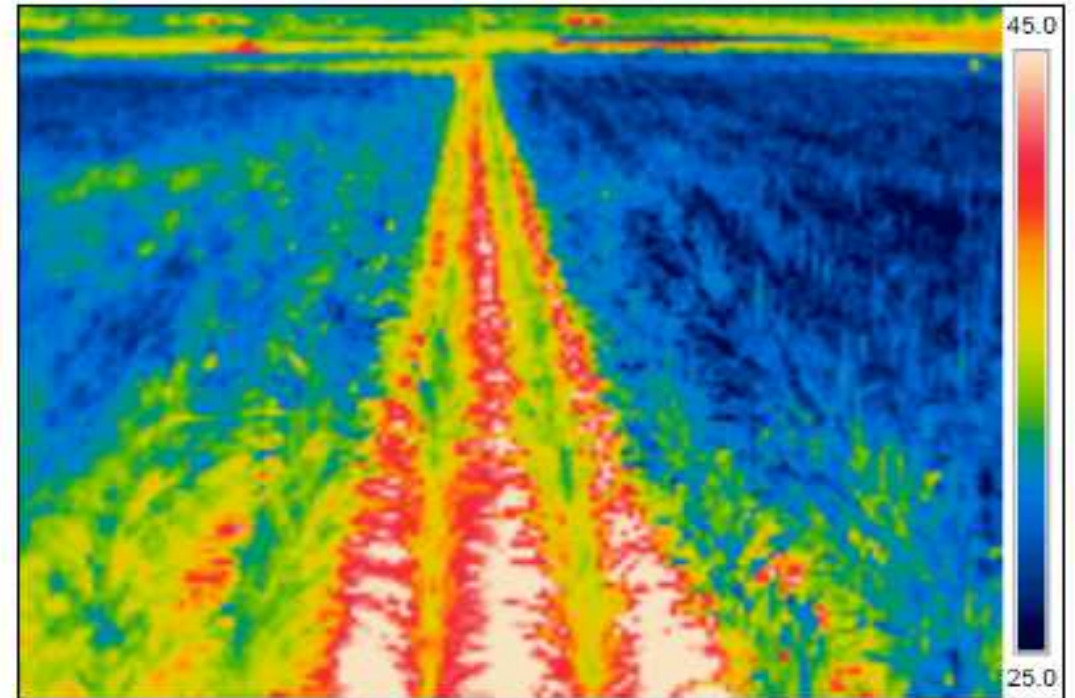


Immagine termica

Fonte: Taghvaeian et al., 2013

Esempi di applicazioni: feedback dopo diserbo



Fonte: Price, 2013

Esempi di applicazioni: sviluppo colturale



Fonte: SpectroFly, 2015

Esempi di applicazioni: aree non facilmente accessibili



Valutazione di danni in aree non facilmente accessibili

Fonte: Marinello e Sartori, 2016

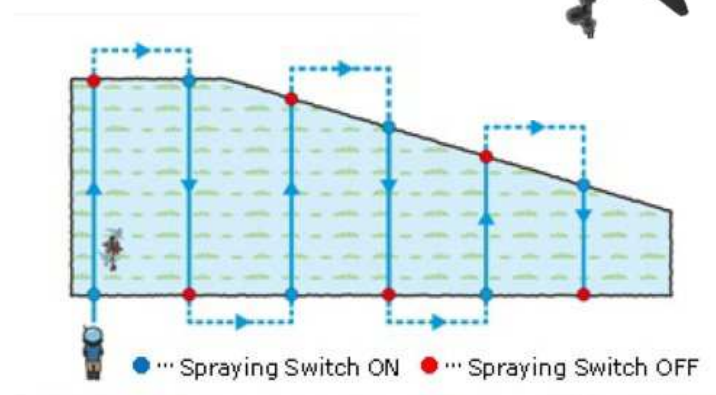
Distribuzione di precisione in aree non facilmente accessibili



Attualmente l'unica soluzione sono i distributori portatili a spalla



Caratteristiche: 10 kg di portata
1.0 -1.5 ha autonomia per ogni volo



FutureFarming, 2018

Applicazione diretta di fertilizzanti



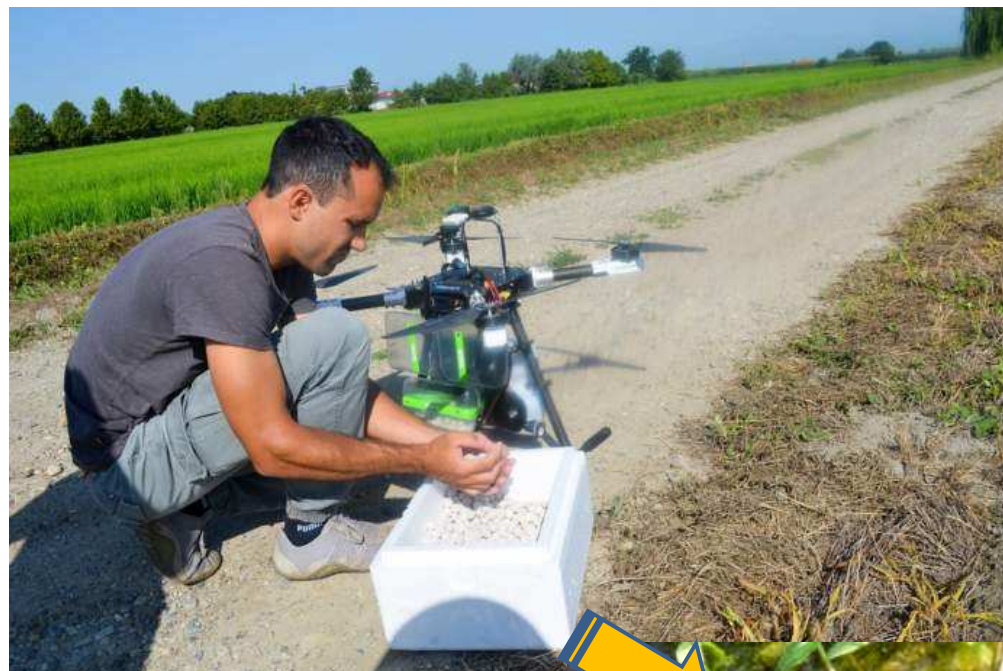
Rotore
singolo

Caratteristiche: 8 rotori, 80 kg peso, 4 m diametro, 30 kg portata (ca.)
40 min autonomia per ogni volo, 20 min tempo di ricarica




Fonte: Rauch, 2017

Esempi di applicazioni: agricoltura biologica

Capsule di cellulosa contenenti predatori di fitofagi (es. *Bacillus thuringiensis* spp., *Trichogramma brassicae*, *Phytoseiulus persimilis*, ecc.)



In futuro anche polline?

Piattaforma	Costo (€/ha)	Risoluzione spaziale (m)	Risoluzione temporale (gg)	Risoluzione spettrale	Risoluzione radiometrica
	Gratis ~ 0,01 ~ 0,3	10-20 5 2	1-30 (dipende dalle nuvole) + elaborazione ~ 1-10	4-10 bande ampiezza 15-70 nm	*
	~ 60 ~ 70-120	0,05-0,15	A richiesta + elaborazione ~ 2-7	2-4 bande ampiezza 50-200 nm	**
	~ 4-15	0,5-5	A richiesta, dati immediati	2-4 bande ampiezza 3-20 nm	***

Interferenze ambientali sui sensori: l'importanza della taratura



Fonte: Jensen 2014

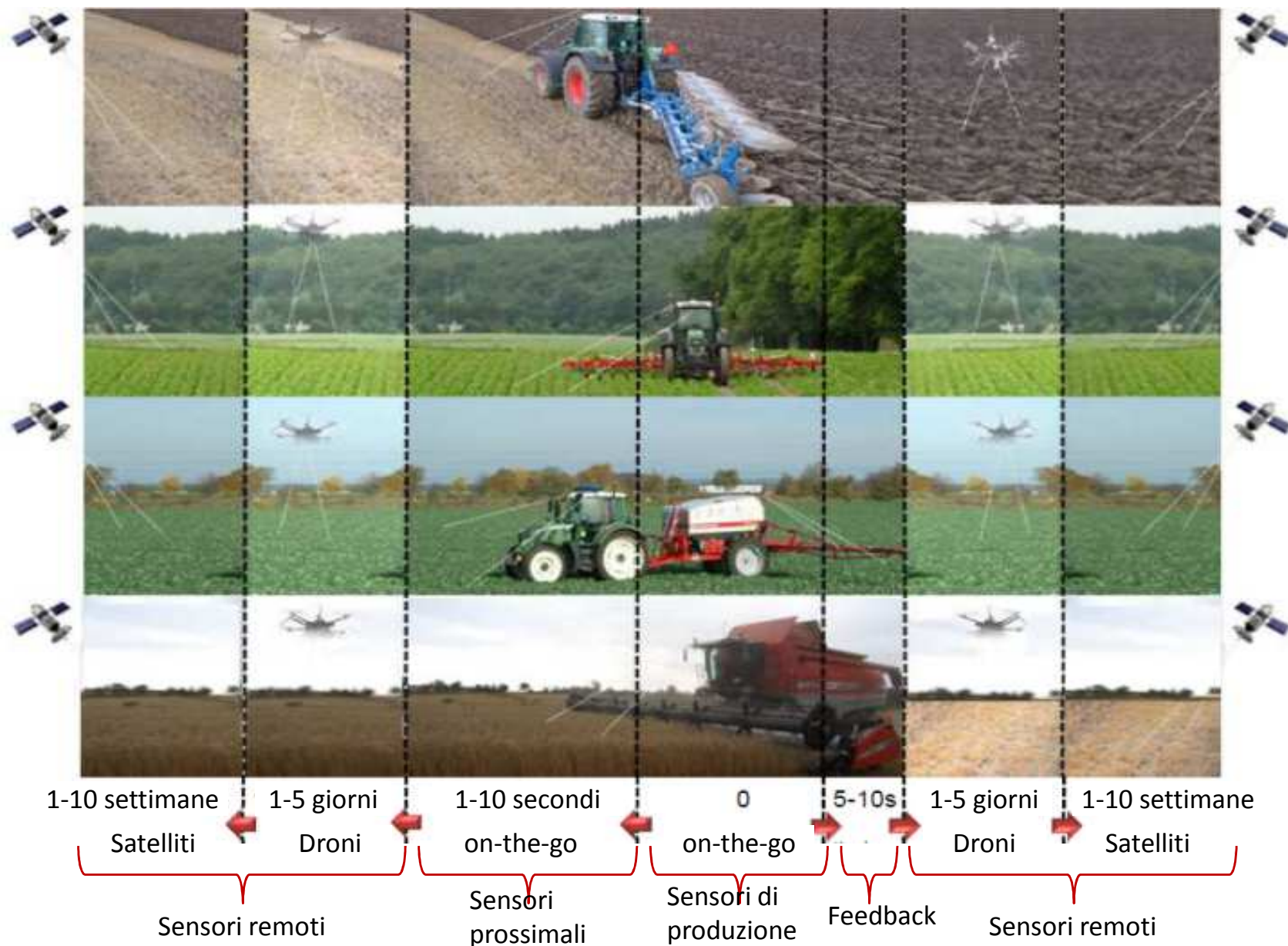
Esempi di epoche di sorvolo e integrazione dati

Lavorazioni e semina

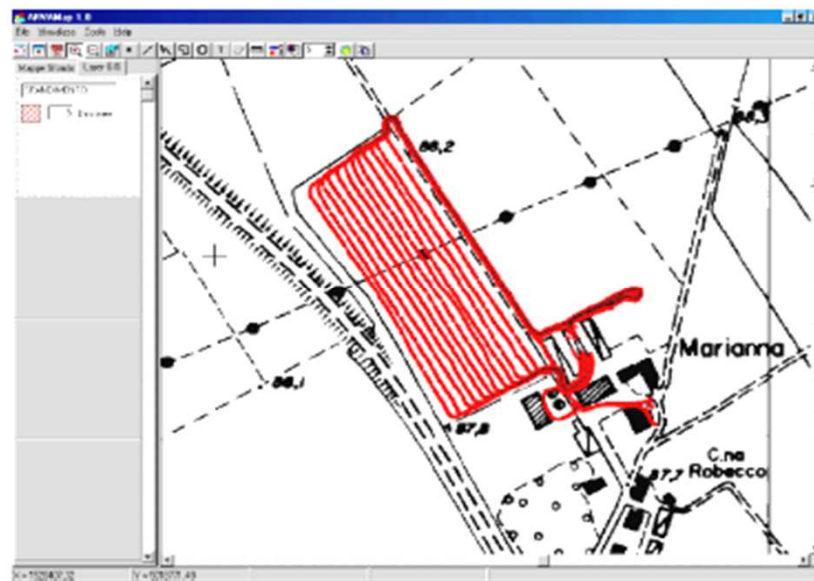
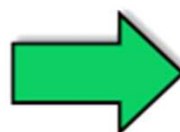
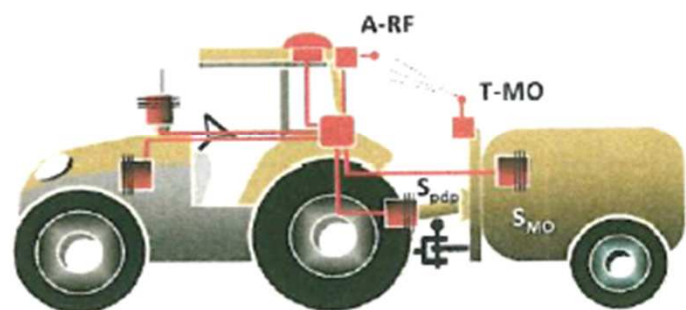
Trattamenti fitosanitari/diserbo

Fertilizzazione

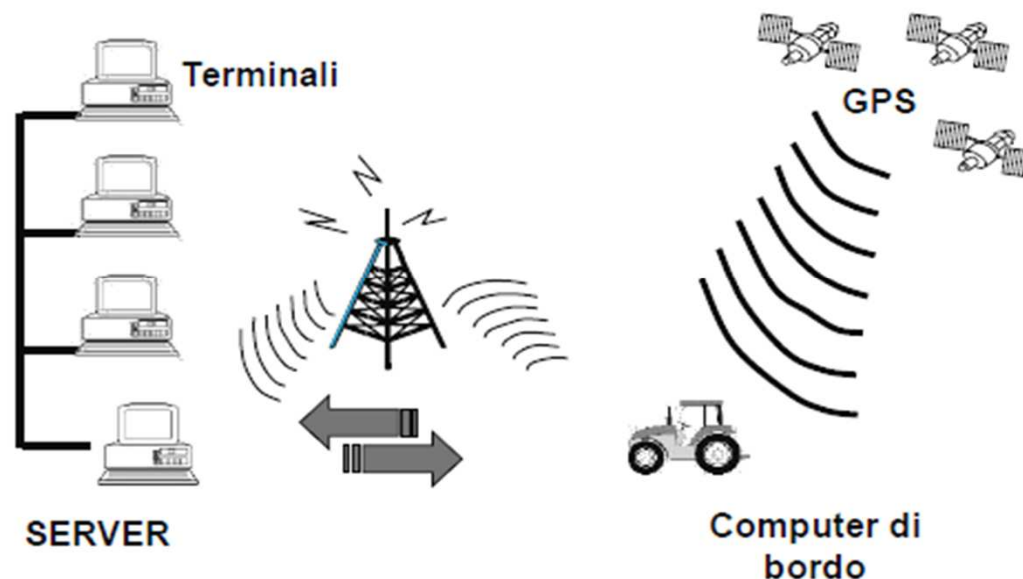
Raccolta

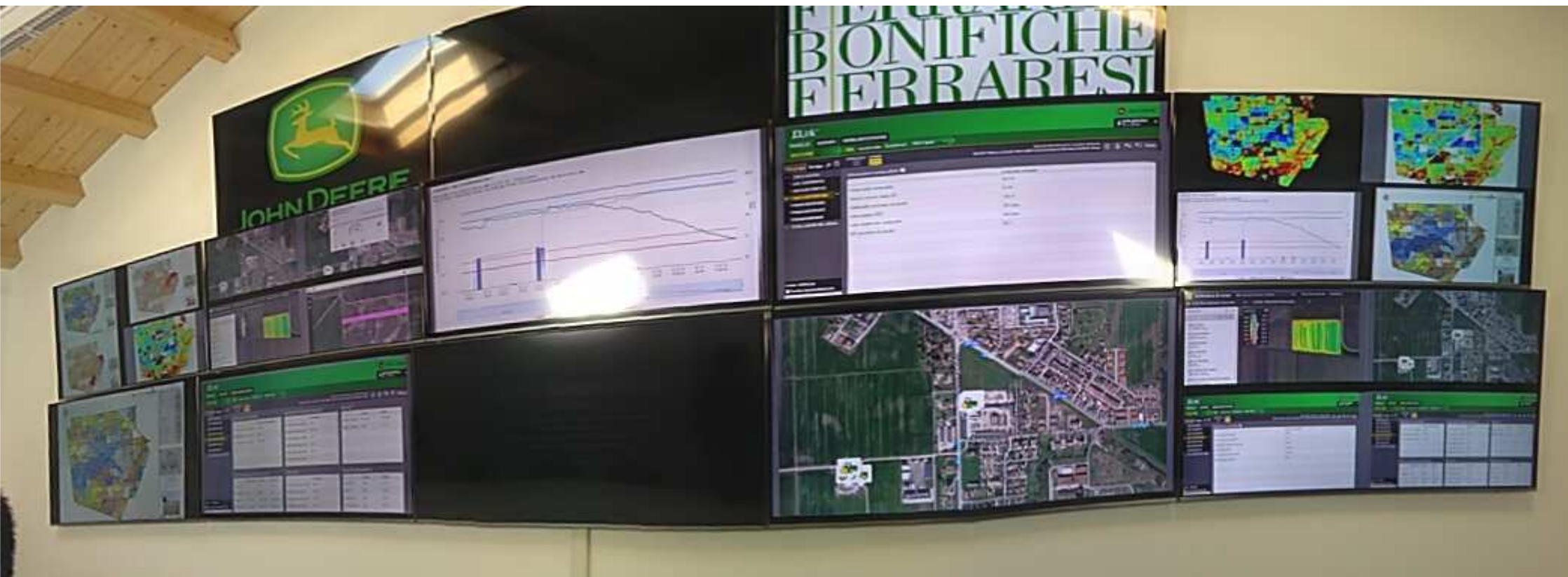


Fonte: Christensen, 2015

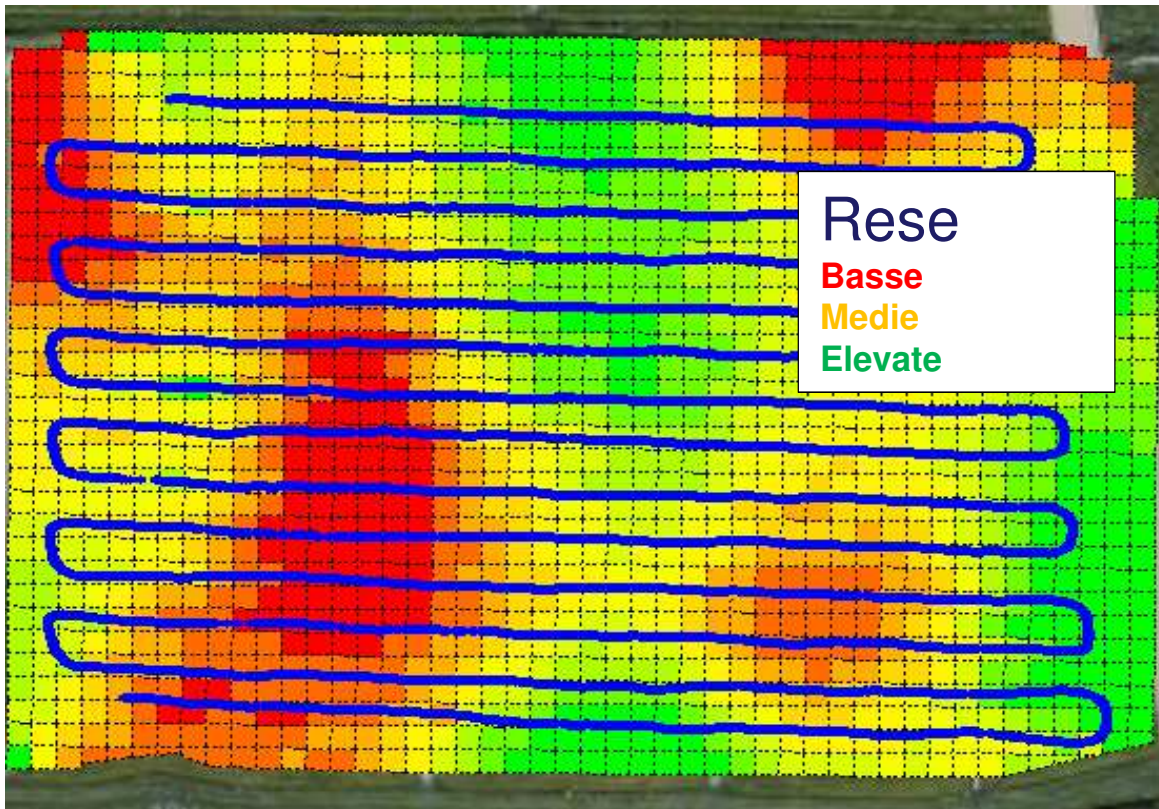


- Sistemi di telemetria
- Gestione flotte
- Quaderno di campagna
- PUA
- Verifiche SAU





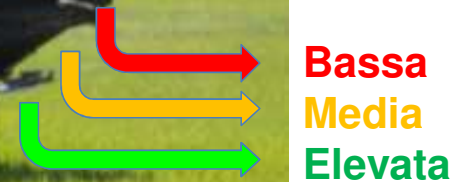
Esempio di un'azienda agricola di 5.500 ha



Mappa di prescrizione

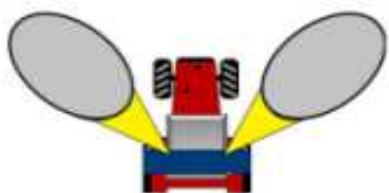
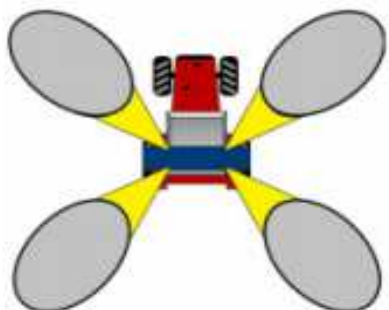


Dosi



Trattamenti specifici riducendo costi, sprechi e impatto ambientale

Applicazioni a dosi variabili a controllo diretto



Yara N-sensor



Topcon CropSpec



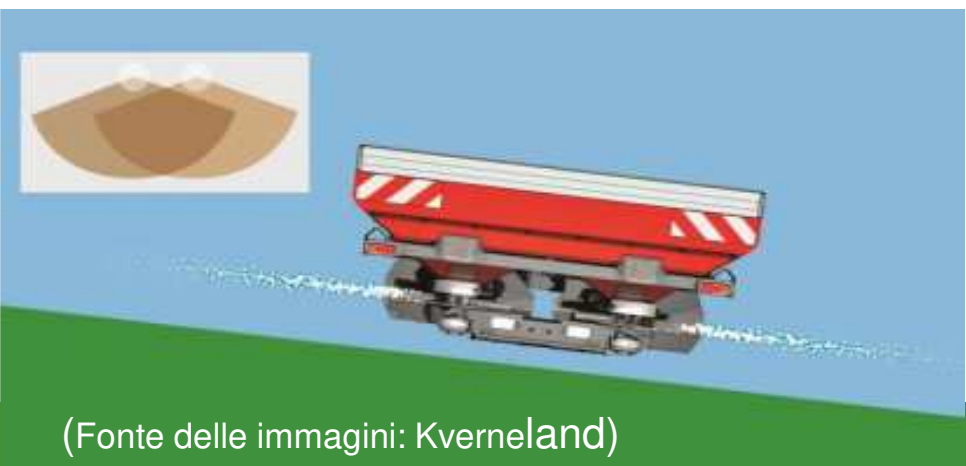
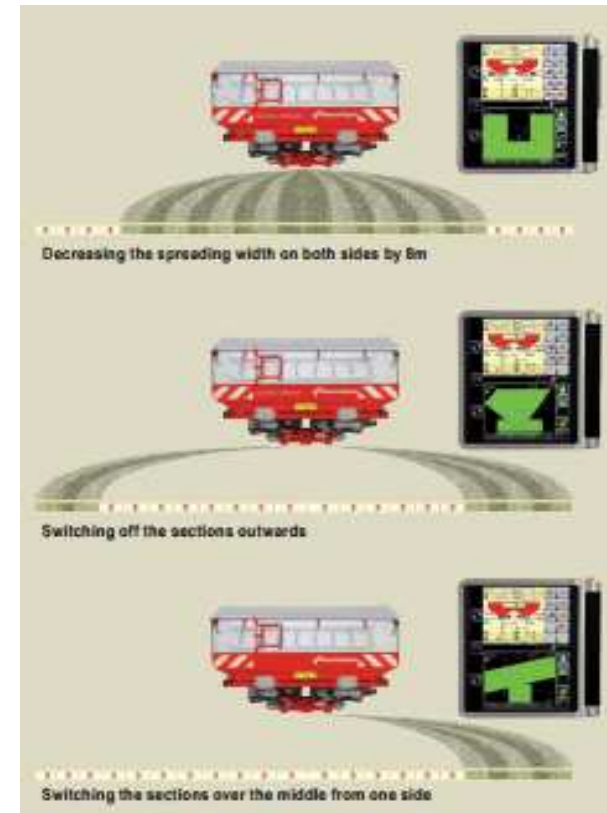
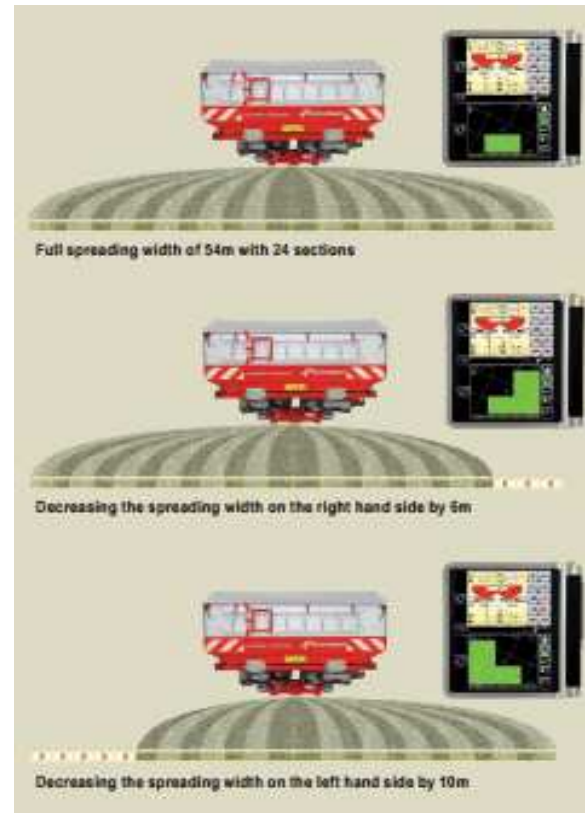
Trimble GreenSeeker

**Trattamenti specifici
riducendo costi,
sprechi e impatto ambientale**

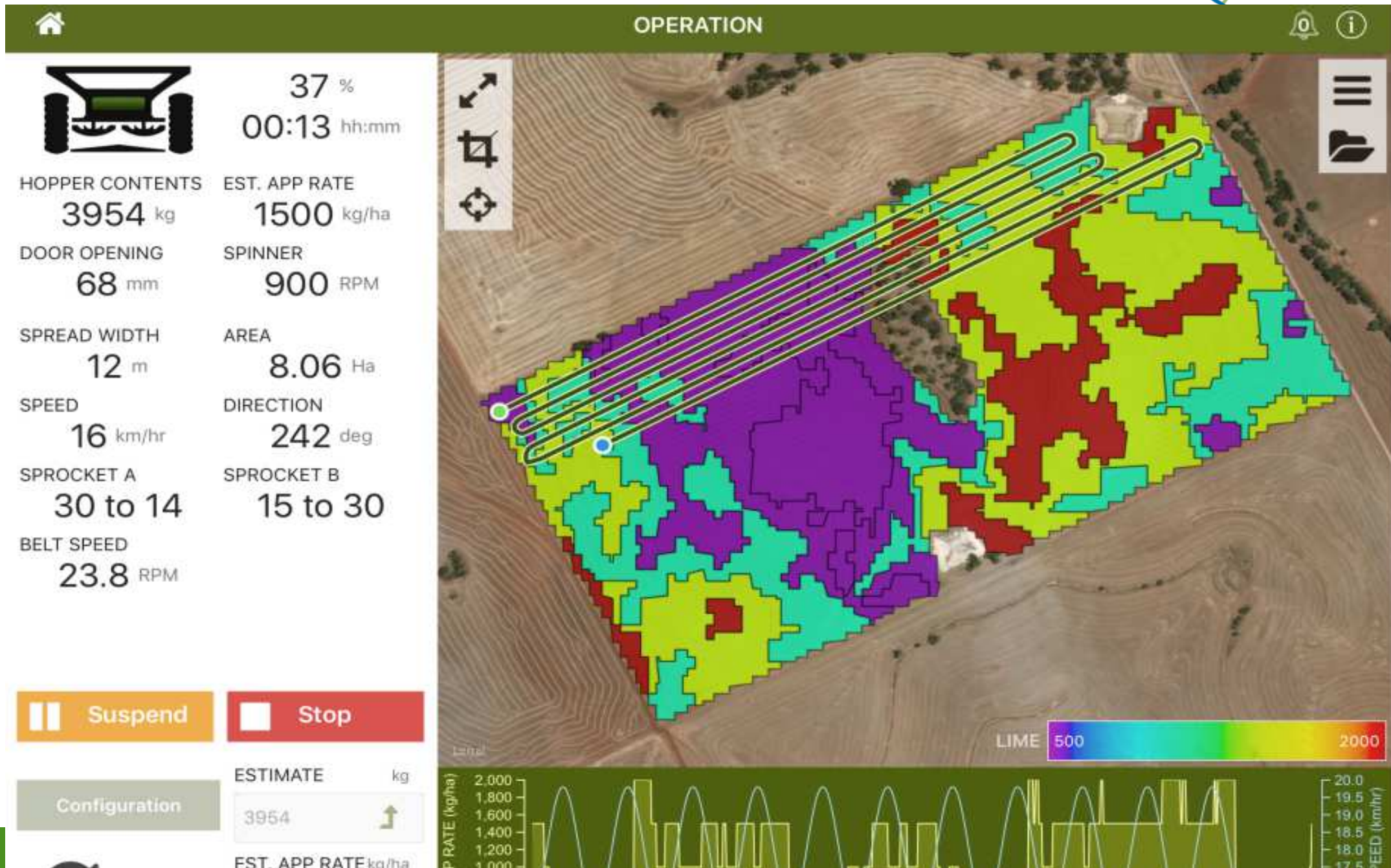


Esempio di macchine a rateo variabile: gli spandiconcime centrifughi

- Macchine di larghissima diffusione
- Fondamentali le caratteristiche balistiche dei fertilizzanti (forma, massa volumica) nel determinare la larghezza di distribuzione e, quindi, la taratura del sistema
- Introdotti notevoli innovazioni per variare lo schema di distribuzione
- Gestione ISOBUS (SC, TC, TC-SC, TC-GEO)

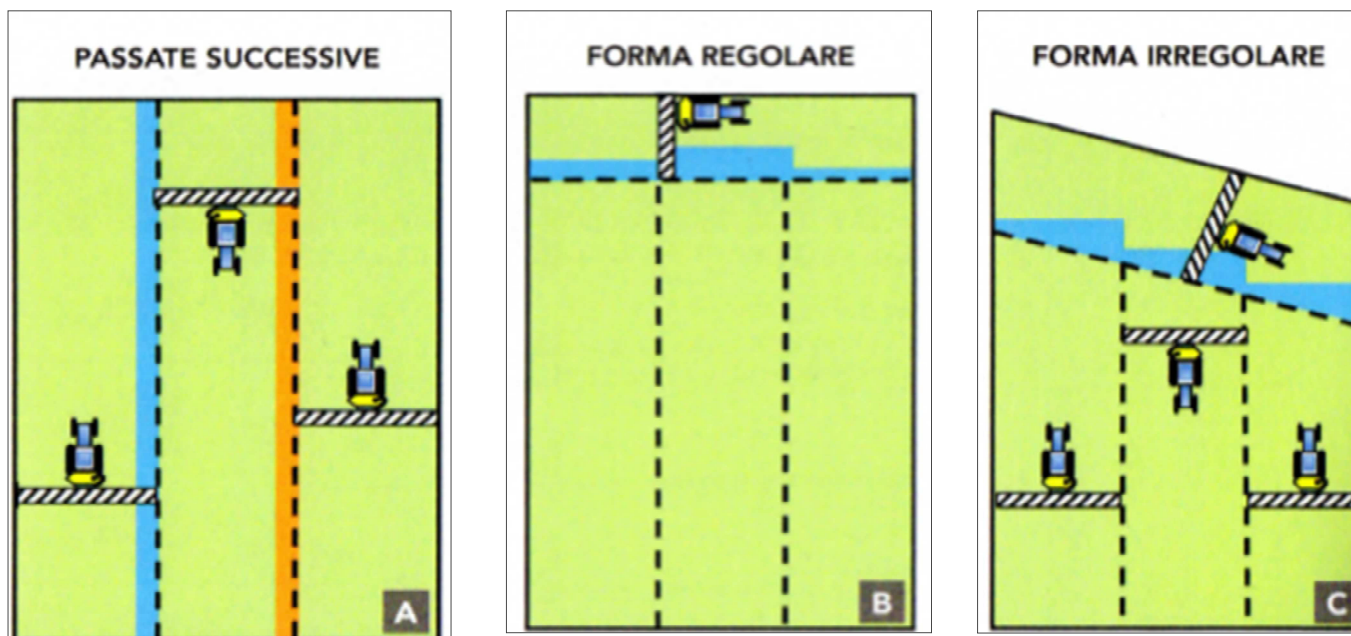


Esempio di interfaccia uomo-macchina

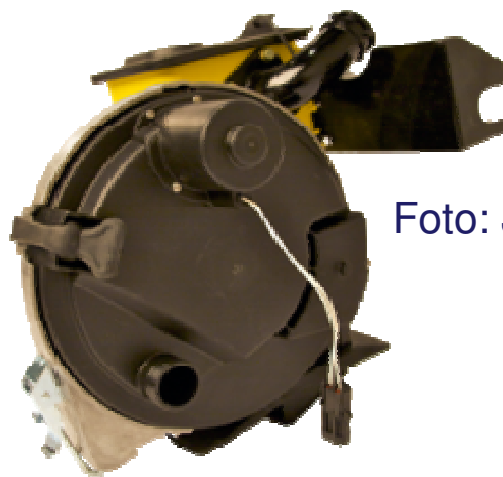
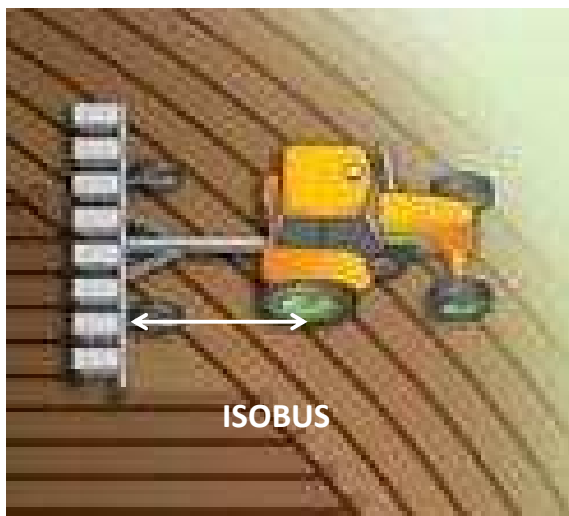


Situazioni possibili

- Forme irregolari degli appezzamenti
- Bordi inclinati
- Sovrapposizioni tra passate successive
- Sovrapposizioni in testata



Semina a sezioni variabili

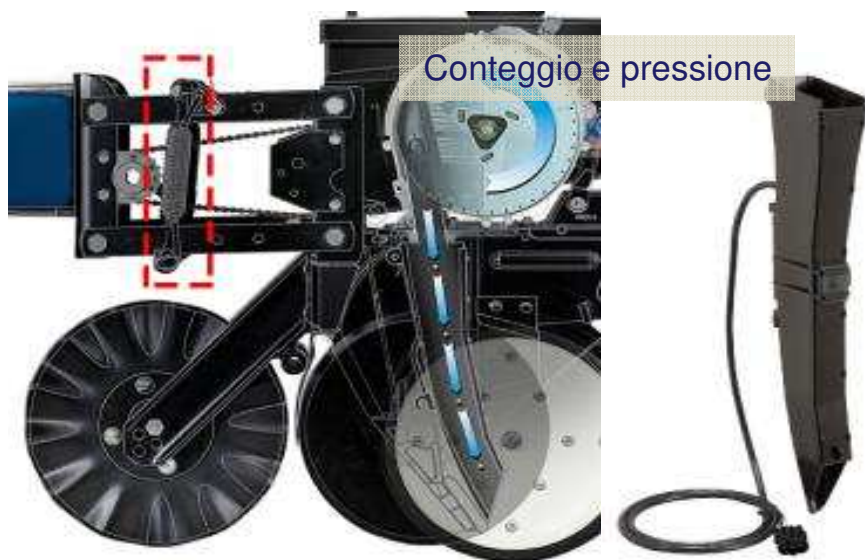


Pneumatici
Foto: John Deere

Elettrici
Foto: AgLeader



Diffusione di attuatori specifici

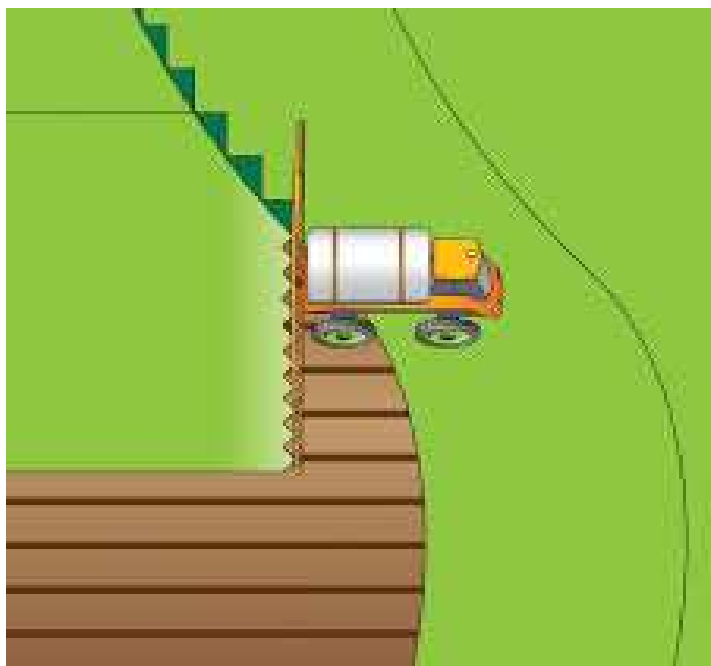


Fonte delle immagini: Kinze

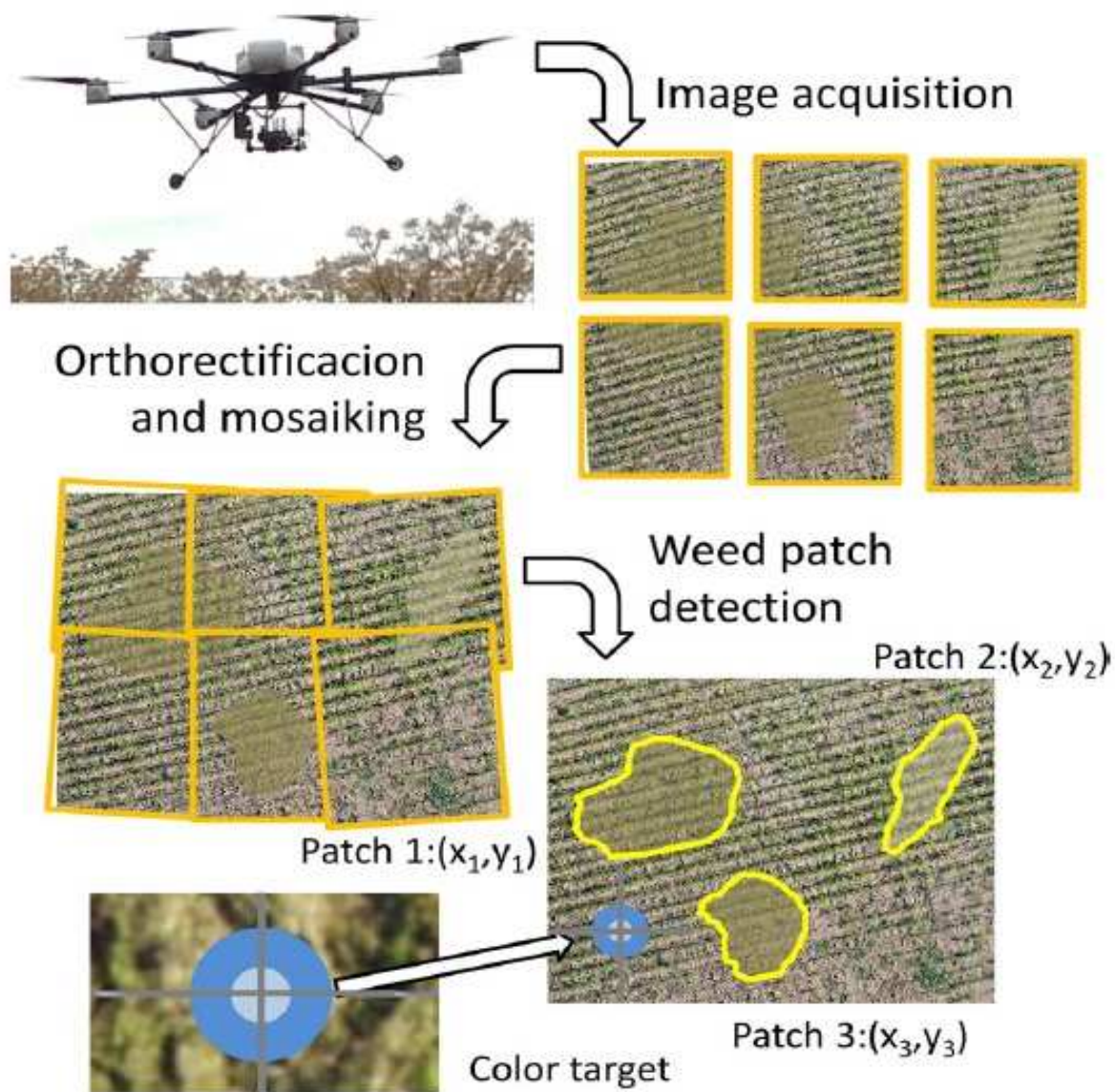


Trattamenti con barre a sezioni variabili

- Distribuzione **proporzionale** alla velocità di avanzamento.
- Controllo automatico delle **sezioni** (elettrovalvole, ISOBUS TC).
- Controllo **altezza** e **parallelismo** barra.
- Controllo degli **ugelli**

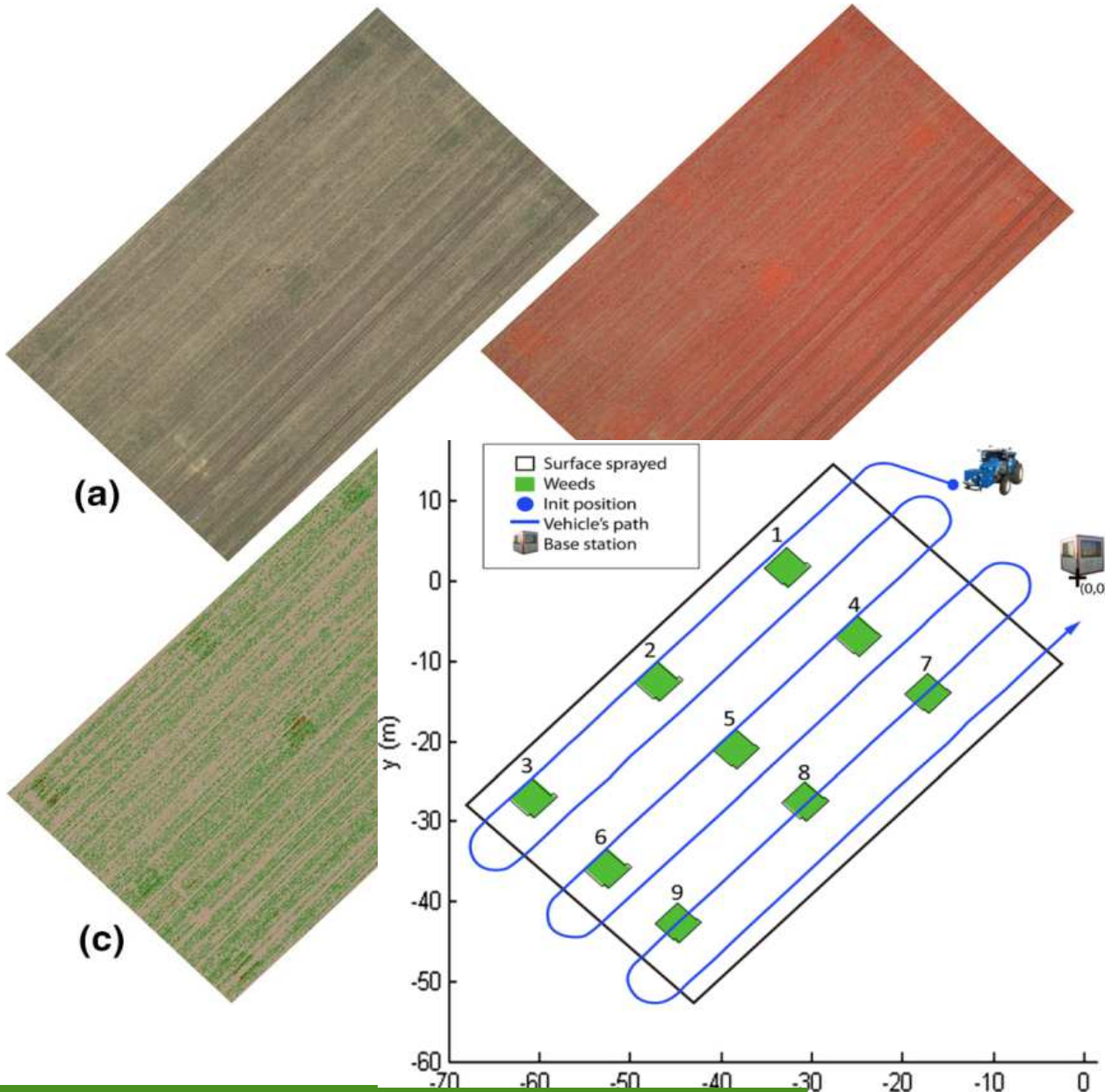


Esempi di applicazioni: mappatura malerbe



Fonte: Gonzalez-de-Santos et al., 2016

Mappe di prescrizione per trattamenti “spot”



- a) RGB image of the crop
- b) NIR image of the crop
- c) Weeds map (crop in green, soil in brown, weed in red)
- d) Prescription map (0,5 x 0,5 m) for spot sprayers

Fonte: Gonzalez-de-Santos et al., 2016

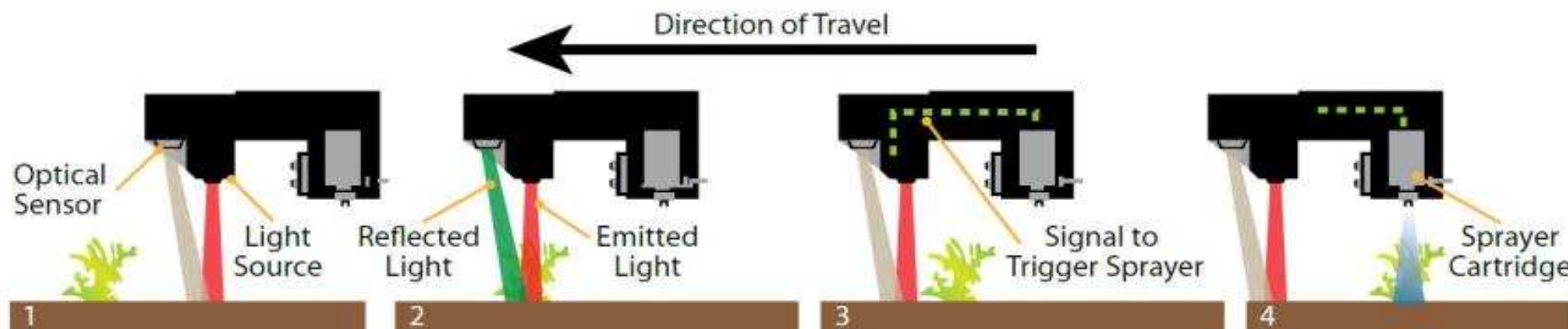
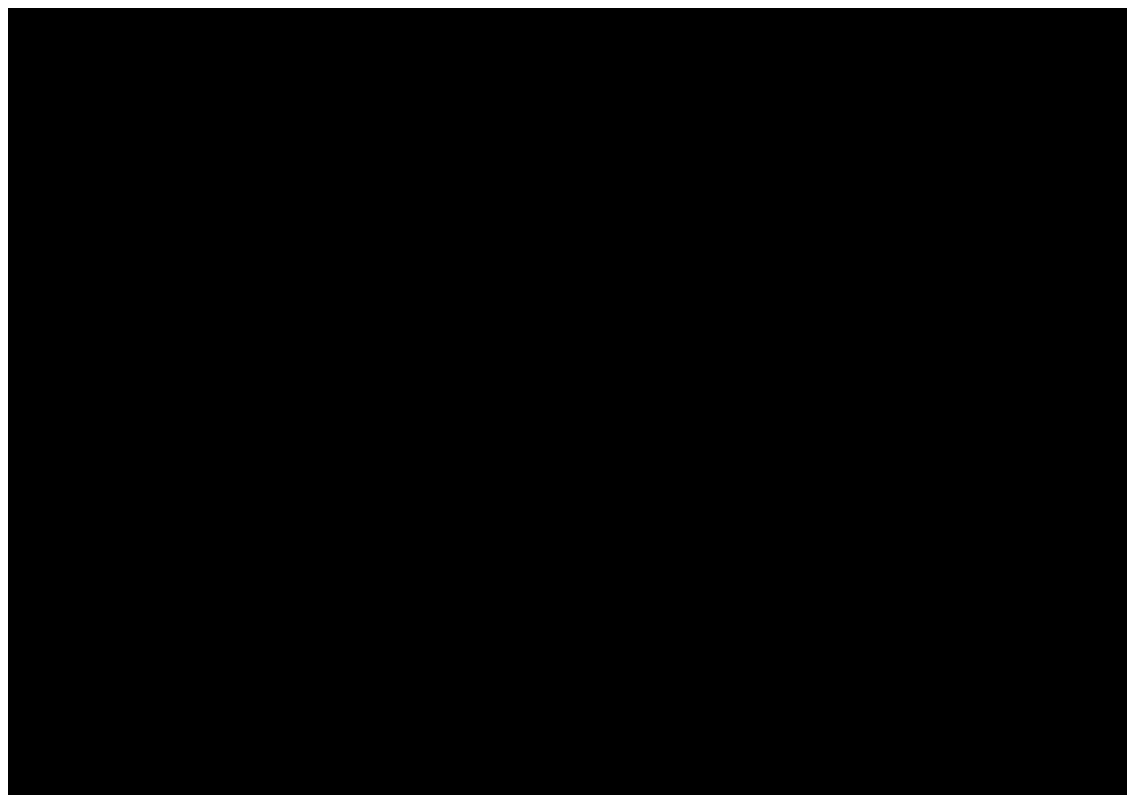
Un caso estremo di barra a sezioni variabili: i trattamenti mirati (spot spraying)



(Fonte dell'immagine: Trimble agriculture)

- Il sistema adotta un sensore NIR per ogni ugello per individuare la presenza di infestanti
- Utilizza idraulica, pompe e serbatoi standard potendo essere installato anche su barre esistenti
- Può operare fino a 16 km/h

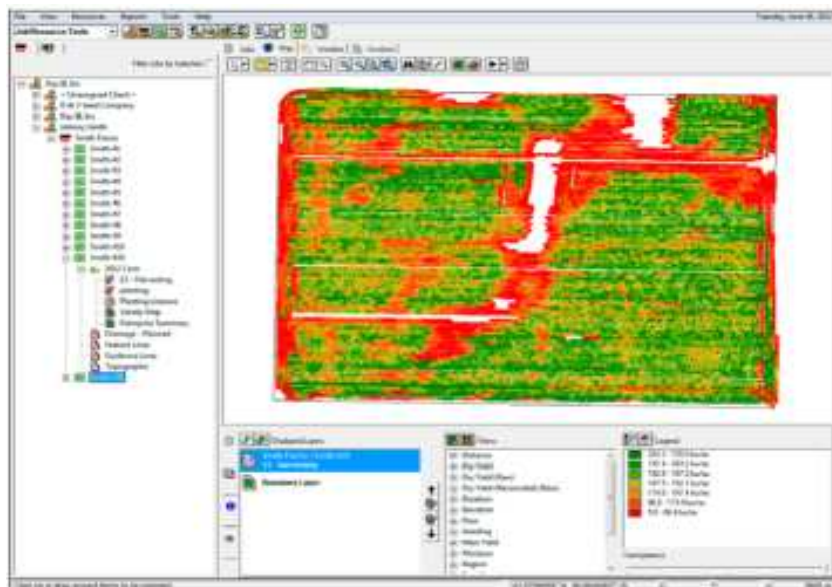
Principio di funzionamento



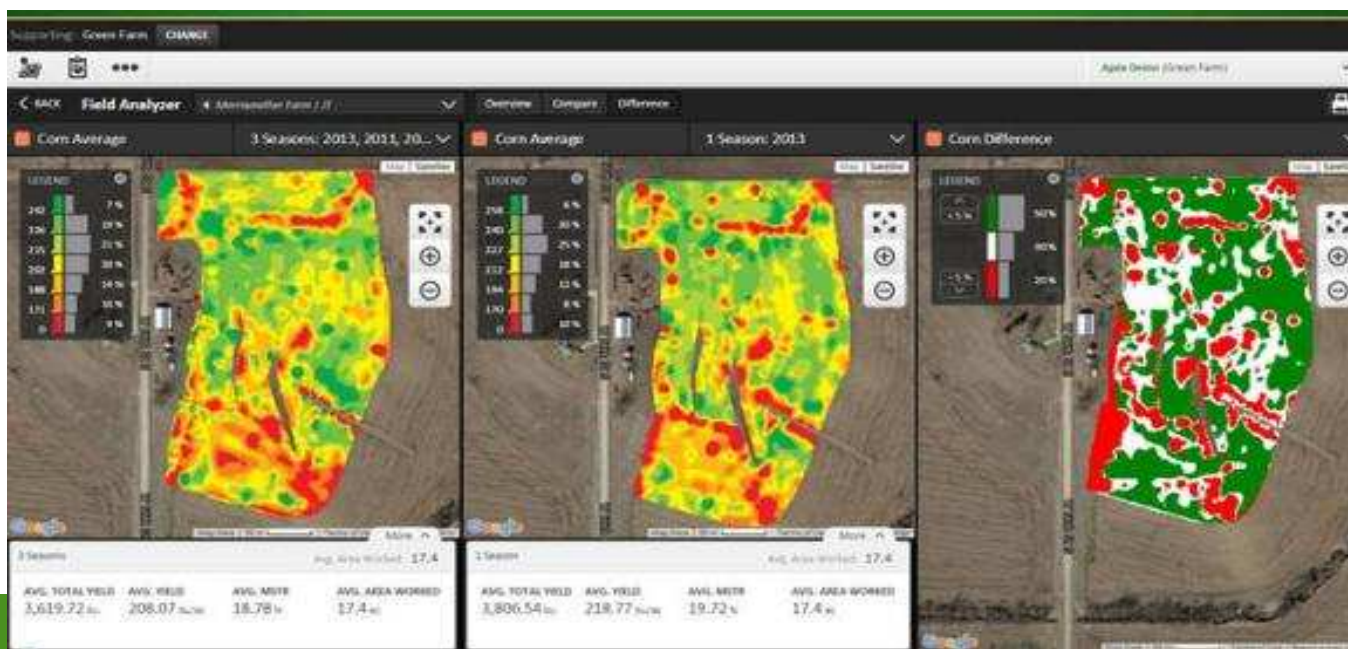
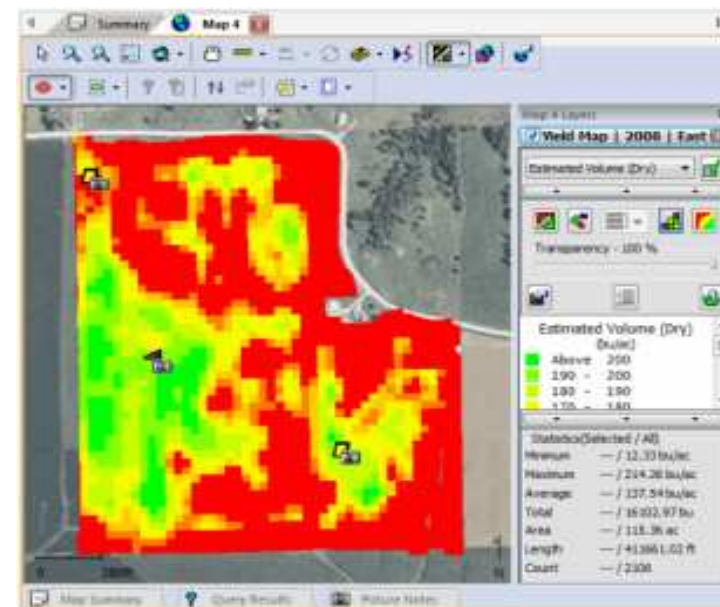
(Fonte dell'immagine: WeedSeeker)

Sistemi di supporto alle decisioni (SSD)

Trimble Farmworks®



Ag Leader SMS®



John Deere Operation Center®

Rappresentano la vera sfida dell'immediato futuro: usare i dati generati dalle macchine e dai sensori per fornire suggerimenti gestionali (meteo, mercati, trattamenti, ecc.)

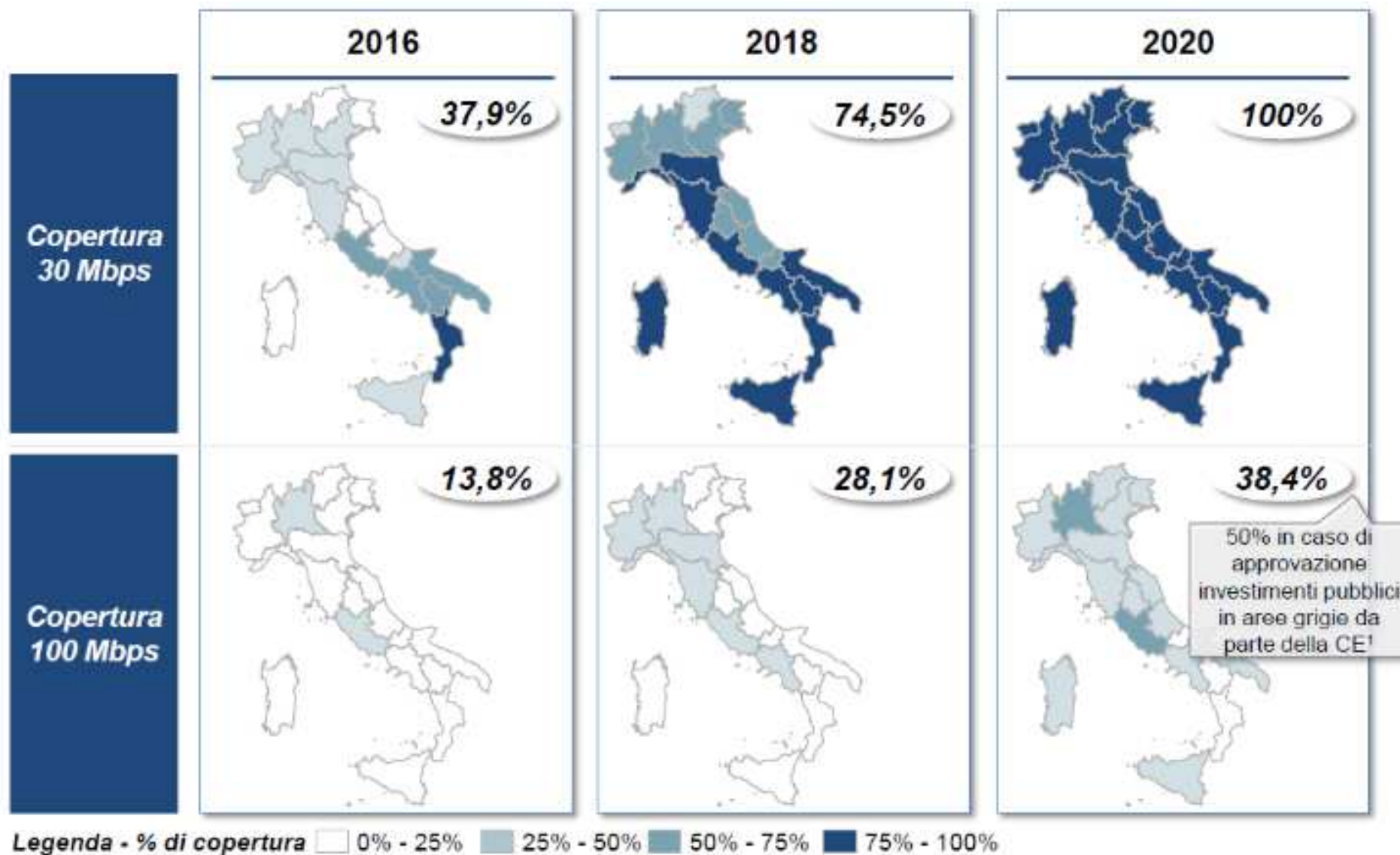
Lo sviluppo dell'automazione



- Texture plus grossière, plus riche en matière organique
- Texture fine, riche en matière organique
- Texture plus grossière moins riche en matière organique
- Texture fine, moins riche en matière organique
- Sol médian



Connettività ed inter-operabilità: il Piano Banda Ultra Larga



Fonte: Piano Banda Ultralarga MISE, Infratel, (2016)

E ... se internet non c'è?



Ponte radio wifi



Fibra ... autoposata



Via satellite: una soluzione costosa in assenza di alternative

IN EUROPA

- **Auto-guida e VRT** considerate le tecnologie principali per generare entrate.
- Stima di penetrazione dei **GNSS** sui trattori **dal 7,5%** del 2010 **al 35%** nel 2020;
- Prevista **riduzione dei prezzi**, i GNSS/attrezzature e servizi RTK >

IN ITALIA

Mappatura delle produzioni

Mietitrebbie con mappatura = 10% sup cerealicola e falciatrinciacaricatrici sensorizzate (resa, qualità e umidità)

Sistemi di guida GNSS

Settore più avanzato: kit guida 7-8% trattori after-market, guida semi e automatica 1% trattori nuovi

ISOBUS

Lievi incrementi per «scarsa» competenza: solo 10% trattori alta potenza, 3-5% attrezzature

Controllo automatico attrezzature

Controllo sezioni 6% after-market, 4-5% nuove; spandiconcime di precisione 10% nuovi

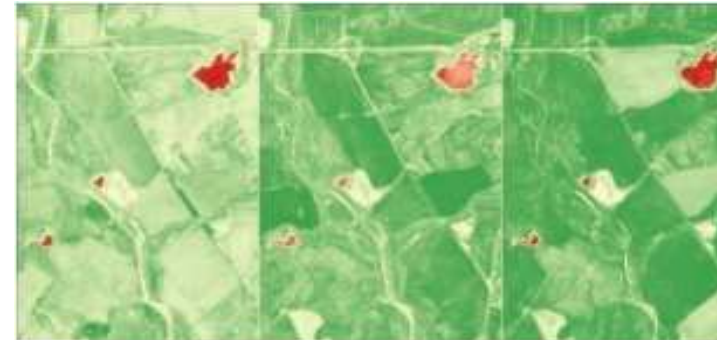
VRT

Distribuzione dose variabile con mappe prescrizione 200 aziende in tot



Fonte: Sartori, 2016

Nuovi servizi digitali in e per l'azienda



- **Fornitura di mappe** (vegetazione e terreno)
 - 6.000 ha su suolo (ARP e EM)
 - 5.000 ha per momento irriguo
 - vegetazione (NDVI, droni)
- **Immagini satellitari**
- **Gestione delle flotte** (soprattutto contoterzisti)
- **Gestione dato e consulenza agronomica**
- **Agro App** sistemi smart di supporto informativo e decisionale (meteo, prezzi, leggi e documentazione) su mobile device
- **Sistemi Supporto alle Decisioni** - modellistica predittiva

Sartori, 2016

Volume d'affari previsto in futuro superiore a quello dei sistemi di guida

Aspetti critici: informatizzazione agricola



- Aziende agricole informatizzate: 70.000 (4%) (Istat, 2012)
- Aziende che navigano frequentemente sul web: 21.000 (1,2%)
- Età mediana degli imprenditori agricoli: fra i 55 e i 59 anni
- Redditi dichiarati dalle aziende (Istat, 2010):
- 81% meno di 25.000 €/anno
- 6% superiore a 100.000 €/anno

Pochi imprenditori agricoli dispongono delle competenze e risorse necessarie per gestire cambiamenti così dirompenti

Digital divide

Accesso giornaliero a internet
popolazione italiana

Fonte: Audiweb database 2015

Sartori, 2016

25-34 anni



55-74 anni



7 italiani su 10
posseggono uno
smartphone



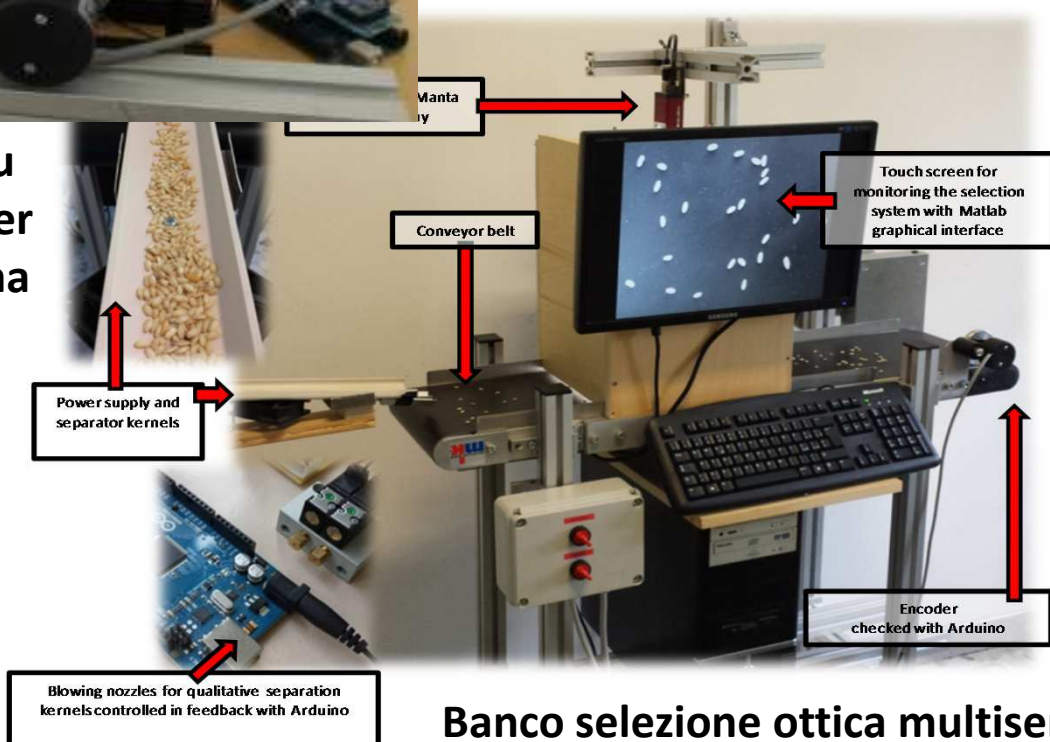
il codice sorgente o lo schema hardware è libero e disponibile per eventuali sviluppatori

3D printing



- costi componenti bassi
- costi sviluppo: adattabili
- affidabilità: variabile
- molto utile in R&S

Microlidar su semovente per misura chioma vigneto



Banco selezione ottica multisensore

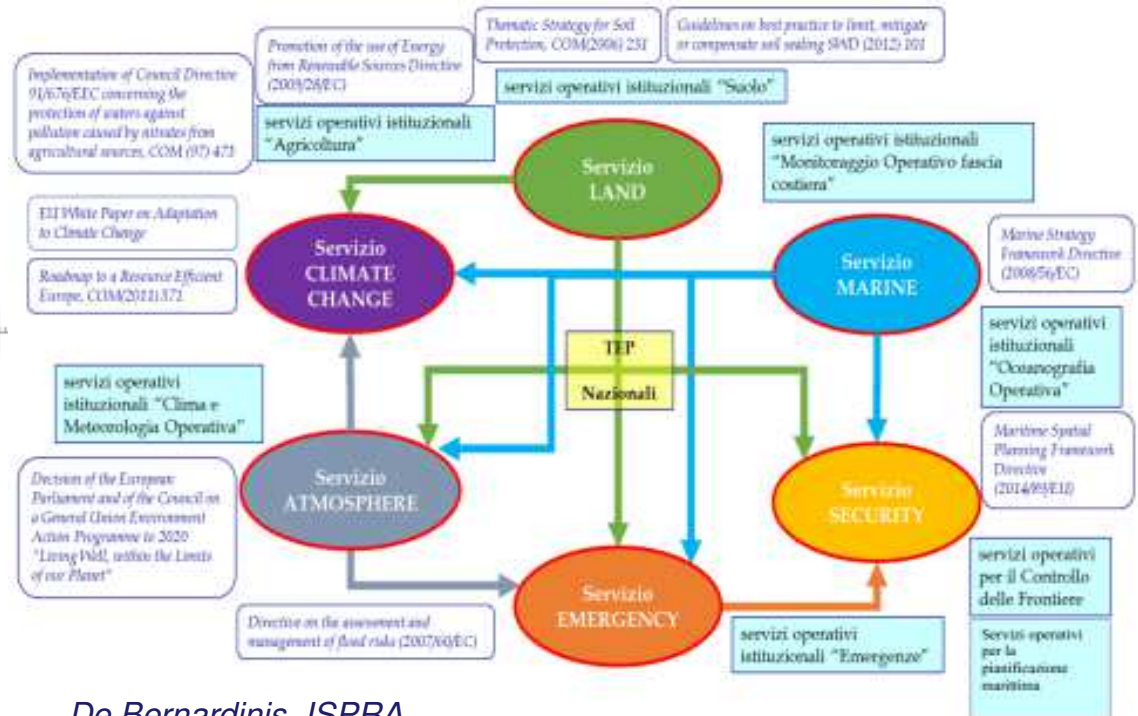
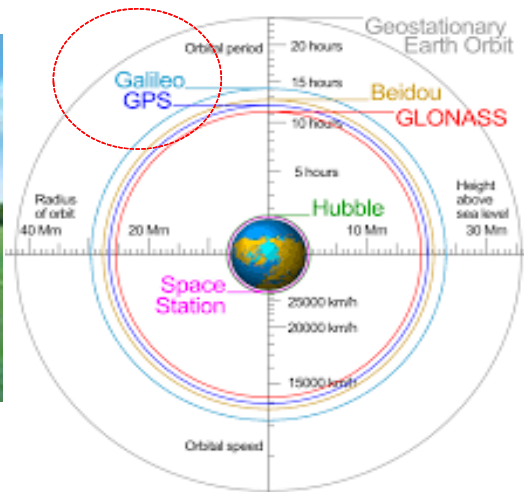
Letture RfID per smartphone



Satelliti Sentinel → satellite imagery

GNSS

Un fatturato da 1,6 miliardi di euro, oltre 6mila addetti e fino a 5 euro generati da ogni singolo euro di investimento in orbita (ASI, 2016) - investimento pubblico 350 M >1,1Mld



De Bernardinis, ISPRA

Costi telerilevamento per agricoltura:

- satellite: 0.01 - 3 €/ha
- drone: 60 - 120 €/ha



Sistemi di visione artificiale: esempio di driver tecnologico



field



harvest

- visione oculare = 70% delle percezioni che l'uomo riceve dal mondo esterno
- visione artificiale = sistema multiparametrico sensoriale di grande potenzialità in tutta la filiera (macchine, sistemi monitoraggio, ecc)
- *acquisizione (cromatica, spettrale), elaborazione, analisi, feedback*



postharvest plant

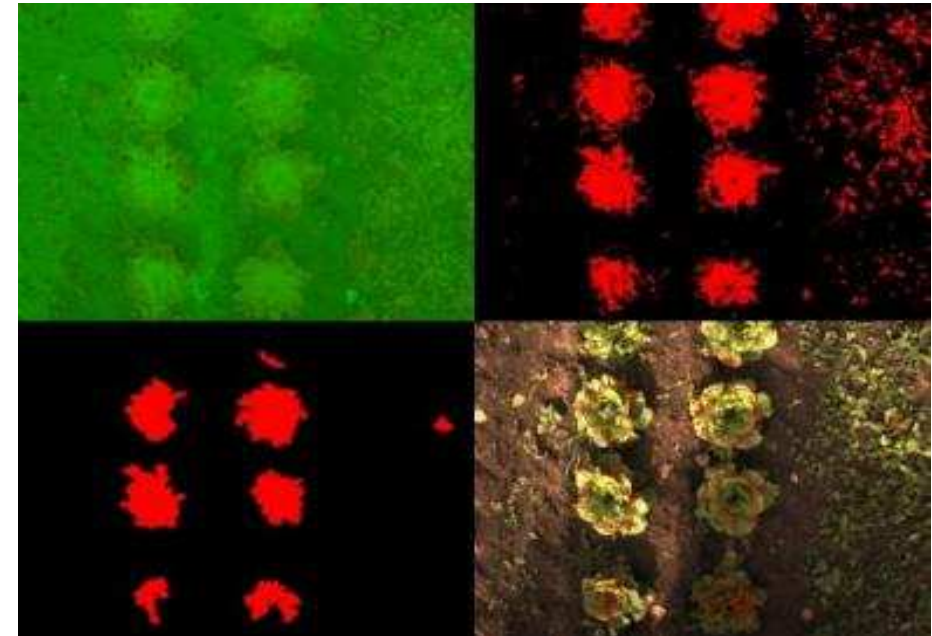


on the market



lab

Kit retrofit optoelettronico per controllo infestanti



Sistema retrofit a basso costo per applicazione di imaging in grado di discriminare le piante coltivate dalle infestanti e dal terreno, indipendentemente dalla loro dimensione/colore e senza intervenire sulle condizioni illuminotecniche
Max 3 km/h

Progetto Enama - Roter Italia S.r.l.

- *correzione illuminazione per maggiore uniformità*
- *filtraggio a passa banda per noise reduction*
- *elab. immagini per selezione per dimensione area e eventualmente fattore forma*
- *algoritmo di identificazione addestrabile*
- *elevata adattabilità selettiva a colture/piante di colore/morfologia/condizioni diverse*

Virtual & Augmented reality



Virtual reality (VR) - realtà virtuale

Sistema hardware e software che ricrea un mondo completamente virtuale in 3D

Es. Simulatori guida agricoltura precisione

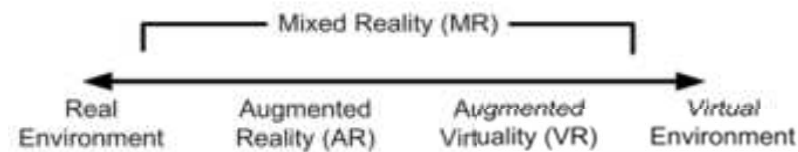
Augmented reality (AR) – realtà aumentata

Il sistema hardware e software che crea un ambiente 3D integrato a quello reale sovrapponendo elementi informativi (es. suoni, immagini, dati, posizione)

Es. Manutenzione da remoto



Source: Milgram and Kishino (1994)



Oculus Rift



Microsoft Hololens



Sensors:
RGB
Laser
Gyroscope
ecc.

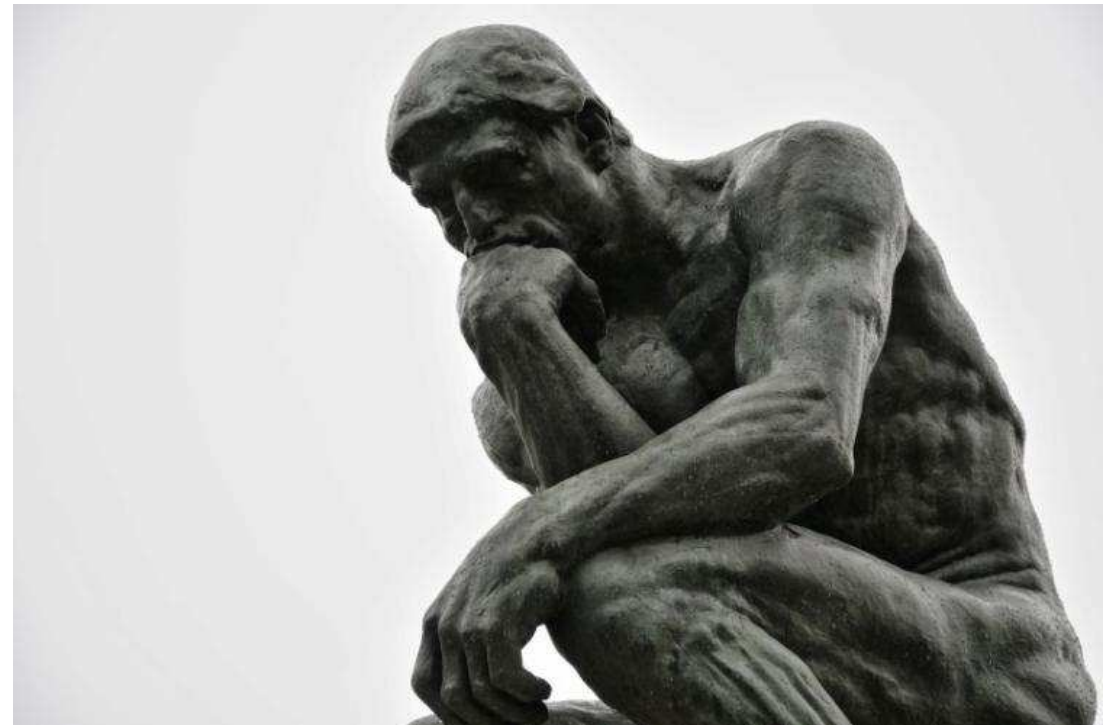
Two of the major technologies available



"Vi è ancora molto da fare, ma per costruire un futuro più certo è necessario aprire la mente all'innovazione non dando per scontata una scelta solo perché la stessa ci giunge dal passato"

L. Benvenuti, *Stimolare l'innovazione*, Editoriale, *Macchine agricole*, marzo 2017

- Nuovi prodotti
- Nuovo valore aggiunto
- Nuovi modelli di sviluppo
- Nuovi processi produttivi

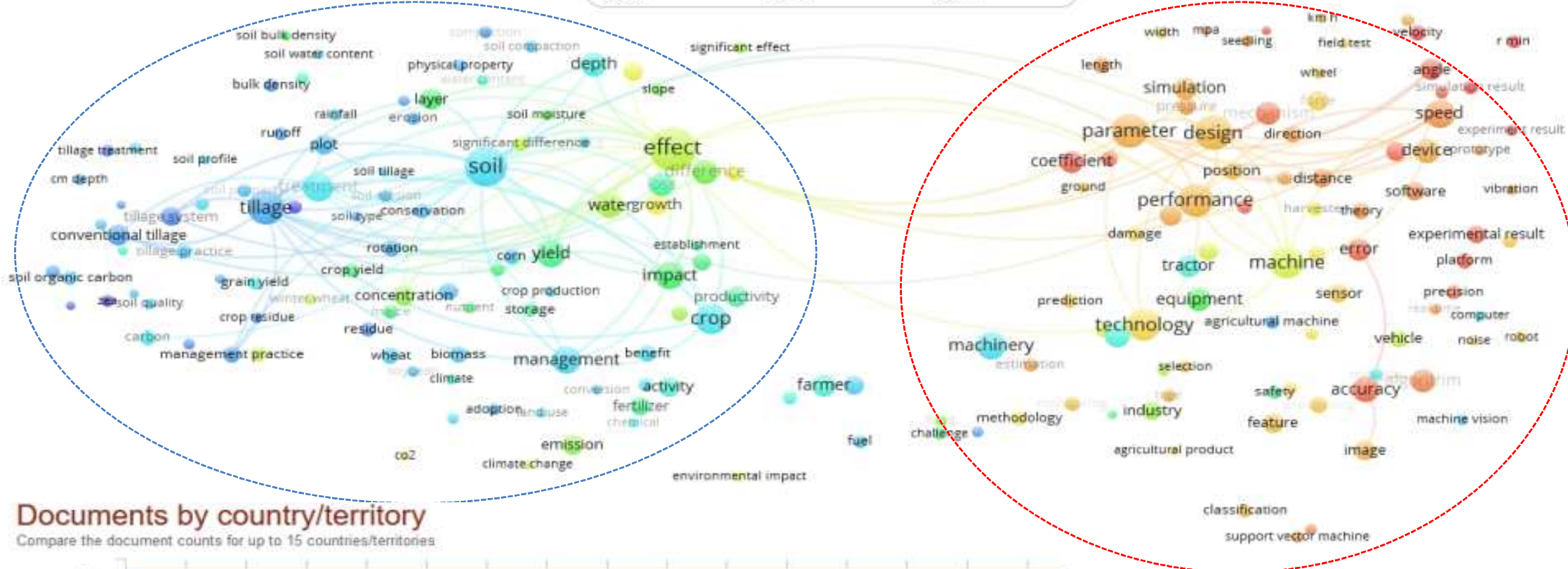
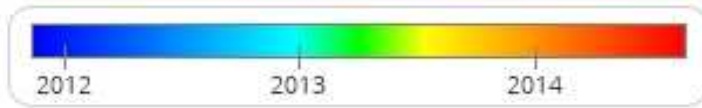


99	105	91	101	95	96	89	101	89	93	87	99	86	95	87	100	80	100	86	100	84	93	87	96	84	93	84	96	83	93	83	95	80	92	83	99	84	96	87	93	84	9
100	104	91	102	93	101	86	99	88	97	87	99	87	97	86	104	83	97	84	96	84	95	86	93	84	95	84	93	84	93	80	95	83	93	84	99	84	96	84	91	86	9
97	102	91	102	92	95	86	97	87	95	83	97	87	95	83	99	83	99	78	96	83	93	86	93	83	96	80	93	82	92	80	92	82	93	83	99	82	91	86	92	83	9
96	102	89	100	92	95	87	99	91	95	86	101	86	95	87	100	83	97	86	97	83	93	84	95	86	95	84	92	82	96	78	95	82	93	86	96	82	93	84	93	86	9
96	104	89	101	96	100	87	100	89	95	87	100	91	96	84	101	86	101	84	100	84	97	88	100	84	95	87	93	84	93	84	95	83	93	86	102	84	93	88	92	84	9
99	102	91	101	88	96	88	97	88	97	84	97	91	95	87	97	82	100	86	99	83	95	87	95	86	96	82	95	84	95	82	92	83	93	87	100	83	96	89	95	87	9
99	102	91	104	91	97	86	97	89	91	87	100	88	100	88	100	83	100	84	99	79	97	87	96	86	95	86	95	86	95	84	95	87	95	84	101	86	96	88	96	87	9
99	105	89	102	96	100	89	100	89	96	88	99	86	100	91	100	82	99	84	97	86	96	86	97	83	97	83	95	82	96	82	92	86	96	86	99	87	95	88	96	83	9
97	105	91	101	92	97	88	99	87	96	86	96	84	100	88	100	83	101	86	96	84	95	86	95	84	93	83	96	84	95	83	92	86	95	83	97	83	95	88	95	86	9
96	104	95	100	92	97	88	101	88	96	88	100	91	97	91	101	84	99	86	97	86	97	84	99	84	97	83	93	83	93	84	93	87	95	88	101	84	96	87	95	87	9
101	106	91	102	93	100	88	100	89	99	87	100	92	100	92	105	87	101	86	99	87	101	86	97	86	96	87	93	84	97	83	96	88	97	86	101	88	96	88	95	88	9
99	106	92	102	93	99	89	100	89	96	87	97	89	97	86	102	84	100	87	97	84	97	84	97	86	97	83	97	83	97	83	96	87	93	84	97	83	95	89	97	87	9
97	100	89	102	91	96	86	100	86	95	84	96	86	93	88	102	83	99	83	93	86	95	84	93	84	96	82	93	79	93	79	92	83	95	82	100	83	92	86	95	83	9
101	106	95	104	95	99	87	101	91	99	88	102	92	100	91	104	86	101	86	97	86	99	89	100	91	97	87	99	87	99	86	99	88	96	86	101	86	97	91	99	88	10
99	105	92	101	96	99	86	101	89	92	88	97	84	99	89	102	84	99	84	96	83	93	86	97	83	96	87	97	83	92	79	96	86	93	82	97	82	92	88	96	88	9
102	110	97	109	101	104	95	105	95	100	89	102	92	100	93	106	89	102	88	105	88	100	92	99	87	99	88	101	88	99	87	99	91	101	87	102	89	97	93	99	87	9
102	106	101	108	99	102	92	102	95	99	89	102	97	100	91	104	89	102	87	101	88	99	92	99	87	100	87	97	85	99	86	97	89	96	86	102	87	97	89	97	91	10
99	109	95	106	96	102	91	104	92	96	91	101	91	101	91	102	89	101	89	101	87	99	87	97	87	97	87	96	87	92	77	104	87	100	86	100	89	96	92	100	88	9
97	105	92	105	93	97	87	102	89	96	88	100	91	99	89	104	86	96	83	99	84	95	84	96	84	96	87	96	84	97	84	96	86	96	83	101	86	95	87	97	87	9
93	105	91	100	92	97	87	97	91	92	86	99	87	99	88	101	87	99	86	97	84	93	84	93	86	93	80	92	82	95	82	92	86	93	83	101	84	93	88	96	84	9
96	106	92	104	95	99	86	99	91	91	84	100	89	96	87	102	84	101	84	96	86	99	86	97	84	97	83	93	86	97	83	92	83	92	86	101	83	93	87	93	88	9
100	104	87	100	95	99	89	97	97	97	92	95	91	95	91	102	89	99	88	95	94	95	86	95	80	92	89	93	80	91	97	91	104	83	93	89	89	87	9			
101	106	91	104	96	101	88	96	91	97	86	100	88	99	88	102	83	99	86	102	86	96	86	99	86	93	84	97	86	95	80	96	84	96	84	99	86	93	87	100	84	9
95	105	91	104	95	97	89	95	89	92	87	97	86	99	91	104	87	97	84	97	84	95	82	95	84	99	82	95	82	97	80	92	84	95	84	99	82	96	87	95	86	9

Grazie per l'attenzione

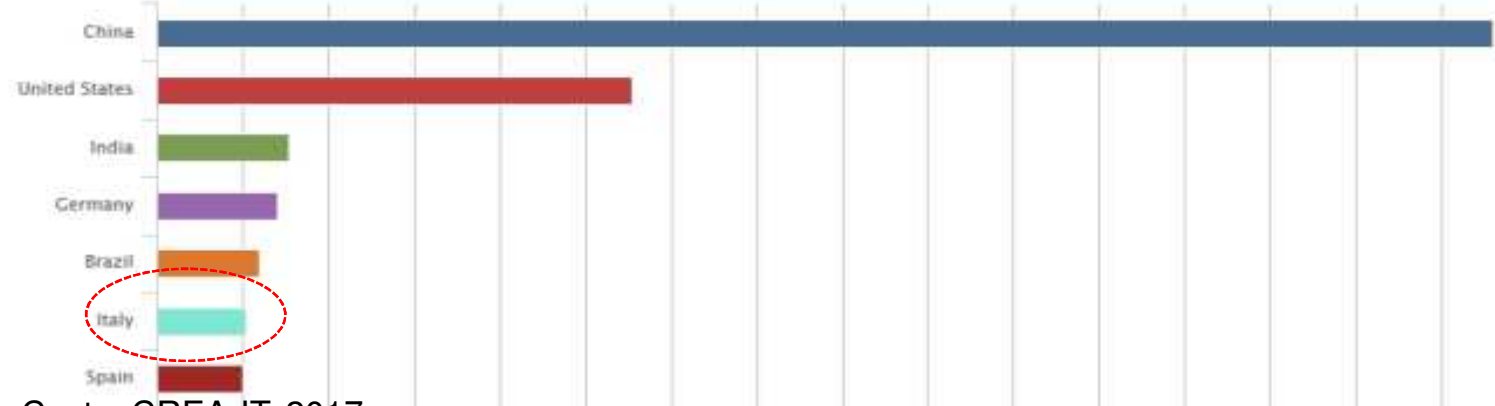
carlo.bisaglia@crea.gov.it (Treviglio, Bergamo)

Macchine agricole e “science mapping”



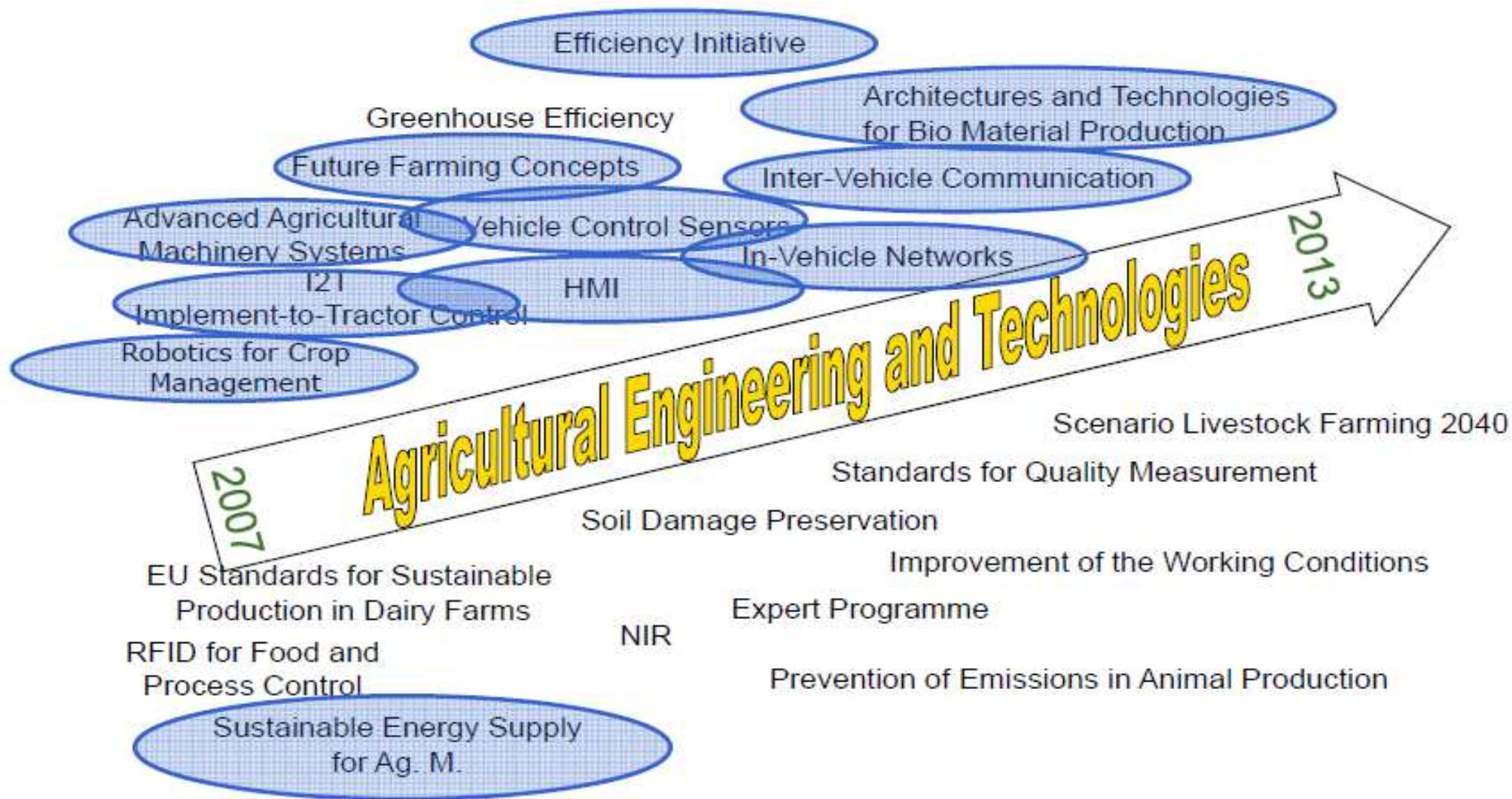
Documents by country/territory

Compare the document counts for up to 15 countries/territories



Costa, CREA-IT, 2017

*Tecnica di raggruppamento basata sulla ricorrenza di termini presenti nelle pubblicazioni scientifiche
Periodo 2008-2017 - Fonte Scopus
- Articoli censiti 8734*



Auernhammer, 2017, modificato

Le nuove «parole chiave» della zootecnia 4.0



Italia, leader nelle macchine agricole e leader nelle tecnologie meccaniche, ma ...



Nazione	Trattori (M)	Sup dominata da un trattore (ha)
USA	4,80	36
Giappone	2,03	2
Italia	1,75	4
India	1,52	105



Produzione macchine agricole

Italia: 3° mondo, 2° UE dopo Germania, 1° UE per numero di società (circa 2000) e dipendenti (circa 5000)

Export 2016: 4,8 Mld €

Import 2016: 1,1 Mld €

Fonte: Unacoma

Immatricolazioni trattori 2016

Fonte: Unacoma

Italia=18 341

Europa=165 400

Cina=420 000

India=570 000

Turchia=70 000

- parco macchine agricole è composto di quasi 4 Milioni di mezzi motorizzati e 1.7 trattrici
- FAO stima 27 M di trattori nel mondo => Italia 6.3%!
- Il numero dei trattori immatricolati nel 2015 ca 18.000 (70.000 negli anni '80)
- Il ricambio completo del parco in oltre 50 anni!
- Età media è di 20 anni (solo 22% ha un'età inferiore ai 10 anni)

(Fonte: Sartori, Università Padova, Tesaf)

PROSPETTIVE
macchine "tradizionali" => STATICO/CALANTE
Innovazione digitale => IN CRESCITA