

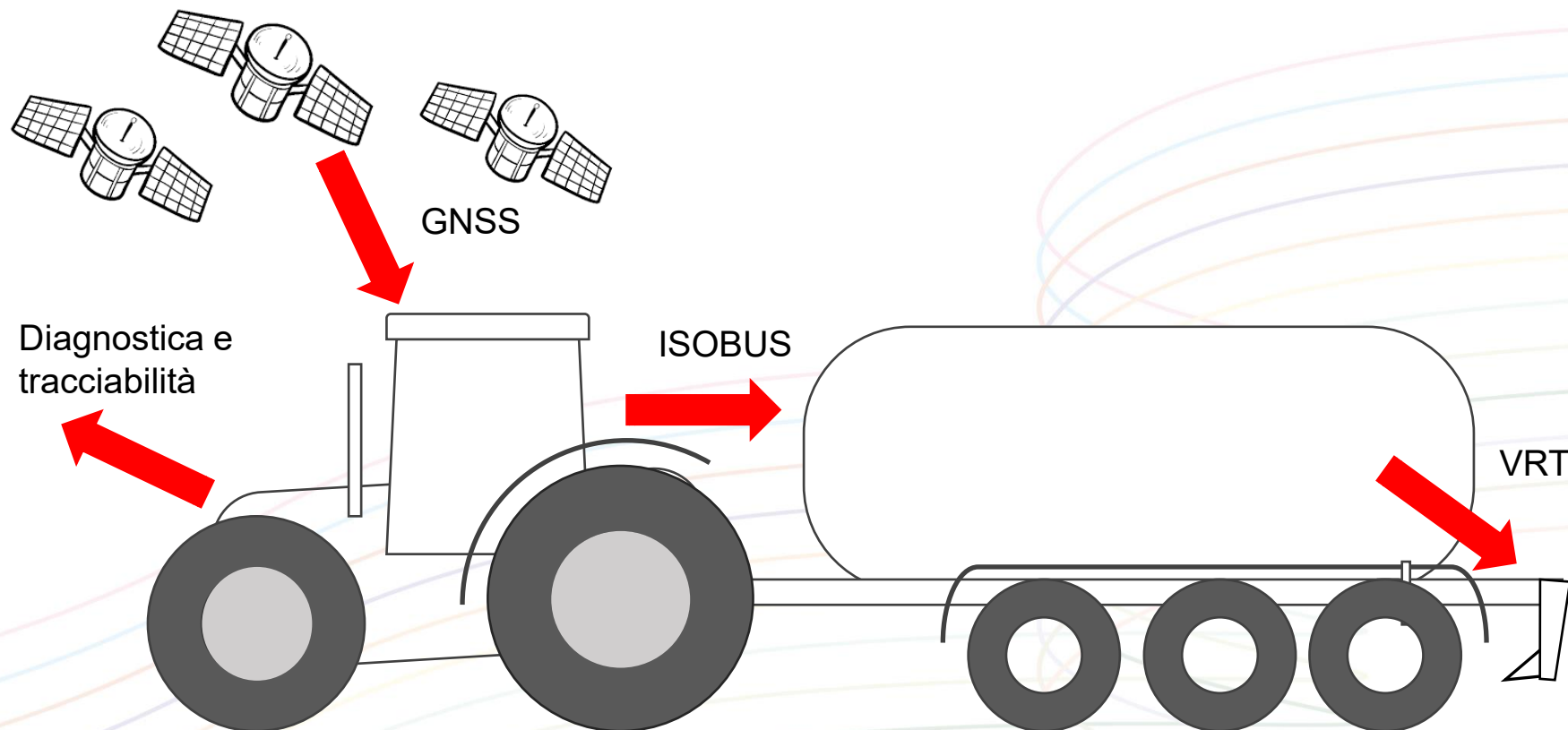
Accademia Rete PAC, Connessioni Rurali

Agricoltura di precisione e digitale

Treviglio, 17/09/2026

Maurizio Cutini
CREA-IT, sede di Treviglio

Barriere: (a) economiche; (b) del mercato; (c) gestione dei dati





- Guida autonoma;
- ISOBUS;
- terminale virtuale, schermo;
- telemetria;
- antenna a doppia frequenza, geolocalizzazione RTK;
- trasmissione dei dati motore (giri, slittamento, consumi, gestione).

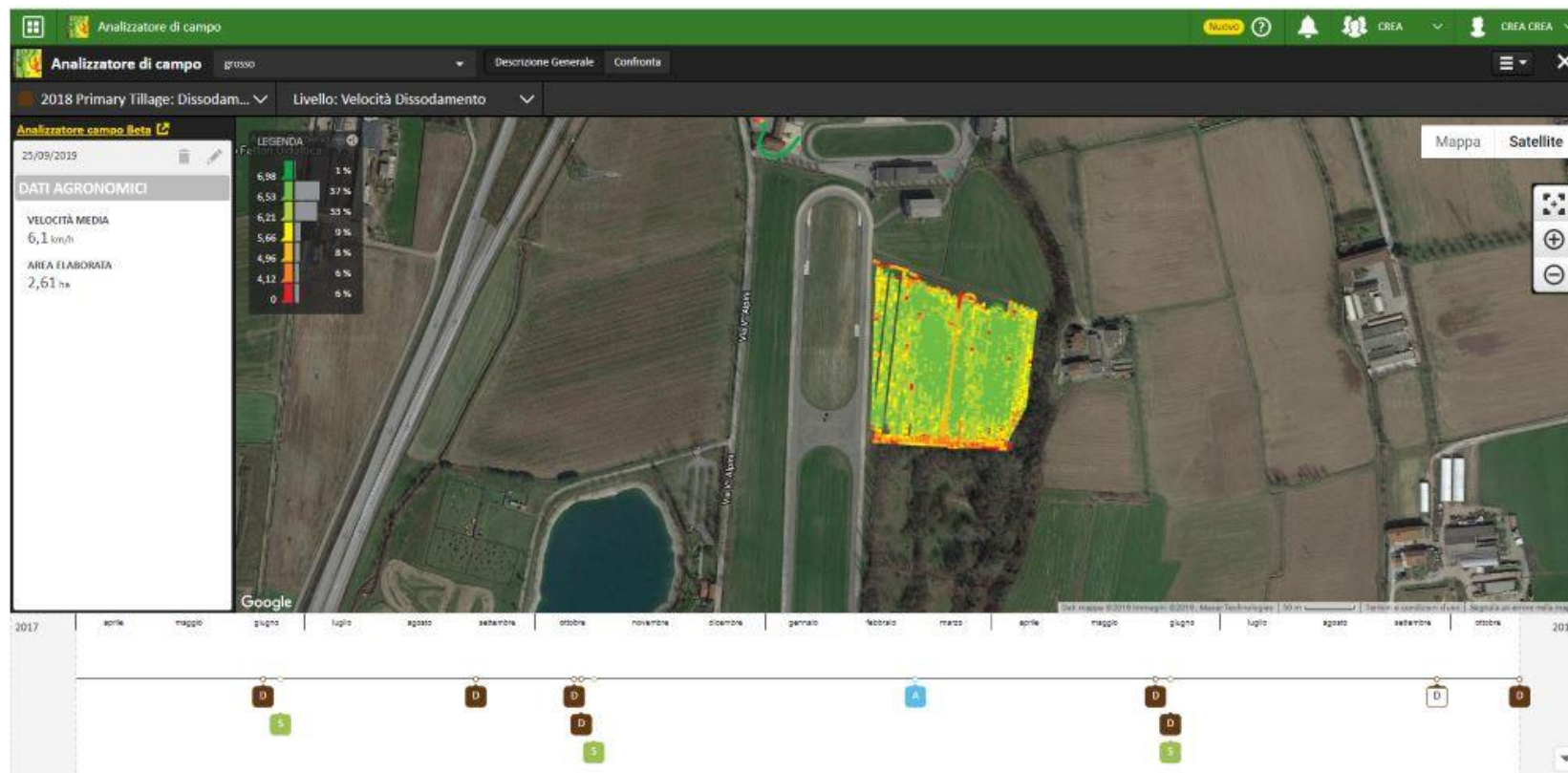
I risultati di un sondaggio condotto su una cinquantina di utenti hanno evidenziato che
l'aver provato le macchine agricole 4.0 sia un requisito fondamentale all'adozione di tale tecnologia

- Gestione delle traiettorie;
- considera la larghezza di lavoro, la geometria del campo, minimizza le perdite, le sovrapposizioni ed il compattamento;
- particolarmente significativo nel caso di terreni di forma irregolare.

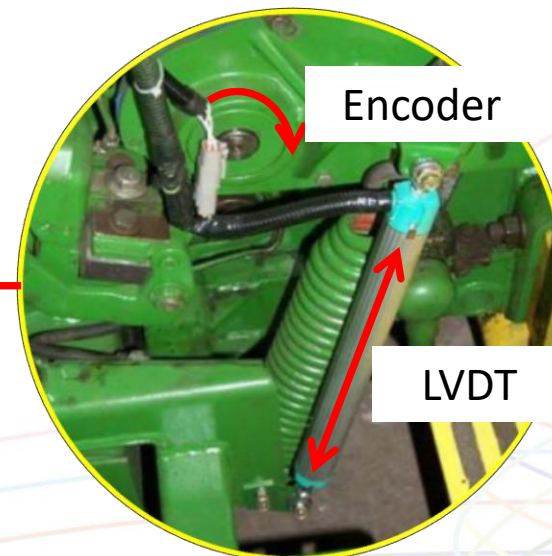
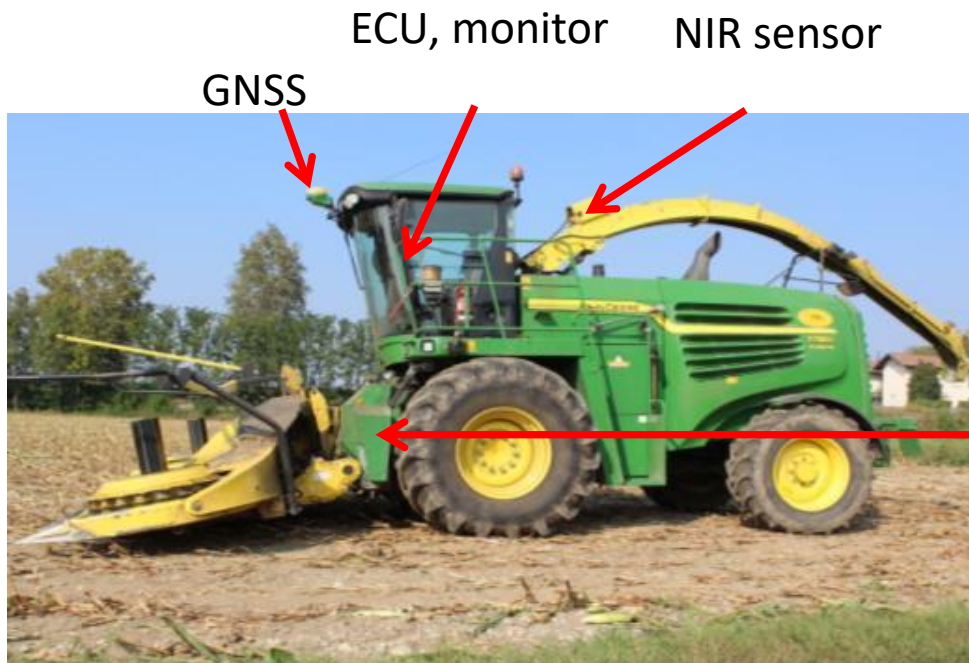


Source: CLAAS, Germany



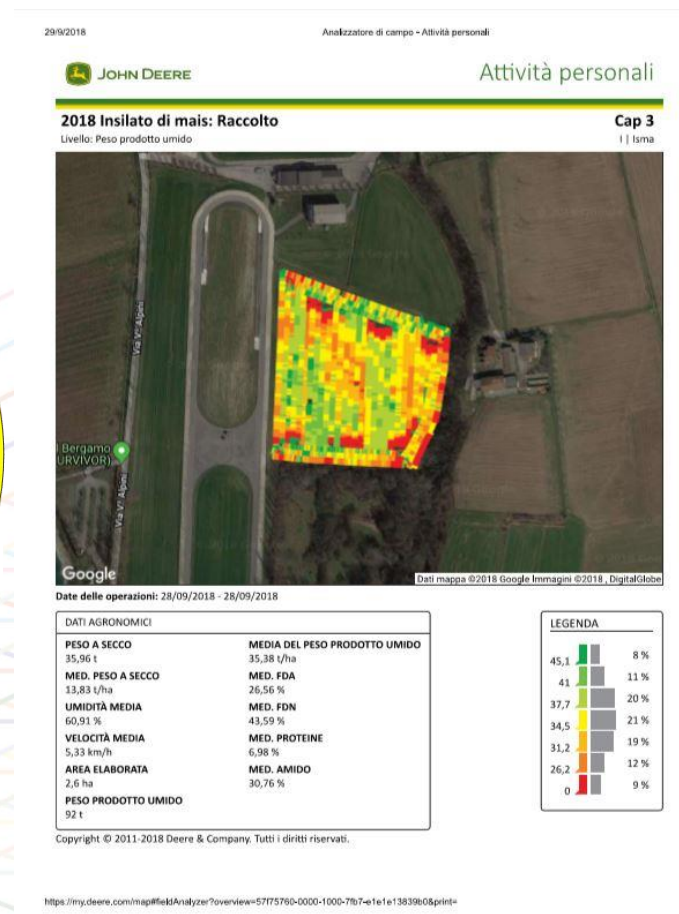


Parametri monitorati: lavorazione del terreno (D), semina (S), trattamenti (A) (MyJohnDeere)



Cosa viene misurato:

- geolocalizzazione;
- quantità di prodotto (kg/s o t/h) geolocalizzata;
- velocità di avanzamento (m/s o km/h) geolocalizzata;
- larghezza di lavoro (m or n. di file) geolocalizzata;
- umidità, amido, fibra, ecc., geolocalizzata (ai fini della gestione della qualità della produzione).



Materiali

Due trattori, 4WD, 117 kW e CVT.

- Il trattore 1 (T1) non aveva un sistema di posizionamento GNSS e/o un'auto guida.
- Il trattore 2 (T2) era dotato di Sistema di posizionamento GNSS (RTK ed L2), di auto guida e di ISOBUS.

Gli spandiconcime centrifughi (F1 ed F2) erano entrambi con due rotori.

- F1 non era ISOBUS e poteva essere regolato con un raggio di 12 o 24 metri di azione, manualmente, tramite distributore idraulico; la calibrazione era effettuata tramite le tabelle dose operatrice – velocità di avanzamento.
- F2 era ISOBUS ed a rateo variabile (VRT), è controllata automaticamente con la possibilità di operare a 6, 12, 18, 24 metri di larghezza, è dotata di una bilancia che monitora continuamente la dose distribuita ed il prodotto nel container.

Metodo:

Poichè non è praticamente possibile distribuire il prodotto due volte sugli stessi appezzamenti, per rendere comparabili i risultati è stato seguito il seguente metodo:

- T1 e T2 dovevano lavorare 9 ore nello stesso giorno e partendo insieme;
- T1 e T2 avevano lo stesso obiettivo di velocità di avanzamento 10 km/h;
- Gli appezzamenti di minor regolarità di forma sono stati assegnati a T2. Potrebbe sembrare penalizzante, ma l'obiettivo primario era non favorire la tecnologia AP;
- I trattori sono partiti con i serbatoi pieni per determinare il consumo a fine giornata tramite rabbocco;
- I trattori non avevano un caricatore telescopico a bordo campo per il rifornimento del concime;
- T1 ha dato la stessa dose per tutti i campi, T2 cambiava dose a seconda dell'appezzamento;
- **T2 ha lavorato a sezioni variabili ma a rateo costante, non seguendo mappe di prescrizione.**

I risultati hanno interessato: ettari lavorati, concime distribuito, consumo di combustibile.



July 4–8, 2021, Évora, Portugal

Encouraging the Adoption of Precision Fertilization Technologies: Steps from Theory to Practice

M. Cutini, M. Brambilla, A. Assirelli, E. Romano, C. Bisaglia

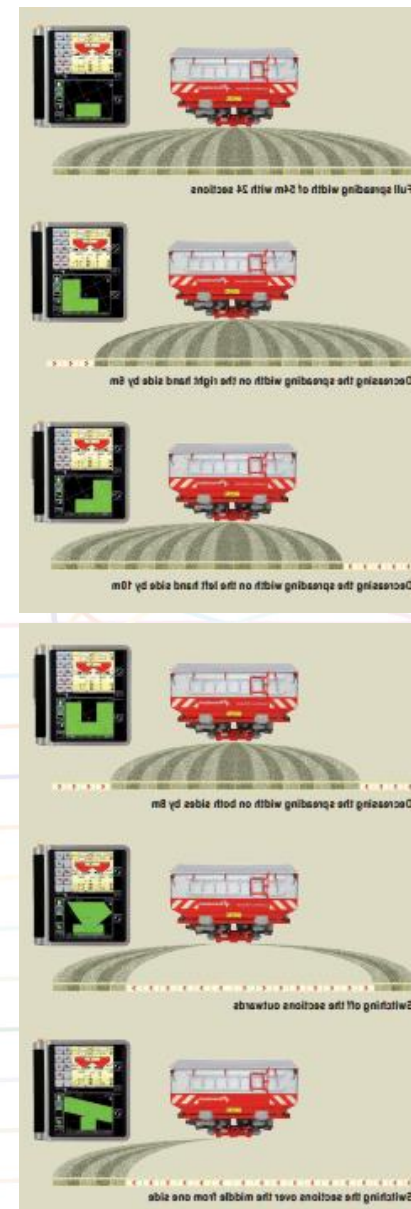
CREA Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing), Via Milano, 43 -24047 Treviglio (BG), Italy

*Corresponding author. Email: maurizio.cutini@crea.gov.it

Codice del cantiere	C1	C2
Variabili	Convenzionale	Di precisione
Tempo totale di lavoro (h)	9:00	9:00
Suolo lavorato (ha)	27	41
Errore nella distribuzione del fertilizzante (%)	+18	+4.9
Consumo di gasolio (l)	75	80
Consumo di gasolio per ettaro (l ha ⁻¹)	2.8	2.0

Il risultato appare eccessivamente a favore del cantiere AdP.
Il 52% di suolo lavorato in più non è immediato da comprendere.
 L'atteso sarebbe stato attorno al 20%.

La dose distribuita per ettaro dal cantiere AdP è il 22% in meno delle macchine tradizionali, vicino a quanto descritto in letteratura.



Discussione

- Il sistema PA ha differenziato la dose per ettaro in base alla richiesta dell'agronomo per i diversi campi;
- l'operatore convenzionale non ha modificato la dose a seconda del diverso campo e ha scelto di dare la dose più alta a tutti i campi;
- Un errore per C1 di circa il 18% più del desiderato;
- C1 approssimava in eccesso per evitare di dare meno;
- se C1, in alcuni campi o parte di campi, non riuscisse ad avanzare a 10 km/h, cioè a 6 od 8, deve tarare la F1 per tutta quella parte di lavoro alla velocità minima consentita; per C2 la questione non è un problema perché F2 cambia automaticamente la distribuzione della dose a seconda della velocità;
- C1 non riempie il contenitore ma carica la quantità necessaria per l'obiettivo del campo (ettari*kg/ha = n° di sacchi) in modo da avere un riferimento per verificare che la dose distribuita sia corretta, C2 carica tutto il container, questo è possibile perché non è importante dove il contenitore risulti vuoto;
- nel caso C1 arrivasse a fine campo e la dose distribuita fosse minore (cioè c'è ancora prodotto nel container) dovrebbe ripassare sullo stesso campo perdendo tempo e precisione;
- se il contenitore di C1 risultasse vuoto non avendo coperto la superficie target, dovrebbe tornare in azienda, riempire nuovamente il contenitore e tornare allo stesso campo perdendo tempo e percorrendo più strada;
- C2 corregge automaticamente la precisione vicino ai confini o alle strade poderali;
- come atteso, l'overlapping;
- ogni volta ci sia una pausa del trattore c'è un momento in cui F1 continua a distribuire per venir poi fermato "manualmente", per F2 è automatico;
- un'altra questione importante è che il percorso seguito da C1 e C2 è diverso: generalmente, C2 segue prima dei bordi e poi il percorso ad S nel mezzo grazie alla tecnologia VRT, per C1 questa scelta significherebbe perdere prodotto, di conseguenza esegue direttamente il percorso ad S con un errore maggiore nelle fasi di sterzata;
- se le dimensioni del campo richiedessero più contenitori, C1 deve suddividere approssimativamente i campi in superfici più piccole per controllare la dose distribuita.



Mappa della dose distribuita (kg/ha) dall'operatore C2 (MyJohnDeere).

È immediatamente chiaro il vantaggio pratico dell'uso di questa tecnologia.

I risultati della sperimentazione con la barra irroratrice (15 m) confermano i risultati dell'esperienza condotta con lo spandiconcime, in figura i 41 ha lavorati in 9h.



Evaluation of Precision Sprayer Technologies Practical Application



Maurizio Cutini , Elio Romano , Alberto Assirelli , Carlo Bisaglia ,
and Massimo Brambilla 

La valutazione dei vantaggi dell'adozione di tecnologie digitali per la semina è l'argomento che ha richiesto maggiore attenzione.

Sono stati adottati 4 diversi cantieri su 33 differenti campi.

Sono risultati fondamentali, in combinazione alle citate tecnologie PA:

- il dimensionamento del sistema idraulico del trattore;
- la disponibilità del sistema di svolta automatica.

In questo caso il risparmio di carburante e di tempo risultava significativo e dell'ordine del 16%.

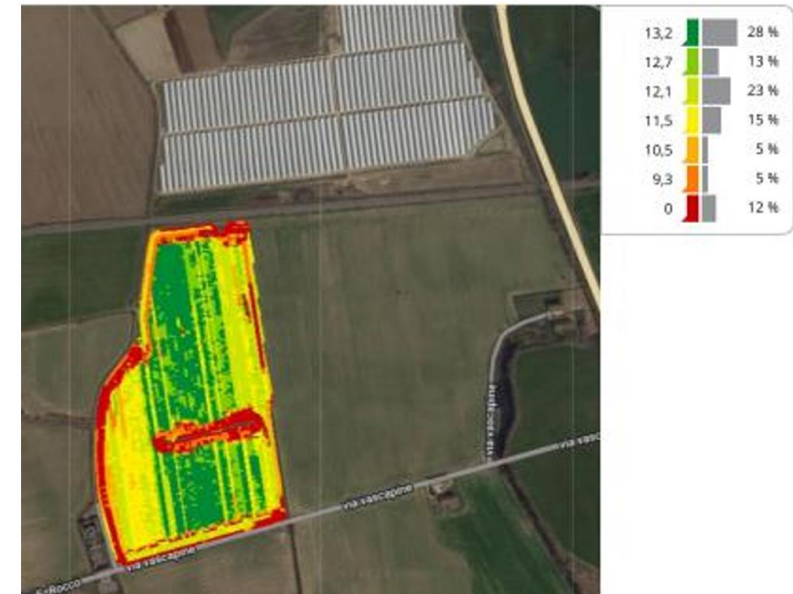
Molto interessante che con l'adozione di queste tecnologie non risulta significativa la forma dei campi sui tempi di lavorazione.



Article

Workability Assessment of Different Stony Soils by Soil-Planter Interface Noise and Acceleration Measurement

Pietro Toscano ¹, Maurizio Cutini ^{1*}, Alex Filisetti ¹, Elia Premoli ¹, Maurizio Porcu ², Nicola Catalano ², Carlo Bisaglia ¹ and Massimo Brambilla ¹



Analysis of the factors influencing the fuel consumption of agricultural tractors in sowing operations

Cutini M. ¹[0000-0002-6003-5382], Bragaglio A. ¹[0000-0002-0893-9704], Bisaglia C. ¹[0000-0002-2699-0757], Brambilla M. ¹[0000-0002-0998-0522], Toscano P. ¹[0000-0001-8643-9687], Assirelli A. ²[0000-0001-9793-0893] and Romano E. ¹[0000-0001-9418-328X]

¹ CREA-Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari.

Via Milano 43 - 24047 Treviglio, ITALY.

² CREA-Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari.

Via della Pascolare 16 - 00015 Monterotondo, ITALY
maurizio.cutini@crea.gov.it

Si registra una veloce evoluzione della tecnologia digitale in agricoltura, tuttavia vi è una diffidenza tra gli operatori agro-meccanici alla loro adozione.

La ricerca ha posto in rilievo i vantaggi nell'adozione delle tecnologie digitali nei cantieri di meccanizzazione.

I risultati hanno mostrato:

- -20% di prodotto distribuito, -30% di tempi operativi, -30% di consumo di combustibile, ...
- ... che gli operatori debbano provare personalmente tali macchine e tecnologie.



AgriEngineering



Article

From Conventional to Precision Fertilization: A Case Study on the Transition for a Small-Medium Farm

Massimo Brambilla ^{1,*}, Elio Romano ¹, Pietro Toscano ¹, Maurizio Cutini ¹, Marcello Biocca ², Chiara Ferré ³, Roberto Comolli ³ and Carlo Bisaglia ¹

¹ Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, Via Milano, 43, 24047 Treviglio, Italy; elio.romano@crea.gov.it (E.R.); pietro.toscano@crea.gov.it (P.T.); maurizio.cutini@crea.gov.it (M.C.); carlo.bisaglia@crea.gov.it (C.B.)

² Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari, Via della Pascolare 16, 00015 Monterotondo, Italy; marcello.biocca@crea.gov.it

³ Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano Bicocca, P.zza della Scienza, 1, 20126 Milano, Italy; chiara.ferre@unimib.it (C.F.); roberto.comolli@unimib.it (R.C.)

* Correspondence: massimo.brambilla@crea.gov.it; Tel.: +39-036-349-603

- Quindi l'adozione delle tecnologie analizzate ci porta ad un risparmio del 30-40% di tempo, spese e combustibile?
No.
- L'impegno maggiore in termini energetici rimane la lavorazione del terreno ed il trasporto.
- Il risparmio calcolato in termini di combustibile in aziende campione analizzate tra i 60 ed i 200 ha è risultato del 4,5%.



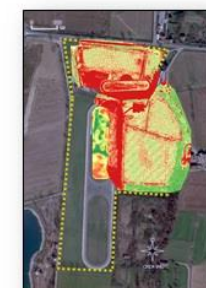
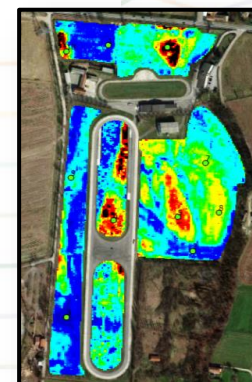
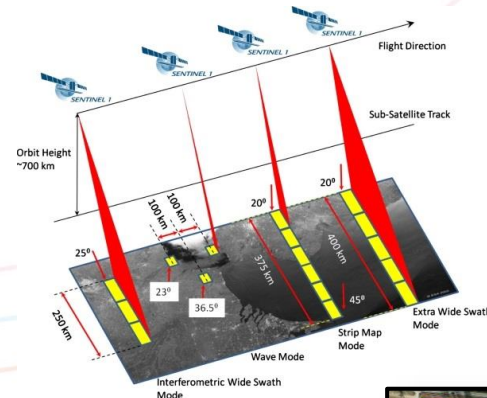
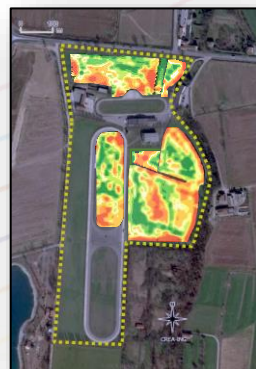
Article

A Simplified Approach to the Evaluation of the Influences of Key Factors on Agricultural Tractor Fuel Consumption during Heavy Drawbar Tasks under Field Conditions

Maurizio Cutini ¹, Massimo Brambilla ^{1,*}, Daniele Pochi ², Roberto Fanigliulo ² and Carlo Bisaglia ¹



L'analisi dello scenario è risultata molto complessa ed articolata.



L'analisi economica effettuata, senza considerare i sussidi sembrerebbe indicare, per un'azienda cerealicola zoo-tecnica, i seguenti valori:



- Quanti trattori AdP??? power:??? €:???
- Seminatrice VRT: 50.000 €
- Spandiconcime VRT: 25.000 €
- Irroratrice VRT: 22.000 €
- Carro botte ISOBUS: 50.000 €
- €

Quindi,
600.000 € ???

- Consulenze e canoni: 6.000 €/Y

No!!!

- Sviluppo di mappe da drone, satellite, ...;
- Sensori ed indici (RGB, NVDI ...);
- Sensori On the go;
- Gestione delle flotte;
- Gestione dei dati;
- ISOBUS-TIM, tractor implement management;
- ...

Lo studio evidenzia che il trattore più interessante per il passaggio ad un'agricoltura di precisione di un'azienda cerealicola zootecnica è quello comunemente chiamato multi-utility, di circa 100 kW.



Le operazioni più importanti, nel contesto analizzato, risultano:

- concimazione;
- semina;
- diserbo.

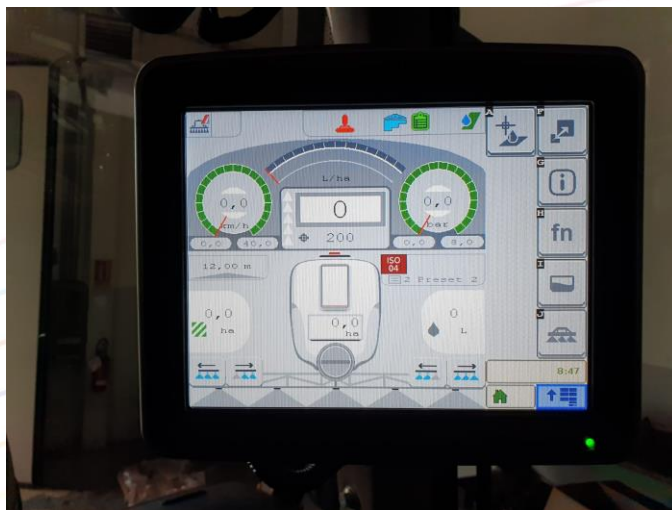


L'operatrice che presenta i vantaggi più immediati per l'operatore agricolo è proprio lo spandiconcime centrifugo.

Il nostro studio ha evidenziato come con **40 ha**, senza sussidi, possa essere già economicamente conveniente.

Senza considerare i sussidi abbiamo rilevato (valori indicativi):

- Trattore 100 kW: 135.000 €
- Seminatrice VRT: 25.000 €
- Concimatrice VRT: 9.000 €
- Irroratrice VRT: 12.000 €
- Consulenze e canoni: 2.000 €/anno



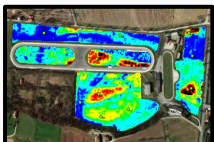
Passaggio all'AdP? Sì, ma step by step!

Disponibile
(Contoterzisti)



Ottenere i dati dai
contoterzisti

1° step



Conoscete la vostra azienda

2° step



Trattore (AdP) e
spandiconcime (ISOBUS)

3° step



Seminatrice (ISOBUS)

4° step



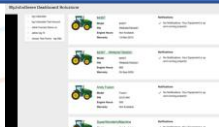
Irroratrice (ISOBUS)

5° step



Mappe di prescrizione
e rateo variabile

6° step



(per contoterzisti) Gestione delle flotte

7° step

e così via...



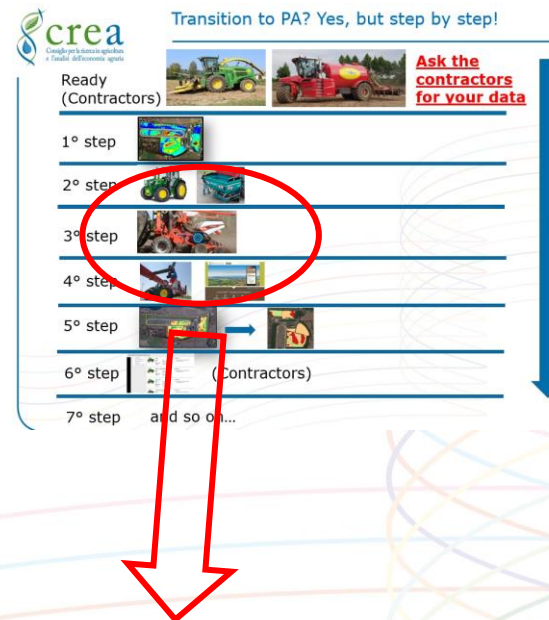
1° step



2° step



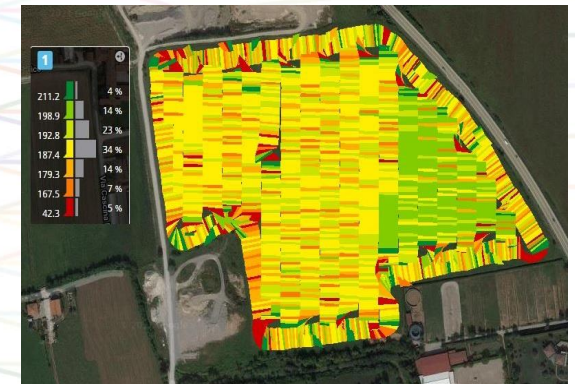
3° step



Trattore AdP e mirate operatrici ISOBUS VRT!!!
Questa semplice configurazione offre già all'agricoltore
molti dei vantaggi dell'agricoltura di precisione.

Le linee di ricerca del CREA-IT di Treviglio:

- caratteristiche e prestazioni delle macchine motrici e dei relativi componenti (ad es.: pneumatici, trasmissioni);
- la digitalizzazione nei cantieri di meccanizzazione;
- sicurezza sul lavoro (ergonomia, confort, rumore, vibrazioni, strutture di protezione, stabilità delle macchine agricole);
- efficienza energetica (riduzione dei consumi, elettrificazione, combustibili alternativi).



Sulla base delle esperienze e delle competenze mostrate è stato sviluppato un simulatore per l'agricoltura di precisione: dalle prove reali all'analisi di scenario.

Il simulatore presenta due componenti principali, la prima definisce le proprietà del veicolo...

- Caratteristiche architettoniche
- Distribuzione delle masse
- Momenti d'inerzia
- Caratteristiche elastiche dei sistemi di sospensione
- Potenza del motore
- Caratteristiche principali dell'operatrice
- Parametri dell'interfaccia ruota – strada
- Parametri dell'interfaccia ruota – suolo agrario



- Dinamica del veicolo
- Prestazioni
- Rendimenti



... la seconda corrisponde al tema dell'agricoltura di precisione...

- Rilievo dei confini dei campi
- Georeferenziazione del veicolo
- Definizione delle caratteristiche dell'operatrice
- Mappe di prescrizione
- Dose variabile
- Guida automatica

- 
- Agricoltura 4.0
 - Gemello virtuale
 - Terminale virtuale
 - Mappa di distribuzione



Time Span and Area		
ZONE	TIME SPAN	
☐ 1	116.87 - 130.61 kg/ha	0.4 ha
☐ 2	130.61 - 132.34 kg/ha	0.468 ha
☐ 3	132.34 - 142.16 kg/ha	0.323 ha



Il simulatore si presenta come la postazione di guida di un trattore agricolo. Tre schermi riproducono la vetratura della cabina. Il bracciolo e la consolle ospitano i comandi disponibili per un operatore. Sono possibili gli scenari della guida su strada, inerente la dinamica del veicolo e di lavoro su suolo agrario con le tecnologie 4.0 disponibili all'utilizzo.



AgriDigit



Article

A Co-Simulation Virtual Reality Machinery Simulator for Advanced Precision Agriculture Applications

Maurizio Cutini ^{1,*}, Carlo Bisaglia ¹, Massimo Brambilla ¹, Andrea Bragaglio ¹, Federico Pallottino ², Alberto Assirelli ², Elio Romano ¹, Alessandro Montagni ³, Elisabetta Leo ⁴, Marco Pezzola ⁴, Claudio Maroni ⁴ and Paolo Menesatti ²

¹ CREA Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Via Milano 43, 24047 Treviglio, Italy; carlo.bisaglia@crea.gov.it (C.B.); massimo.brambilla@crea.gov.it (M.B.); andrea.bragaglio@crea.gov.it (A.B.); elio.romano@crea.gov.it (E.R.)

² CREA Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Via della Pascolare 16, Monterotondo, 00015 Rome, Italy; federico.pallottino@crea.gov.it (F.P.); alberto.assirelli@crea.gov.it (A.A.); paolo.menesatti@crea.gov.it (P.M.)

³ CREA Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing, Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria, Via G. Venezian 26, 20133 Milan, Italy

⁴ Soluzioni Ingegneria, Via Lorenzo Balicco 113, 23900 Lecco, Italy; elisabetta.leo@si-ita.it (E.L.); marco.pezzola@si-ita.it (M.P.); claudio.maroni@si-ita.it (C.M.)

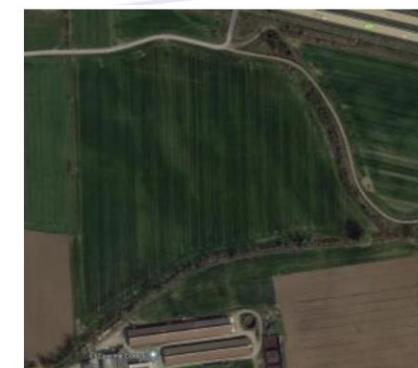
* Correspondence: maurizio.cutini@crea.gov.it

Le operazioni inserite nella simulazione

La simulazione dell'agricoltura di precisione ha riguardato le operazioni di:

- diserbo;
- fertilizzazione;
- semina.

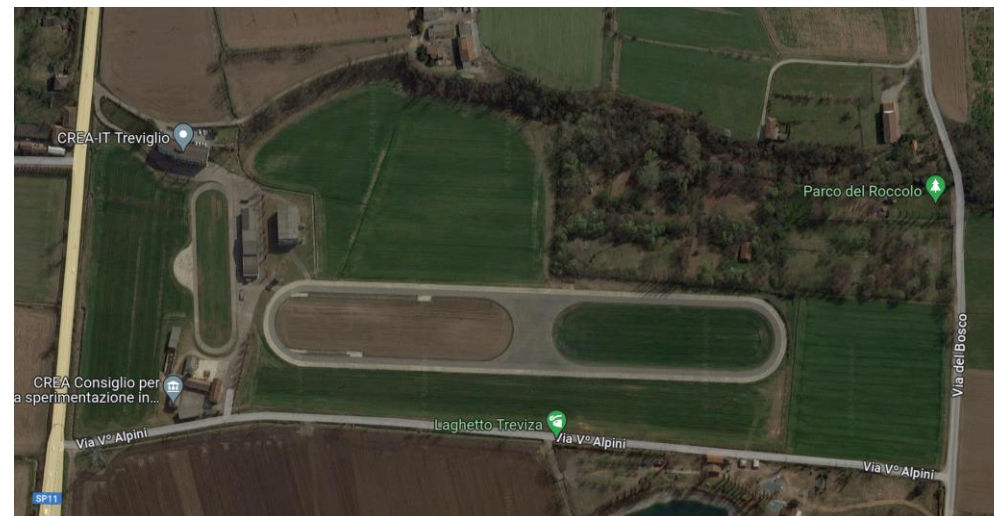
Le prove condotte presso il CREA-IT sono state riprodotte al simulatore ed i risultati sono stati comparati in termini di produttività, prodotto distribuito e consumo di combustibile.



La sede di Treviglio è stata digitalizzata.
I campi e le piste sono riportate nel
simulatore e georeferenziate.

È possibile:

- condurre le operazioni descritte sui diversi campi dell'azienda del CREA-IT di Treviglio;
- creare scenari svincolati dalla stagionalità, dalle dosi, dai limiti di distribuzione;
- somministrare corsi di formazione sulle moderne tecniche dell'agricoltura;
- ipotizzare miglioramenti fondiari;
- fornire feedback agli operatori sulla gestione delle macchine 4.0.



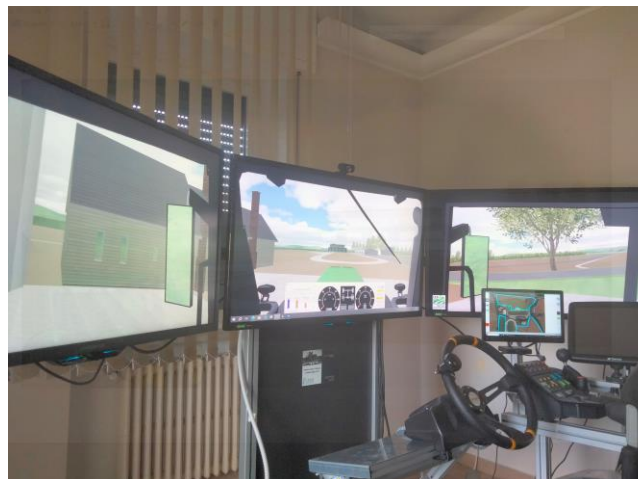
Ad esempio, nelle operazioni di semina, diserbo e fertilizzazione il simulatore consente d'introdurre variabili quali:

- larghezza del fronte di lavoro;
- velocità di avanzamento;
- adozioni delle sezioni variabili;
- adozione della dose variabile;
- potenza del trattore;
- massa del trattore.

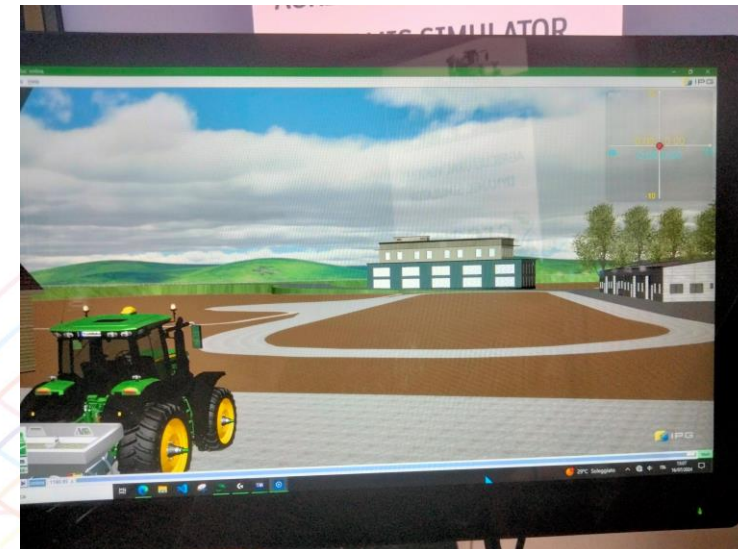
Tra i principali dati di output:

- tempi di lavoro;
- consumi ed efficienza;
- errori di distribuzione sia come dose che come precisione.

La postazione di lavoro fisica



L'ambiente di lavoro virtuale



Enhancing the Advantages Precision Agricultural Technologies by a Tractor Simulator

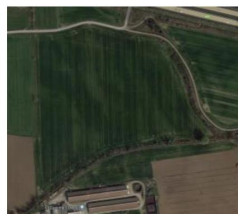
Leo E.¹, Pezzola M.E.¹[0000-0001-6197-2469], Maroni C.¹, Cutini M.²[0000-0002-6003-5382], Braggaglio A.²[0000-0002-0893-9704], Bisaglia C.²[0000-0002-2699-0757] and Romano E.²[0000-0001-9418-328X]

¹Soluzioni Ingegneria, Via Balicco 113, 23900 Lecco, Italy

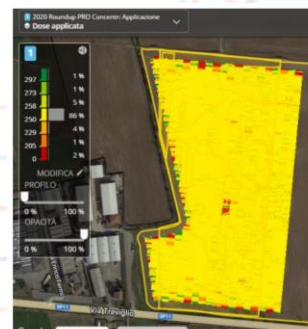
²CREA-Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria, Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroalimentari.

Via Milano 43 - 24047 Treviglio, ITALY.
maurizio.cutini@crea.gov.it

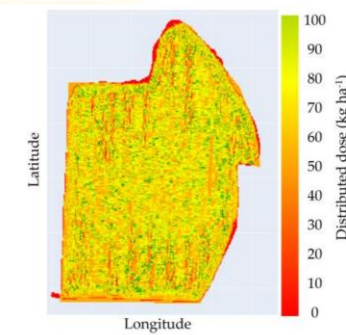
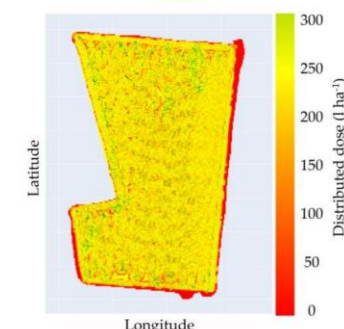
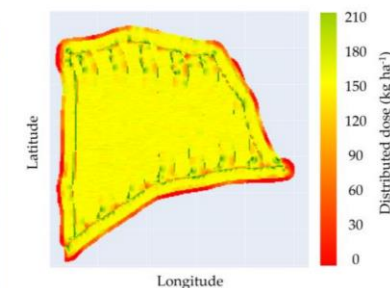
Il confronto fra i rilievi sperimentali ed il simulato ha dimostrato la possibilità di utilizzo del simulatore per analizzare le differenti variabili adottabili in un cantiere agricolo e che sarebbero impossibili da riprodurre nella realtà a causa della limitata disponibilità dei campi, del prodotto, delle macchine, dei costi delle operazioni e della stagionalità.



Rilievo sperimentale



Simulato



	Worked Area (ha)	Distributed Dose (kg ha ⁻¹)	Forward Speed (km h ⁻¹)	Productivity (ha h ⁻¹)	Fuel Consumption (l h ⁻¹)
Experimental	4.5	81	4.8	1.4	11.7
Simulated	4.5	79	5.0	1.6	11.8

Le principali considerazioni scaturite dall'esperienza degli operatori sono state:

- è necessario che gli operatori agricoli provino personalmente queste macchine (non sono sufficienti corsi teorici);
- le macchine più evolute sono costose, non sempre reperibili, rischi di approccio, etc...;
- il simulatore consente di acquisire completamente i concetti di guida rettilinea, geolocalizzazione ed ISOBUS in un ambiente protetto preparando l'operatore al cantiere reale;
- l'adozione di queste tecnologie consente comunque ad un operatore inesperto di completare un'operazione;
- al fine di un'esecuzione efficiente, le competenze dell'operatore nell'esecuzione delle procedure sono necessarie (non vengono sostituite dall'automazione);
- si evidenzia che l'approccio del gamification (ludicizzazione) contribuisce a rendere accettabili argomenti normalmente noiosi o difficoltosi;
- le attività al simulatore hanno confermato la necessità di avvicinarsi a questa tecnologia per step (il primo passo sono le linee guida e la guida rettilinea automatica), anche se la proposta tecnologica si evolve rapidamente;
- il rapporto con il digitale trasforma le competenze degli agricoltori.

Operatore esperto



Operatore non esperto





crea

Consiglio per la ricerca in agricoltura
e l'analisi dell'economia agraria

Grazie per l'attenzione

