



crea

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

Progetto: AGROENER

Sito: <https://agroener.crea.gov.it/>



**Progetto Agroener
Convegno finale**

Roma, 29-30 novembre 2023

**L'efficienza energetica delle
macchine, delle attrezzature
agricole e della meccanizzazione**

WP1 del Progetto AGROENER

Carlo Bisaglia

CREA Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari

- Cosa si proponeva questo gruppo di attività?
- Cos'è successo nel frattempo e cosa si prevede possa succedere?
- Cosa abbiamo fatto?

I principali obiettivi del WP1

- Miglioramento, sviluppo e promozione dell'**efficienza energetica** di macchine e loro componenti, di cantieri e impianti (es.: irrigazione, serre);
- prime valutazioni sulle applicazioni di **agricoltura di precisione e automazione**;
- utilizzo di **carburanti a bassa impronta ambientale**;
- sviluppo di **SSD e algoritmi** di valutazione.

Definizioni e strategie

Efficienza energetica

Miglioramento del rapporto input-output

Meno input per **unità di prodotto e/o servizio**.
Più prodotti e/o servizi ottenibili dalla stessa quantità di energia.

- limiti tecnici
- effetto rimbalzo

Alternativa energetica

Cambiamento degli input energetici

Sostituire risorse energetiche non rinnovabili con risorse rinnovabili

- sviluppo lento
- possibili conflitti con altri obiettivi (alimentari, ambientali)

Sufficienza energetica

Riduzione della domanda di beni e servizi

Ridurre la domanda di beni e servizi ad alta intensità energetica.
Massimizzare i benefici dell'efficienza energetica.

- cambiamento non tecnico
- no soluzioni universali

All'inizio del progetto Agroener

Ricerca e utilizzo di
fonti energetiche
alternative

Nel corso del progetto Agroener

Transizione
energetica

- COP26 (Glasgow 2021) sancisce l'impegno a raggiungere la cosiddetta **Neutralità Carbonica entro il 2050**.
- Lo strumento principale individuato è la **transizione energetica** basata anche sulle fonti rinnovabili (tra cui **il biometano**) e le reti digitalizzate.
- Grande contributo dovrebbe arrivare dall'**elettificazione di consumi e trasporti**, rimpiazzando l'elettricità prodotta da fonti fossili con quella generata da fonti rinnovabili.

NON E' LA NOSTRA PRIMA TRANSIZIONE ENERGETICA: LEGNO-CARBONE, CARBONE-PETROLIO,
ma **questa costituisce carattere d'urgenza**

L'età della pietra non è finita perché sono finite le pietre

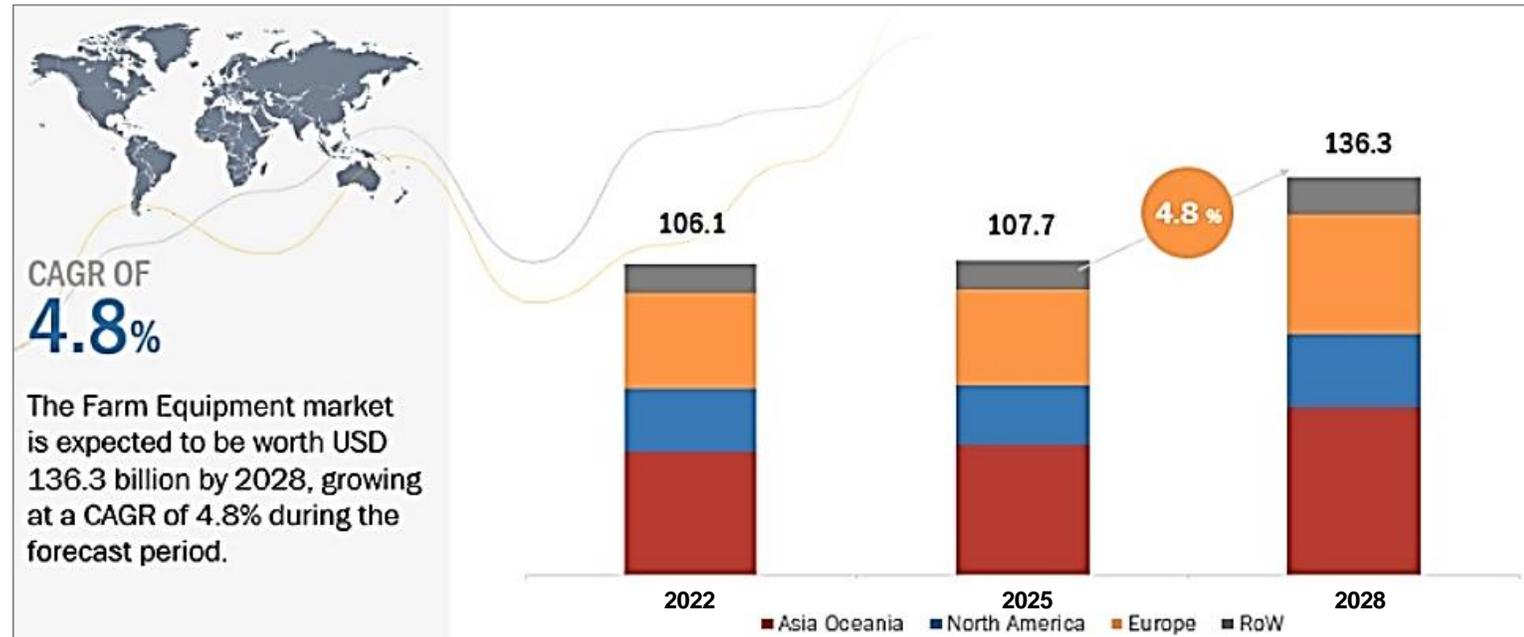
[Ahmed Zaki Yamani, Ministro del petrolio dell'Arabia Saudita, 1962-1986]

- Il settore agricolo-forestale rappresenta una quota del **3,2% del consumo diretto totale** di energia in UE (quota più alta: Paesi Bassi con 9,0%).
- Flessione nel consumo **totale** di energia diretta per l'UE nel 2020 (5,6% in meno rispetto al 2019) correlata con la pandemia da Covid-19, ma il consumo nel settore agricolo-forestale è rimasto **stabile (+0,6%)**.
- La maggior parte del consumo diretto totale di energia del settore agricolo e forestale (**56,0%**) **proviene da petrolio e suoi derivati** (esclusi i biocarburanti).



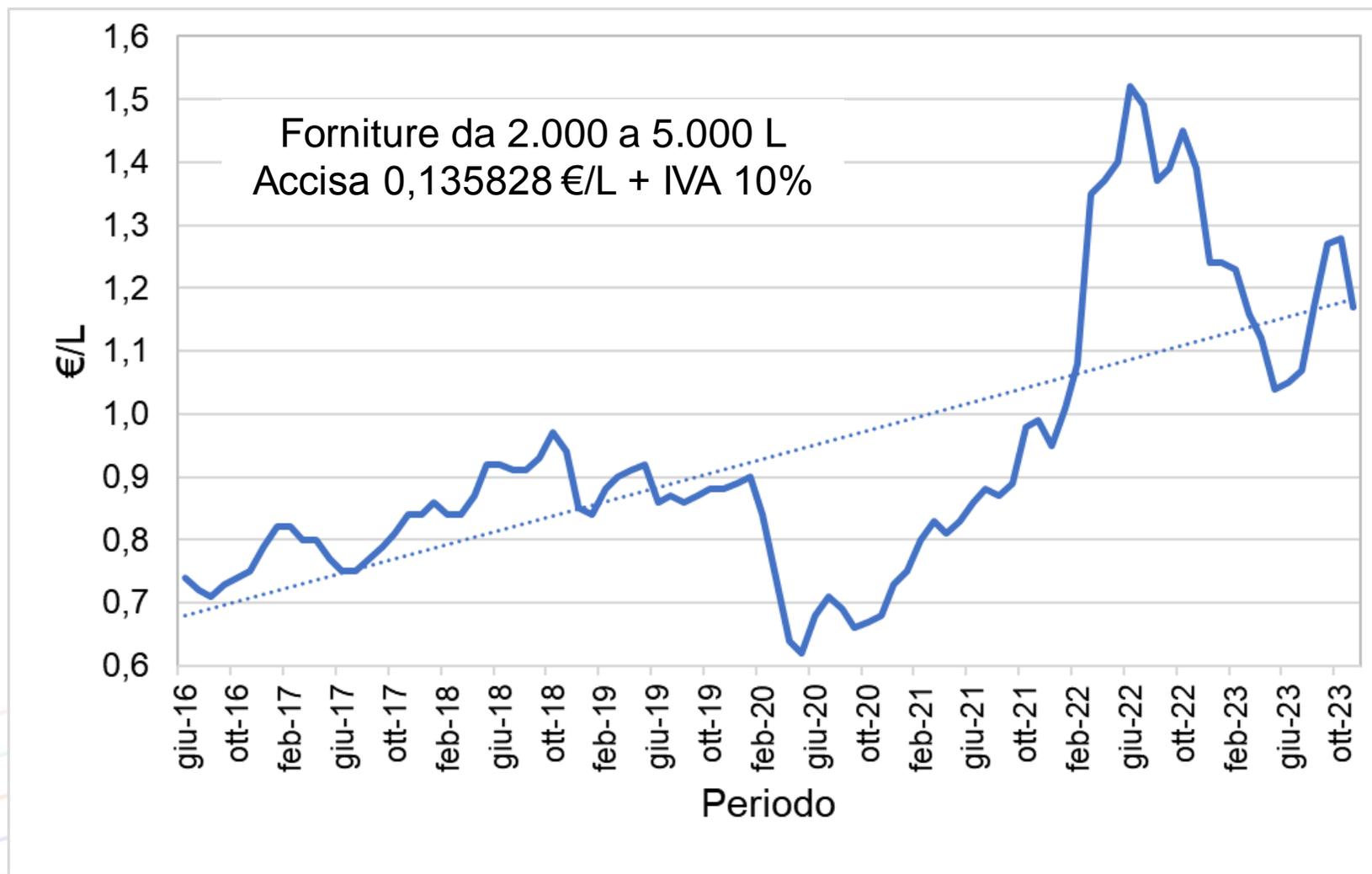
- * Energia consumata **direttamente** dal settore agricolo-forestale da **macchine, stalle e serre**.
- * Energia consumata **indirettamente** per la produzione di prodotti agrochimici, fertilizzanti, macchinari agricoli, mangimi ed edifici; **non considerati in questo indicatore**.

Rapporto sul mercato delle macchine agricole per classe di potenza dei trattori (<30, 31-70, 71-130, 131-250, >250 CV), tipo di trasmissione (2-4 RM), **azionamento elettrico** per tipologia e propulsione, macchine operatrici per funzione e **noleggio**



Sfide per il settore:

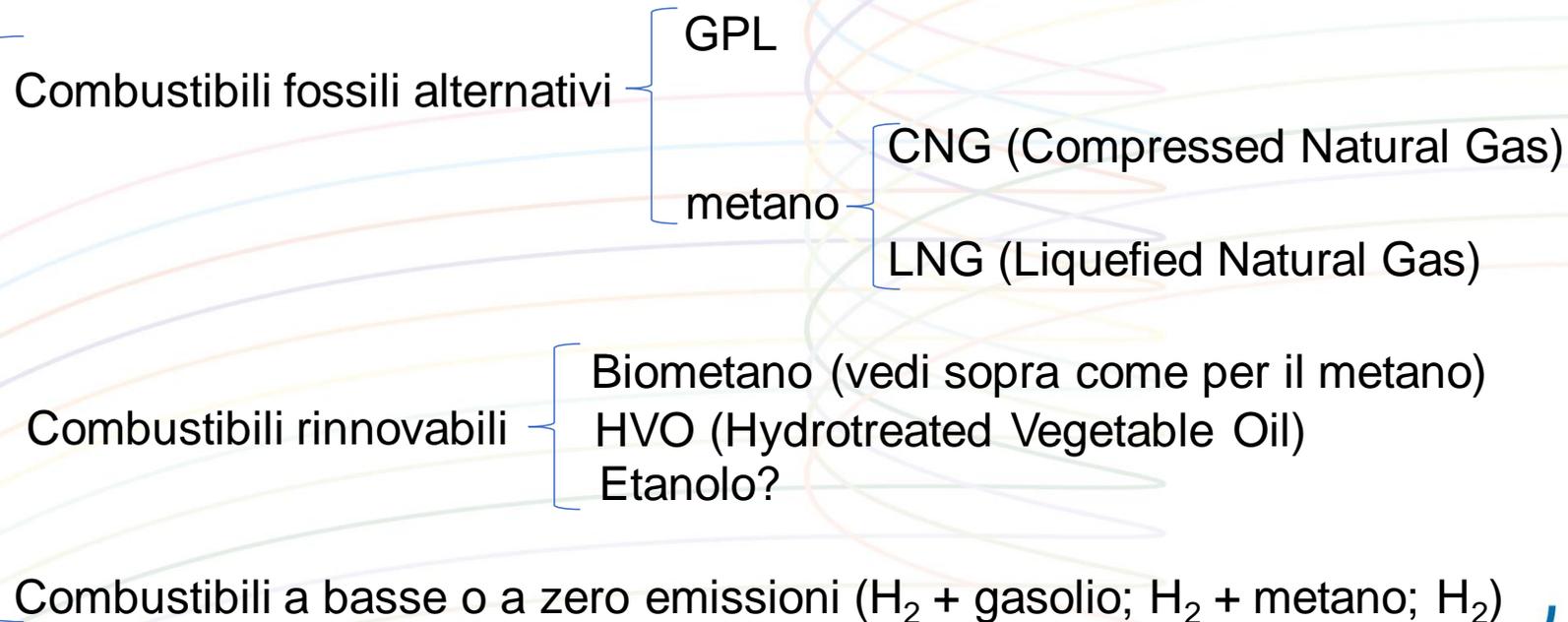
- emissioni
- fonti energetiche
- agricoltura di precisione
- incentivi pubblici



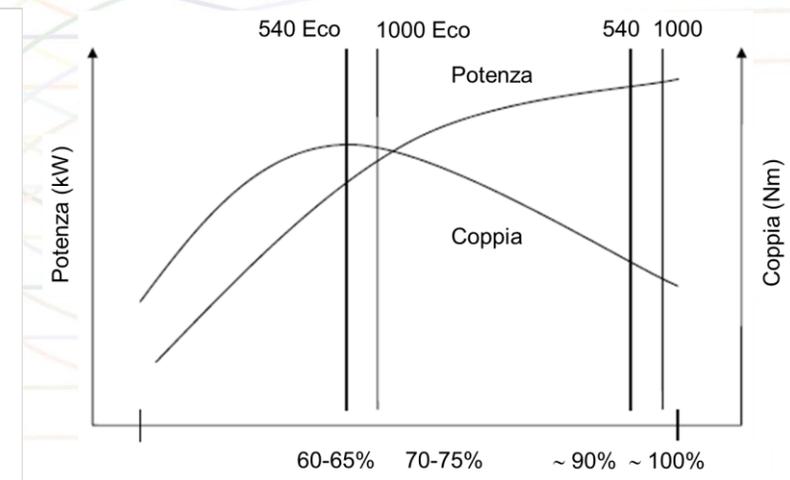
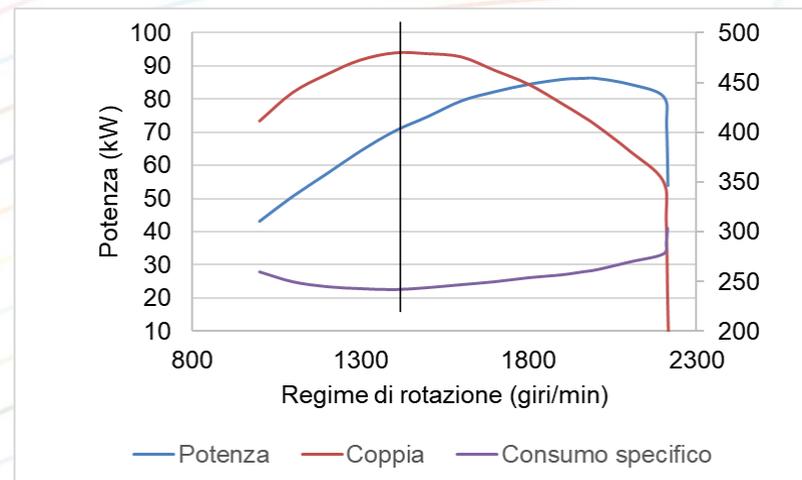
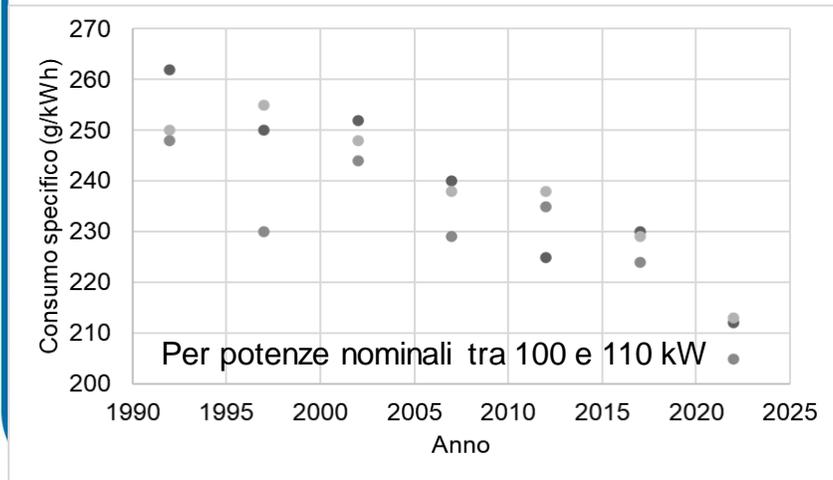
Fonte: CCIAA di Milano, Monza Brianza, Lodi

- Nel breve-medio periodo **non sembrano esserci alternative al gasolio** come combustibile per la maggior parte dei motori a combustione interna (c.i.) utilizzati in agricoltura.
- La **benzina rimane indispensabile per i piccoli motori** (motoseghe, decespugliatori, soffiatori, ecc.); qualche proposta di **motori elettrici** perlopiù per uso hobbistico.
- Primi **motori elettrici per trattori specializzati** (es. frutteto/vigneto) con operatrici dedicate; trattori **ibridi**; operatrici **semoventi** specializzate (carri miscelatori, sollevatori telescopici); **robot**.

- Possibili alternative per i motori a c.i.



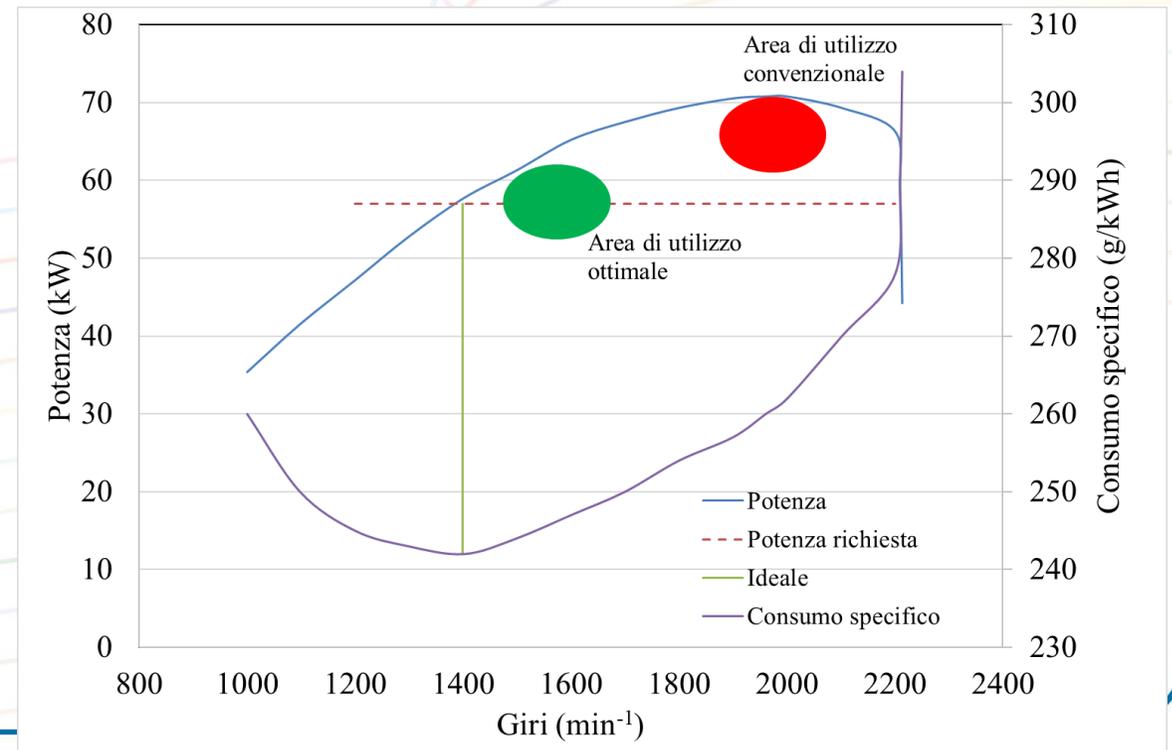
- Miglioramento del **rapporto peso/potenza** (riduzioni del 40% in trent'anni riducendo il peso)
- Introduzione di sistemi di controllo elettronico della potenza (**power boosting** = miglioramento del rapporto peso/potenza aumentando la potenza dal 7 al 12% ma solo in determinate condizioni di utilizzo)
- Riduzione delle emissioni (riduzioni >90% in trent'anni); ciò ha influito anche sui consumi
- Miglioramento del consumo specifico dei motori (riduzione >20% in trent'anni)
- Utilizzo di motori con cilindrata e, talvolta, numero di cilindri ridotti, in abbinamento alla sovralimentazione (**downsizing**) per indurre utilizzi del motore nella zona a maggiore efficienza
- Introduzione di **trasmissioni** (powershift o CVT) in grado di indurre utilizzi del motore nella zona a maggior efficienza, con riduzione dei regimi di rotazione del 10-30% a parità di velocità massima
- Miglior progettazione di tutta la linea di meccanizzazione
- Circuiti **idraulici** evoluti (portata >110 L/min)
- Sviluppo di **prese di potenza elettriche** standardizzate (AEF)



- Utilizzo di **criteri oggettivi** per selezionare le macchine agricole (es.: dati OCSE, App Agroener, ecc.).
- Eseguire correttamente gli **interventi di manutenzione** (fino al 15% di riduzione dei consumi).
- Adottare **lavorazioni conservative** o minime (fino al 60% di riduzione dei consumi). Tecniche ammissibili per accedere ai crediti di carbonio.
- Scelta e gestione della **trasmissione** per indurre utilizzi del motore nella zona a maggior efficienza.
- Gestione dello **slittamento**: il livello ottimale è generalmente compreso tra il 10% e il 20%, ma il livello effettivo dipende dal tipo di trattore, dalla velocità di esecuzione e dall'attrezzo utilizzato.
- Gestione della **zavorrata** del trattore e **pressioni di gonfiaggio adeguate** per riducono slittamento e compattamento del terreno (5-15% di riduzioni dei consumi).
- Scelta oggettiva delle macchine **operatrici da abbinare** alle differenti tipologie di trattore (dimensioni, masse, potenze).
- Selezionare il **regime motore** e/o la **velocità di avanzamento** ottimali (tra il 15 e il 30% di riduzione dei consumi; quasi indispensabili trasmissioni evolute e azionamenti idraulici delle operatrici).
- Ottimizzazione delle **operazioni in campo** (svolte, sovrapposizioni, rifornimenti, logistica, ecc.). Ruolo dirompente dell'agricoltura di precisione (5-10% di riduzione dei consumi solo per la gestione delle svolte e delle sovrapposizioni).
- Adottare tecniche di **agricoltura di precisione**. Sistemi di guida automatica, sistemi di mappatura delle produzioni, applicazioni di input a dose variabile comporta vantaggi economici e ambientali oltre al risparmio energetico.
- Uso di **carburanti** e/o **motorizzazioni alternative**.

| Task | Task Leader | Attività (>20 unità tra ricercatori e tecnici) | Prodotti finali |
|------|-------------------|--|--|
| 1.1 | Maurizio CUTINI | Sistemi avanzati di valutazione sperimentale delle caratteristiche e delle performance dei componenti delle macchine al fine del miglioramento della loro efficienza energetica e prestazionale | 5 pubblicazioni su rivista o libro; 3 partecipazioni a convegni/pubblicazioni su Atti di convegno. |
| 1.2 | Carlo BISAGLIA | Trattori ad alimentazione esclusiva o combinata a biometano | 4 pubblicazioni su rivista o libro; 1 partecipazione a convegno. |
| 1.3 | Alberto ASSIRELLI | Meccanizzazione ad elevata automazione per l'efficientamento energetico | 15 pubblicazioni su rivista o libro; 28 partecipazioni a convegno/Pubblicazioni su Atti di convegno. |
| 1.4 | Corrado COSTA | Sviluppo e testing sperimentale di algoritmi per la stima efficiente dei consumi delle lavorazioni agricole (ettaro-coltura) | 14 pubblicazioni su rivista o libro; 2 partecipazioni a convegni/Pubblicazioni su Atti di convegno; 2 giornate dimostrative/Corsi di formazione; 2 App per PC e smartphone. |
| 1.5 | Carlo BISAGLIA | Agricoltura di precisione come tool di efficientamento energetico, ambientale ed economico | 2 pubblicazioni su rivista o libro; 2 partecipazioni a convegni/Pubblicazioni su Atti di convegno; 2 giornate dimostrative. |
| 1.6 | Roberto TOMASONE | Risparmio energetico nell' irrigazione anche attraverso sistemi di precisione | 6 pubblicazioni su rivista o libro; 2 partecipazioni a convegni/Pubblicazioni su Atti di convegno; 2 partecipazioni a giornate dimostrative/fiere di settore. |
| 1.7 | Elio ROMANO | Sviluppo di un programma di supporto alle decisioni (SSD) per la diagnosi energetica di serre esistenti e la valutazione virtuale di opzioni migliorative | 3 pubblicazioni su rivista; 1 partecipazione a convegno con pubblicazione su Atti; 1 giornata divulgativa; 1 App per PC e smartphone. |
| 1.8 | Marco FEDRIZZI | Riduzione dei consumi energetici per il riscaldamento delle serre | 5 pubblicazioni su rivista o libro; 7 partecipazioni a convegni/Pubblicazioni su Atti di convegno; 2 elaborati per tesi di laurea/dottorato; 1 giornata dimostrativa/Corso di formazione |

- Studio della possibilità di ridurre i consumi energetici in lavorazioni caratterizzate da **elevati sforzi di trazione ed ingenti richieste di potenza** (aratura, ripuntatura).
- Utilizzati **algoritmi** presenti in letteratura integrati con nuovi sviluppati ad hoc.
- Si è evidenziato che i principali parametri di efficienza sono: **slittamento ruote** motrici, **regime del motore**, corretto **abbinamento trattore-attrezzo**. Fondamentali le tecnologie di **controllo elettronico del motore e l'abbinamento con trasmissioni evolute** (riduzione del consumo fino al 30%).





Esempi di trattori a **CNG**: a) Norman NG 25, 1942; b) prototipo a **biogas** (Università di Udine, 1982); c) prototipo a **metano** (Caddet, Canada, 1993); d) prototipo a **propano** (Birch, 2003); e) Trattore **dual fuel** diesel-metano (Valtra, Finland, 2009); f) trattore a **metano** (Traktorny Zavod, Russia, 2014).

Fonte: Methane/Gasoline Bi-fuel Engines as a Power Source for Standard Agriculture Tractors:

Development and Testing Activities

C. Bisaglia, M. Brambilla, M. Cutini, S. Fiorati, M. Howell

Applied Engineering in Agriculture

Vol. 34(2): 365-375, 2018 American Society of Agricultural and

Biological Engineers ISSN 0883-8542

<https://doi.org/10.13031/aea.12262>



Trattore a **CNG** di serie; esiste anche una versione a cingoli per frutteto/vigneto (Foto NH, 2023)



Prototipo di trattore a **LNG**; il serbatoio criogenico (-162°C) consentirebbe di **raddoppiarne l'autonomia** rispetto ai modelli a CNG (Foto profi, 2022)

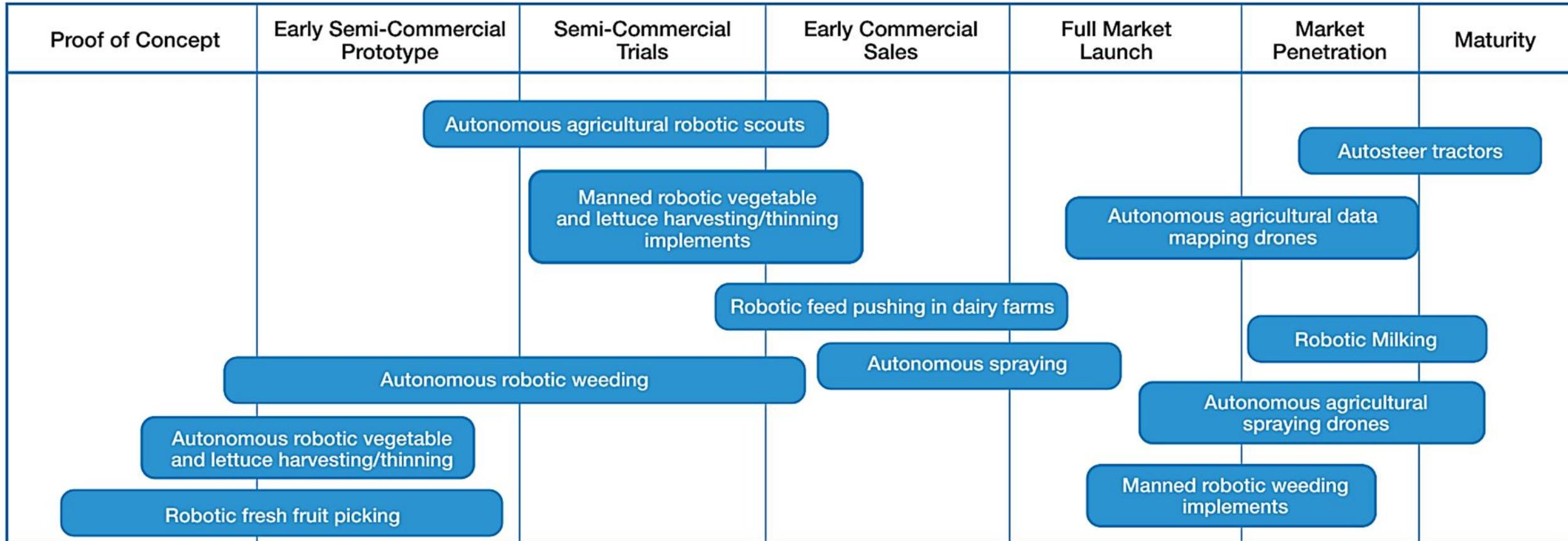


Caricatore telescopico a **CNG** non OEM (Foto Bisaglia, 2019)



Carro miscelatore a **CNG** non OEM (Foto Bisaglia, 2019)

Nel novembre 2016 è stata inaugurata la prima edizione di **FIRA - Forum International des Robots Agricoles** (International Forum of Agricultural Robots) presso la Agronomic Engineering School di Purpan, Tolosa (Francia) divenuto in seguito un evento di riferimento per il settore con un'edizione nord-americana.



Progetto AGROENER

Modello previsionale per la stima dei consumi e il costo di lavorazione per ogni tipologia di lavoro.

Step 1: Dati Lavorazione

Tipologia

Step 2: Dati Agronomici

Tempo per unità di superficie (h/ha)

Step 3: Dati Meccanici

Potenza del motore/potenza richiesta (kW)

Step 4: Dati Economici

Costo d'acquisto della macchina motrice o semovente (€)

Costo d'acquisto della macchina operatrice (attrezzatura) (€)

CALCOLA

<https://agroener.crea.gov.it/modello/form.html>

Partecipanti: Figorilli S, Sperandio G, Fedrizzi M, Guerrieri M, Antonucci F, Pallottino F, Orteni L, Menesatti P, Acampora A, Pagano M, Assirelli A, Magagnotti N, Spinelli R



RESEARCH ARTICLE

An innovative multivariate tool for fuel consumption and costs estimation of agricultural operations

Mirko Guerrieri, Marco Fedrizzi, Francesca Antonucci, Federico Pallottino, Giulio Sperandio, Mauro Pagano, Simone Figorilli, Paolo Menesatti and Corrado Costa
Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Unità di ricerca per l'ingegneria agraria. Via della Pascolare 16, 00015 Monterotondo scalo (Roma), Italy.

<http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-9490>

European Journal of Forest Research
<https://doi.org/10.1007/s10342-023-01624-2>

ORIGINAL PAPER

A multi-step modelling approach to evaluate the fuel consumption, emissions, and costs in forest operations

Giulio Sperandio¹ · Luciano Orteni^{1,3,4} · Raffaele Spinelli² · Nataschia Magagnotti² · Simone Figorilli¹ · Andrea Acampora¹ · Corrado Costa¹

Received: 13 June 2022 / Revised: 2 October 2023 / Accepted: 14 October 2023
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023

<https://doi.org/10.1007/s10342-023-01624-2>

Spanish Journal of Agricultural Research
 14(4), e0209, 11 pages (2016)
 e-ISSN: 2171-9292
<http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016144-9490>
 Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)

OPEN ACCESS

Progetto AGROENER

Modello previsionale per la stima dei consumi, dei costi e delle emissioni per le attività di lavoro in ettaro-coltura forestale.

Input 1: Dataset

Tipologia (Typology)

Input 2: Dati Forestali (Forestry data)

OPERAZIONE (Operation)

- Abbattimento (felling)
- Abbattimento e allestimento (felling & processing)
- Allestimento (processing)

GOVERNO (Management)

- Ceduo (Coppice)
- Foresta di transizione (Transitional high forest)
- Foresta (High forest)

SPECIE (Species)

- Conifere (Conifers)
- Misto (Mixed)
- Latifoglie (Hardwood)

TRATTAMENTO (Treatment)

- Avvicinamento all'alto fusto (Initiation into high forest)
- Diradamento (Thinning)
- Taglio a raso (Clear-cutting)
- Diradamento selettivo (Selective thinning)
- Conversione a foresta (Conversion into high forest)

DBH medio (mean DBH) cm

Volume Pianta (Volume) m³

Prelievo (Harvest) m³/ha

Input 3: Dati Meccanici (Mechanical Data)

Macchina (Machine)

- Fellet-buncher & processor
- Harvester
- Motosega (Chainsaw)

Potenza del motore (Power) kW

Carburante (Fuel)

Input 4: Dati Economici (Economic data)

Costo d'acquisto della macchina (Machine purchase price) €

CALCOLA (COMPUTE)

<https://agroener.crea.gov.it/modello/formEF.html>



Trattore convenzionale. Retrofit con guida automatica, VM, ricevitore GNSS, I...
No telemetria, NO dati motore



Trattore predisposto per guida automatica, ISOBUS, ricevitore GNSS, VM, telemetria con supporto fisico.



Trattore evoluto dotato di guida automatica, VM, telemetria su cloud, ISOBUS, ricevitore GNSS



Connettore ISOBUS

Seminatrice



- Controllo elettrico della rotazione dei distributori
- 2 sezioni indipendenti da 1,5 m
- Controllo della dose (peso)

Concime



- Controllo della dose (peso)
- 2 sezioni indipendenti fino a 12 m
- Variazione del punto di caduta del concime sul disco

Annaffiatrice

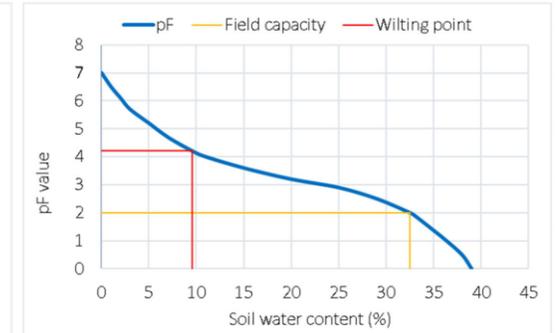
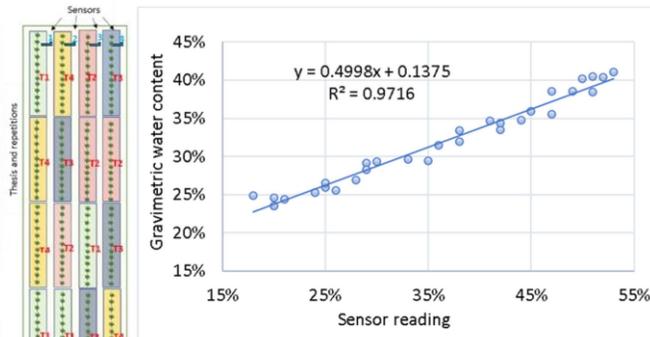


- Controllo della portata della portata
- 5 sezioni indipendenti da 3 m
- Controllo del volume d'acqua caricato (peso)

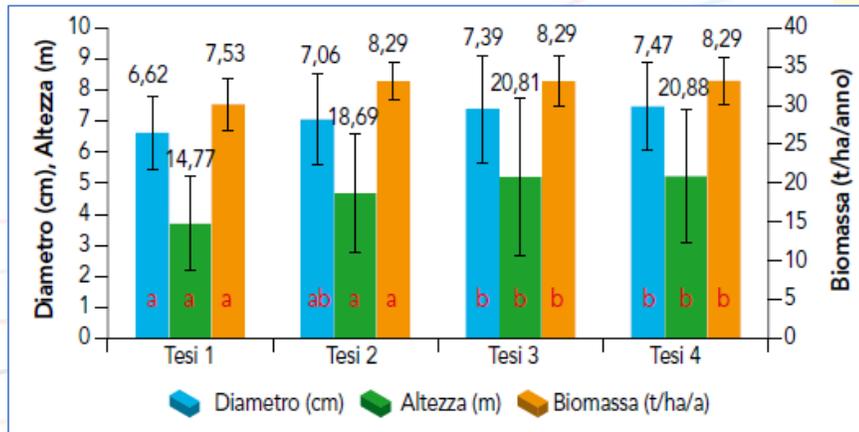
- Il 35% dell'acqua dolce in Europa è usato per l'irrigazione (70% media mondiale)
- Assicura il 46% della produzione agricola mondiale (23% della SAU; valori in crescita)
- Prevalgono sistemi a bassa efficienza irrigua: scorrimento (77%); pioggia (17%); goccia (6%)

Partecipanti:

- Mauro Pagano
- Giulio Sperandio
- Andrea Acampora
- Vincenzo Civitarese
- Carla Cedrola



| Tesi | Umidità terreno (%) (!) |
|------|-------------------------|
| T1 | ≤20 |
| T2 | ≤30 |
| T3 | ≤40 |
| T4 | ≤50 |



Dati di accrescimento al 3° anno per tesi

Centralina ingegnerizzata con sensori di umidità

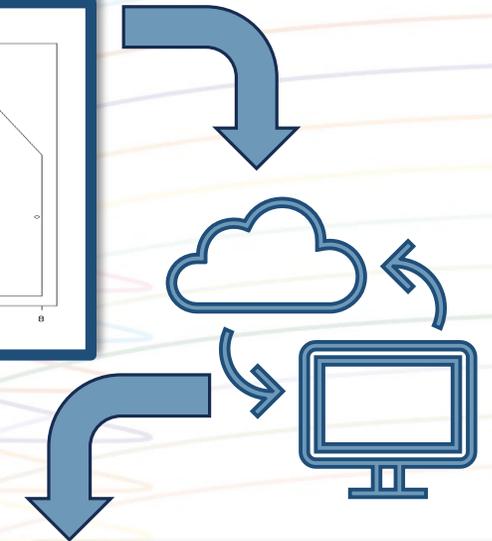
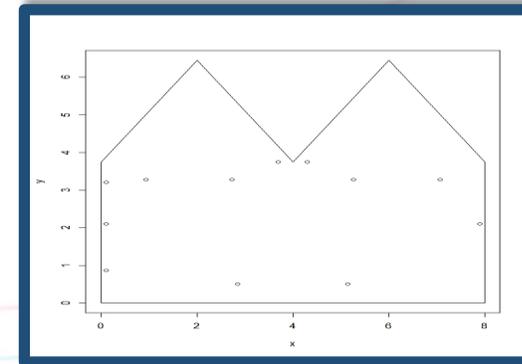
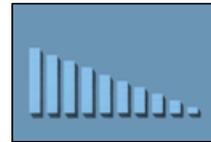
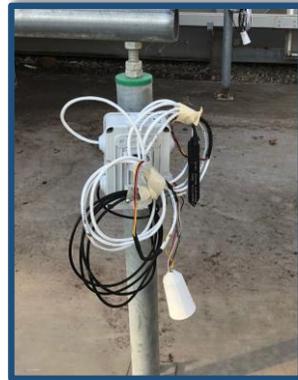
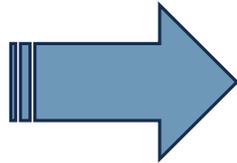
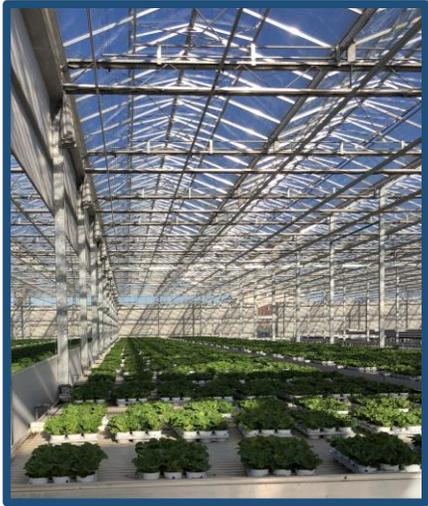


Sperimentate 4 tesi irrigue in relazione a 4 livelli di umidità del terreno

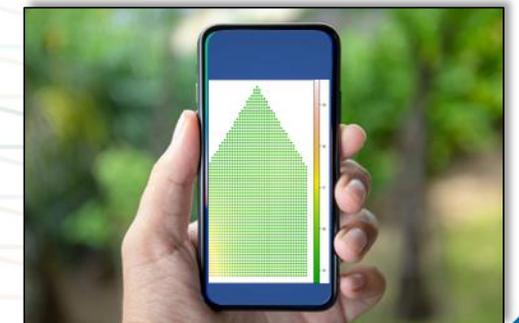
- Miglioramento delle performance produttive fino alla soglia del 40% di umidità del suolo.
- Risparmio idrico ed energetico a livelli di erogazione idrica intermedia con **riduzione del 58%** dei volumi irrigui

Task 1.7 Sviluppo di un SSD per la diagnosi energetica in serra

- 35 - 40.000 ha di serre in Italia di cui 6.000 ha sono riscaldati in inverno
- ~66% aziende orticole e ~34% aziende floricole
- 3 Mld € di PLV
- Bassa efficienza termica delle strutture, con alto valore di trasmittanza termica e difficile gestione dell'umidità
- Prevale il gasolio come fonte energetica per il riscaldamento e sistemi tradizionali per la distribuzione del calore

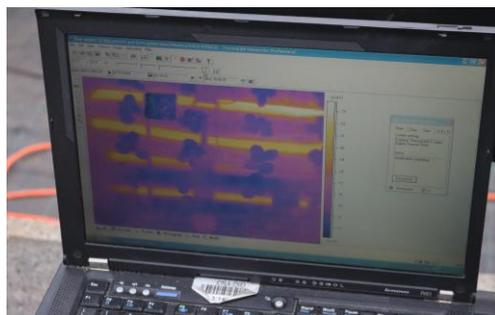


- Monitoraggio di lungo periodo di un moderno vivaio floricolo
- Rete di sensori con trasmettitori LoRA per registrazione dei principali parametri microclimatici
- Server per registrazione ed elaborazione
- Simulazione con tecniche di AR per individuare le variabili che influiscono maggiormente sul bilancio energetico
- Invio a dispositivo fisso/mobile dell'output
- Valutazione di azioni correttive mediante SSD (fino a 9% di riduzione dei consumi)



Sviluppo e prove comparative di un innovativo **sistema integrato** costituito da:

- un impianto di riscaldamento dell'acqua a **pompa di calore**
- un sistema di distribuzione dell'acqua mediante **tubi coassiali**



Grazie per l'attenzione!