

**Convegno finale
Progetto Agroener**

Roma, 29-30 novembre 2023

**Strumenti digitali e algoritmi per la
valutazione delle prestazioni di macchine e
cantieri agricoli e applicazioni di biometano**

Maurizio Cutini, Corrado Costa

CREA Centro di Ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari

Task 1.1: Sistemi avanzati di valutazione sperimentale delle caratteristiche e delle performance dei componenti delle macchine (ad es.: pneumatici, trasmissioni) al fine del miglioramento dell'efficienza energetica e prestazionale delle stesse.

I principali riferimenti per il calcolo della potenza e dei consumi dei trattori agricoli durante le lavorazioni si trovano nelle pubblicazioni di Grisso et al. che hanno poi determinato lo sviluppo degli standard ASAE.

Interessante l'approccio del governo spagnolo (seguito dalla Turchia e dalla Corea) che sulla base di un indice di efficienza e di una classificazione dei trattori, ricavato dai codici 2 dell'OCSE, hanno determinato i criteri d'incentivazione all'acquisto.

In particolare, gli studi su cui si basarono trovarono che il consumo di combustibile potesse variare tra le differenti marche e modelli del $\pm 17\%$.



Nel presente lavoro abbiamo utilizzato i dati dei report del Codice 2 dell'OCSE e condotto prove sperimentali presso il CREA-IT per sviluppare un algoritmo che prevedesse il consumo durante i lavori ad elevata richiesta di potenza al gancio.

Difatti, i trattori agricoli hanno avuto un rapido sviluppo in termini di trasmissioni e controllo della potenza del motore.

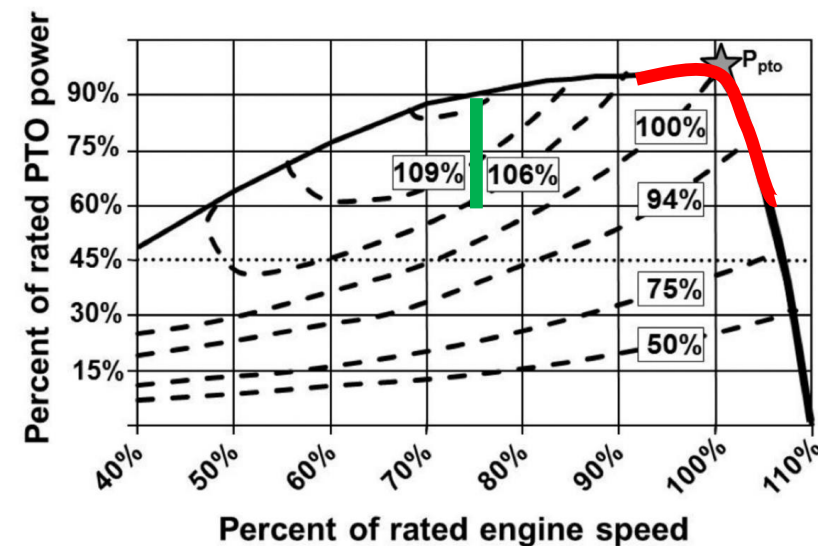
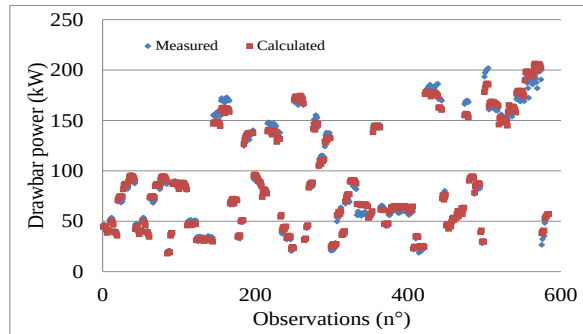


Figure 1. Engine power and speed map. Solid line indicates power curve. Dashed lines inside the envelope are constant fuel efficiency based on the rated PTO power measurement. Rated PTO power is indicated as P_{pto} (with a star), which is measured at rated engine speed.

A tal fine, abbiamo assunto che la potenza misurata alla presa di potenza fosse la massima disponibile.

È stato necessario determinare le perdite dovute:

- al rendimento della trasmissione;
- alla potenza utilizzata per l'autodislocamento del veicolo;
- allo slittamento.



AgEng 2018NL

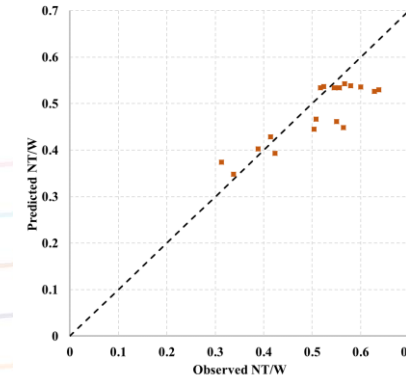
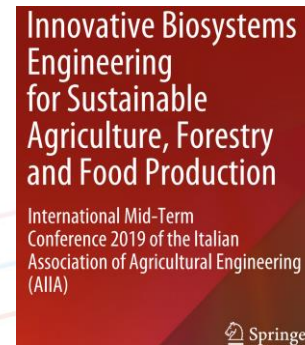
Proceedings of the European Conference on
Agricultural Engineering AgEng2018

Tractor Drive Line Efficiency Evaluation Taking into Account Power Lost in Slippage

Maurizio Cutini*, Massimo Brambilla, Carlo Bisaglia

Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni Agroindustriali (CREA-IT), Via Milano, 43 - 24047 Treviglio (BG), Italy

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



Efficiency of Tractor Drawbar Power Taking into Account Soil-Tire Slippage

M. Cutini, M. Brambilla, C. Bisaglia, D. Pochi and R. Fanigliulo



Il passo successivo è stato il ruolo dello pneumatico agricolo nell'efficienza energetica. Il parametro di maggior interesse per determinare la forza di trazione è risultato la **lunghezza dell'impronta**.

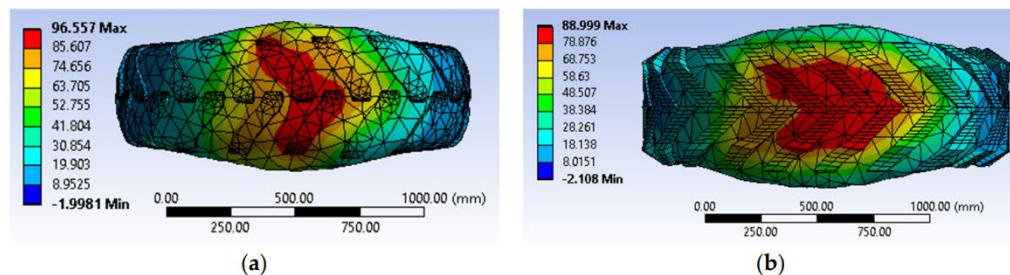


Figure 9. Examples of simulation of the 3D FEM tyre footprint for 420/85 R24 (a) and 460/85 R34 tyres (b) at the inflation pressure of 1.0 bar.



Article

An Experimental-Numerical Approach for Modelling the Mechanical Behaviour of a Pneumatic Tyre for Agricultural Machines

Alexandros Sotirios Anifantis¹, Maurizio Cutini² and Marco Bietresato^{3,*}



Figure 1. The footprint test layout.

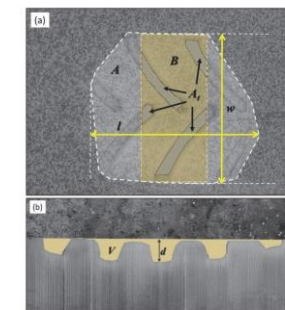


Figure 2. Example of image analysis of a PK footprint: top view (a) and section (b) at vertical-longitudinal plane containing the geometric center of the tire, with the representation of the lengths (w , l), the surface (A), the sample area (B), the area of the lugs (A_l), the volume (V) and the depth (d).



Figure 3. Traction test layout. The rear tires of the first tractor undergo testing. The vehicle in the middle is the DV. It is a modified tractor able to develop longitudinal force at the test tractor drawbar and be set up with a force transducer on the front and a fifth wheel on the rear for measuring forward speed. Some tests required an auxiliary tractor to increase the braking force (the red tractor in the picture).

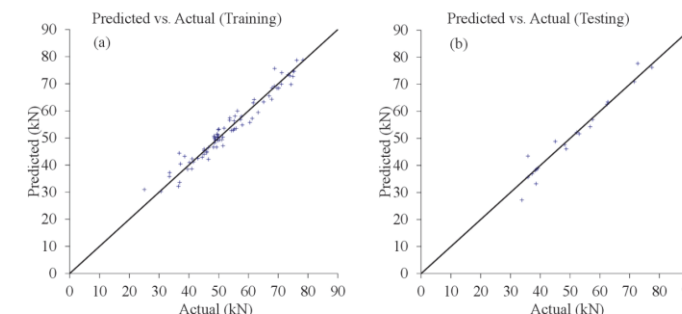


Figure 7. Graphs showing observed versus predicted drawbar pull data obtained from the ANN-MLFN model. (a) Graph of the training, (b) graph of the test. Each line represents $y=x$.

RELATIONSHIP BETWEEN THE 3D FOOTPRINT OF AN AGRICULTURAL TIRE AND DRAWBAR PULL USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Maurizio Cutini^{1,*}, Corrado Costa², Massimo Brambilla¹, Carlo Bisaglia¹

¹ CREA Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Council for Agricultural Research and Economics), Via Milano, Treviglio (BG) Italy.

² CREA Research Centre for Engineering and Agro-Food Processing, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (Council for Agricultural Research and Economics), Via della Pascolare, Monterotondo (Rome), Italy.

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



Lo studio sottolinea e quantifica l'importanza dell'utilizzo della corretta combinazione massa del trattore ed operatrice (slittamento).

La gestione del motore in eco influenza notevolmente il consumo specifico di carburante per ettaro (fino al 30%).

Le proprietà di trazione dello pneumatico hanno un'influenza minore. Tuttavia, lo studio evidenzia l'importanza di mantenere lo slittamento degli pneumatici vicino al 10%, il che significa che anche le prove di trazione sugli pneumatici agricoli devono essere effettuate su tali valori (7-10%).

Il risparmio di combustibile può arrivare al 30%.



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

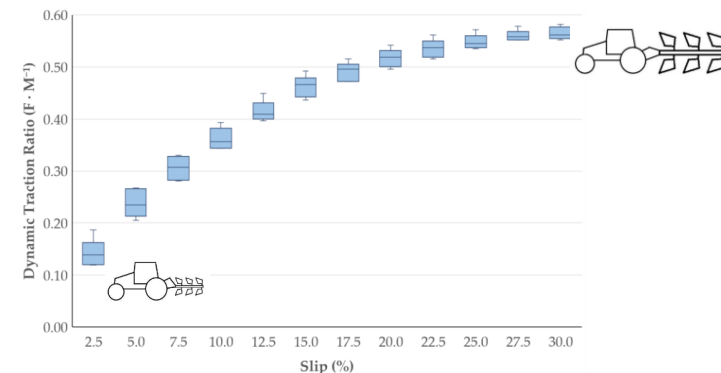


Figure 4. Boxplots representing the dynamic traction ratio during tests carried out at various levels of slip (highest and lowest data values, median, first and third quartiles).

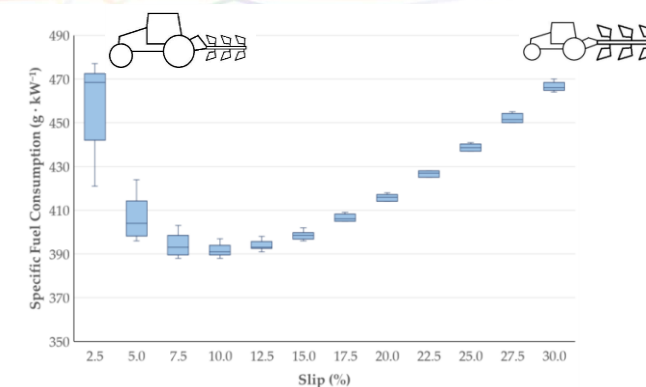


Figure 5. Boxplots representing the specific fuel consumption of the power at the drawbar during the tests carried out at various levels of slip (highest and lowest data values, median, first and third quartiles).

Task 1.2 Trattori ad alimentazione esclusiva o combinata a biometano.

È stato realizzato un prototipo sulla base di un motore esistente per veicoli commerciali alimentato a metano, inserito in un trattore standard.

Si sono svolte prove in condizioni controllate (sala prove e pista) confrontando il prototipo a metano (al centro e a destra nelle foto sotto) con un trattore di caratteristiche comparabili, alimentato a gasolio (a sinistra nella foto sotto) adottando il Codice internazionale OCSE n.2.

Infine, si sono effettuate prove di pieno campo eseguendo alcune lavorazioni agricole caratterizzati da diversi livelli di intensità e gravosità (erpicatura, ripuntatura, trasporto con rimorchio) in grado di influire non solo sulle prestazioni, ma anche sull'autonomia del prototipo.



Applied Engineering in Agriculture

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

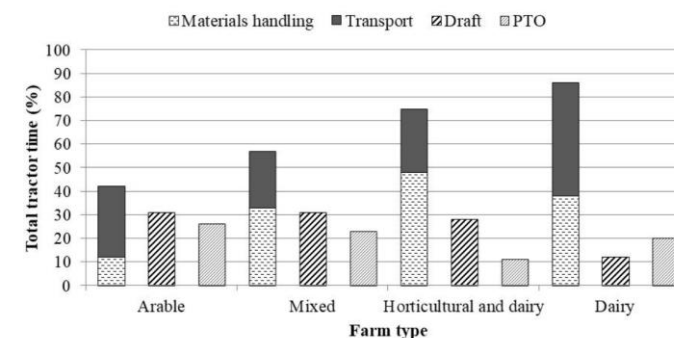


Figure 9. Distribution of four main functions (material handling, transport, draft, and PTO) in four different farms type requiring different tractor design and layout (Butterworth, 2012, modified).

Operatrici semoventi

Il metano è un combustibile utilizzabile anche nella motorizzazione di altri mezzi agricoli come, per esempio, nei carri trincia miscelatori per la distribuzione della razione in mangiatoia oppure nei caricatori telescopici.

Una valutazione energetica di confronto dei consumi indicativi dello stesso carro miscelatore a motorizzazioni diverse ha permesso di osservare risparmi fino al 50% del solo costo di carburante con un motore a biometano a fronte di una ridotta autonomia.



Stazioni di rifornimento di biometano per autoveicoli

Un ulteriore opzione da considerare è rappresentata dalla possibilità di erogare il biometano autoprodotta dalle aziende agricole alla cittadinanza.



Task 1.4: Sviluppo e testing sperimentale di algoritmi per la stima efficiente dei consumi delle lavorazioni agricole (ettaro-coltura)

Task 1.4 Leader: Corrado Costa

Sono stati sviluppati due applicativi online per la stima efficiente dei costi/consumi/emissioni delle operazioni agricole e forestali

Linea 1 di attività: Acquisizione dati relativi ai parametri tecnici, energetici ed economici inerenti le operazioni colturali agricole e le operazioni forestali

Referenti: Marco Fedrizzi, Giulio Sperandio, Daniele Pochi, Roberto Fanigliulo, Alberto Assirelli

Linea 2 di attività: Sviluppo dei modelli matematici multivariati

Referente: Corrado Costa (con la collaborazione di Luciano Ortenzi)

Linea 3 di attività: Sviluppo del software ed integrazione sul sito internet

Referente: Simone Figorilli

Linea 1 di attività: Acquisizione dati relativi ai parametri tecnici, energetici ed economici inerenti le operazioni colturali agricole e le operazioni forestali

Operazioni agricole

226 osservazioni

Aratura
Concimazione
Diserbo
Erpicatura
Semina
Trinciatura residui



Sono stati stimati:

- ✓ costi e consumi
- ✓ tempo di lavoro effettivo in diverse forme di campi agricoli

Operazioni forestali

176 osservazioni

Felling and processing
Extraction



Sono stati stimati:

- ✓ costi, consumi ed emissioni ad ora
- ✓ costi, consumi ed emissioni ad ettaro

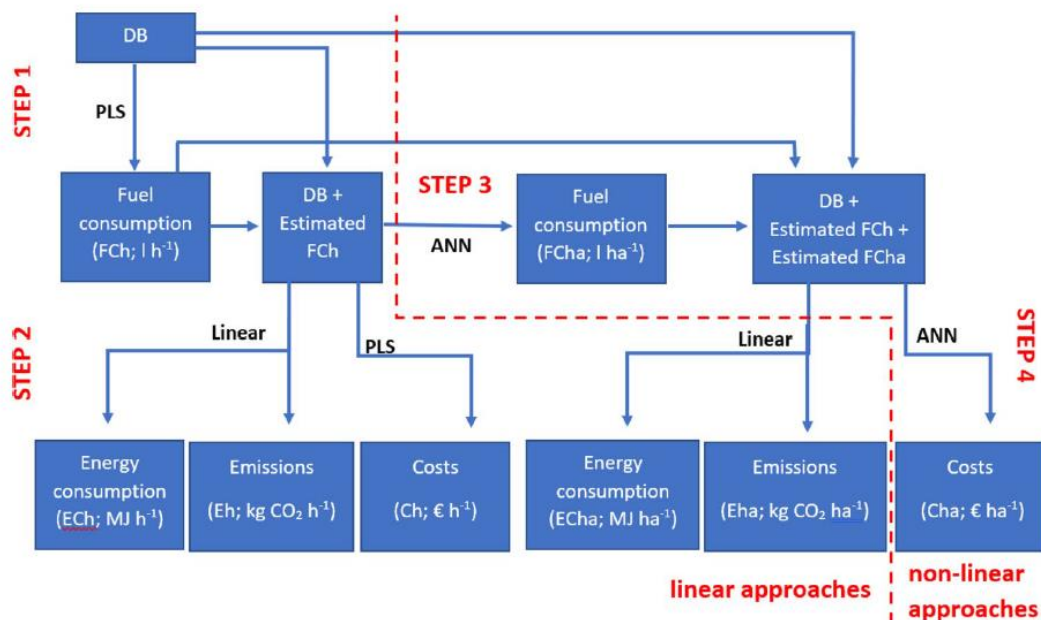
Linea 2 di attività: Sviluppo dei modelli matematici multivariati

Sono stati applicati approcci multivariati lineari (Partial Least Squares - PLS) e non-lineari (Artificial Neural Networks – ANN)



Approccio a 4 step:

- Lineare PLS per la stime orarie
- Non-lineare ANN per le stime ad ettaro



Approccio multivariato lineare PLS

Linea 3 di attività: Sviluppo del software ed integrazione sul sito internet

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)
 0.00

Step 3: Dati Meccanici

Potenza del motore/potenza richiesta (kW)
 00.00

Step 4: Dati Economici

Costo d'acquisto della macchina motrice o semovente (€)
 00.00

Costo d'acquisto della macchina operatrice (attrezzatura) (€)
 00.00

CALCOLA



Progetto AGROENER

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

Input 1: Dataset

Tipologia (Typology)
 abbattimento, abbattimento e allestimento, allestimento (felling, felling & processing, processing) ▼

Input 2: Dati Forestali (Forestry data)

OPERAZIONE (Operation)
☒ Abbattimento (felling)
☐ Abbattimento e allestimento (felling & processing)
☐ Allestimento (processing)
 GOVERNO (Management)
☒ Cedo (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
 0.00
 Volume Planta (Volume) m³
 0.00
 Prelievo (Harvest) m³/ha
 0

Input 3: Dati Meccanici (Mechanical Data)

Macchina (Machine)
☐ Feller-buncher & processor
☐ Harvester
☐ Motosega (Chainsaw)
 Potenza del motore (Power) kW
 00.00
 Carburante (Fuel)
 Miscela (Gasoline) ▼

Input 4: Dati Economici (Economic data)

Costo d'acquisto della macchina (Machine purchase price) €
 00.00

CALCOLA (COMPUTE)

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

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



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

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.

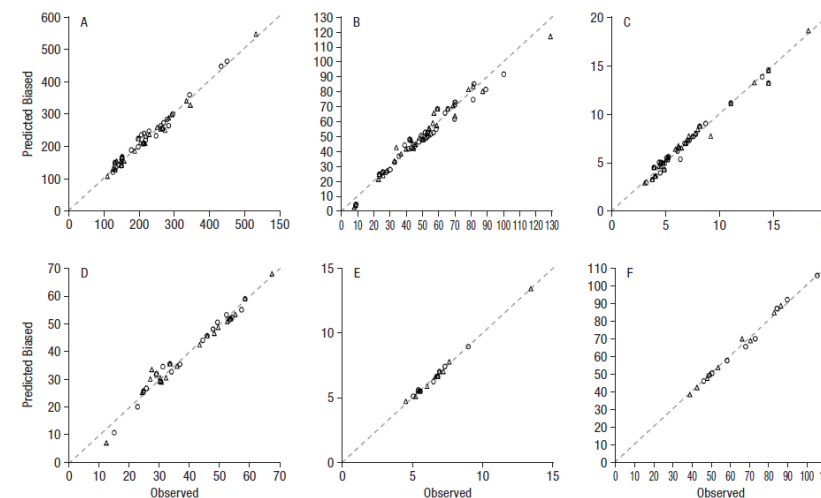


Figure 3. Scatter plot of the observed versus predicted (biased) values by the Partial Least Squares (PLS) models in estimating costs at different agricultural operations (A, ploughing; B, harrowing; C, fertilization; D, sowing; E, weed control; F, shredding). Triangles indicate the 50% samples used to calibrate/validate the models. Circles indicate 50% samples used to test the model. Dashed line represents the bisectrix (i.e., perfect attribution).

Table 8. Example of application of the prediction model of fuel consumption and unit costs for the six operations in a standard Italian farm.

Operations	Equipment type	Tractor engine power (kW)	Total work time (h/ha)	Tractor price (€)	Equipment price (€)	Fuel consumption prediction (kg/ha)	Mechanical operation cost (€/ha)
Ploughing	Double reversible plough	118.00	2.70	108307	5162.00	50.91	208.26
Fertilizing	Centrifugal fertilizer spreader	58.82	0.18	54532	500.00	1.13	6.50
Weed control	Sprayer	58.82	0.19	54532	2215.00	1.32	12.92
Harrowing	Disc harrow	58.82	1.39	54532	5060.00	12.91	63.93
Sowing	Pneumatic seed drill	58.82	0.89	54532	17000.00	1.36	53.49
Shredding	Shredder	58.82	1.64	54532	1000.00	1.83	99.44



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

An artificial neural network model to predict the effective work time of different agricultural field shapes

Marco Fedrizzi, Francesca Antonucci, Giulio Sperandio, Simone Figorilli, Federico Pallottino and Corrado Costa
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 (Rome), Italy.

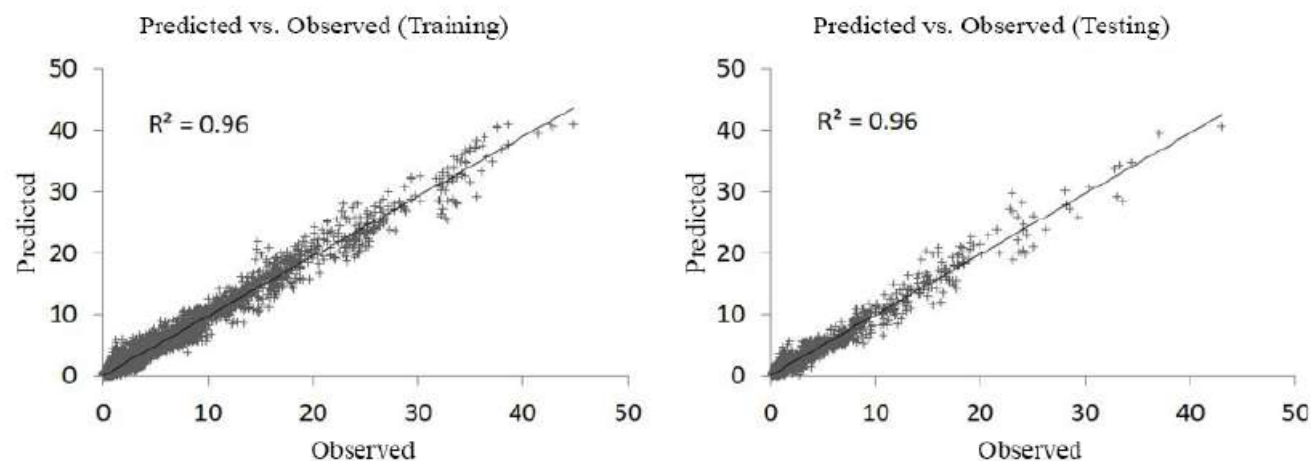


Figure 3. Scatter plot of the observed vs predicted net time (NT) obtained from the GRNN model. Left side: scatter plot of the training. Right side: scatter plot of the internal test. Lines represent the bisectrices (*i.e.*, perfect attribution). R^2 values are reported.

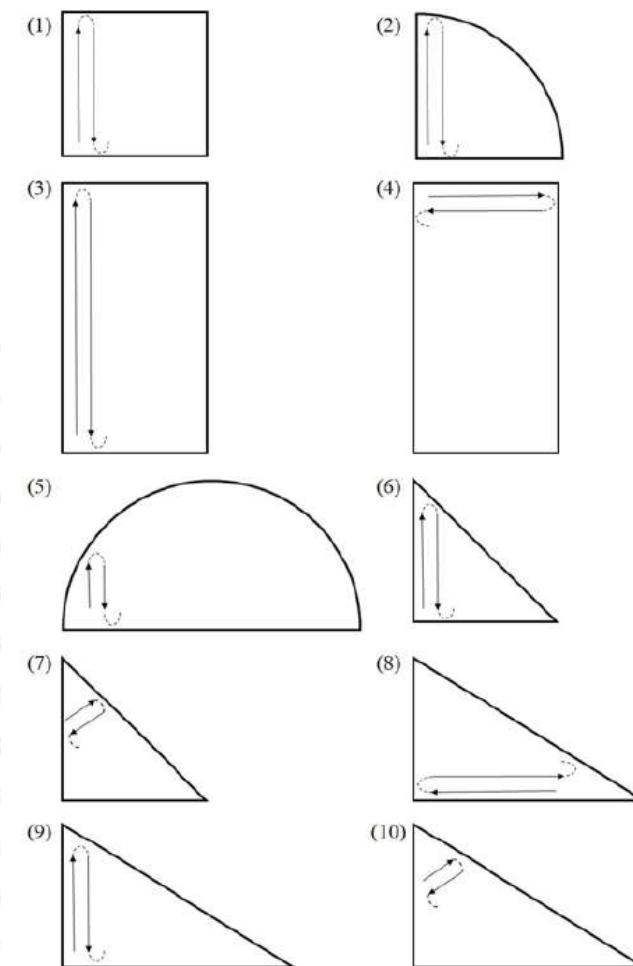


Figure 1. Ten different agricultural field shapes and the working directions considered in this study. Dashed lines represent turnings.

Risultati

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

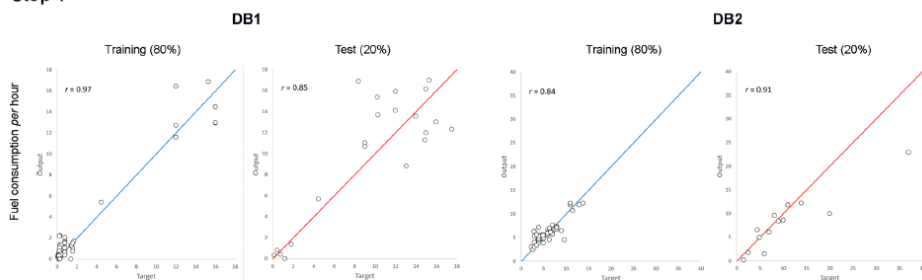
Giulio Sperandio¹ · Luciano Ortenzi^{1,3,4} · Raffaele Spinelli² · Nataschia Magagnotti² · Simone Figorilli¹ · Andrea Acampora¹ · Corrado Costa¹

Received: 13 June 2022 / Revised: 2 October 2023 / Accepted: 14 October 2023

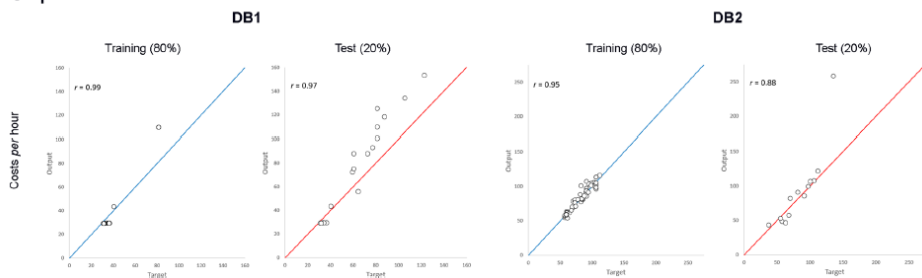
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2023



Step 1



Step 2



Input 1: Dataset

Tipologia (Typology):

Input 2: Dati Forestali (Forestry data)

OPERAZIONE (Operation):
☐ Abbattimento (felling)
☐ Abbattimento e allestimento (felling & processing)
☐ Allestimento (processing)

GESTIONE (Management):
☐ Ceduo (Coppice)
☐ Puntata di transizione (Transitional high forest)
☐ Puntata (High forest)

SPECIE (Species):
☐ Castoreo (Castoreo)
☐ Misto (Mixed)
☐ Lettiglia (Hardwood)

TRATTAMENTO (Treatment):
☐ Arricchimento all'alto fusto (Enrichment 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:

Volume Pianta (Volume) m³:

Input 3: Dati Meccanici (Mechanical Data)

Macchina (Machine):
☐ Feller-buncher & processor
☐ Harvester
☐ Motosega (Chain saw)

Potenza del motore (Power) kW:

Carburante (Fuel):

Input 4: Dati Economici (Economic data)

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

CALCOLA (COMPUTE)

Input 1: Dataset

Tipologia (Typology):

Input 2: Dati Forestali (Forestry data)

GESTIONE (Management):
☐ Ceduo (Coppice)
☐ Puntata di transizione (Transitional high forest)
☐ Puntata (High forest)

SPECIE (Species):
☐ Castoreo (Castoreo)
☐ Misto (Mixed)
☐ Lettiglia (Hardwood)

TRATTAMENTO (Treatment):
☐ Arricchimento all'alto fusto (Enrichment into high forest)
☐ Diradamento (Thinning)
☐ Taglio a raso (Clear-cutting)
☐ Diradamento selettivo (Selective thinning)

DBH medio (mean DBH) cm:

Volume Pianta (Volume) m³:

Volume Pianta (Volume) m³:

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

CALCOLA (COMPUTE)

Consumo di carburante (Fuel consumption): 5.77 (l/h) [3.55; 15.09]
 Consumo energetico (Power consumption): 347.15 (MJ/h) [149.1; 545.2]
 Emissioni (Emissions):
 13.29 (KgCO₂/h) [5.71; 20.87]
 Costi (Costs):
 93.48 (€/h) [59.83; 127.13]
 Consumo di carburante (Fuel consumption): 282.62 (l/ha) [279.79; 285.45]
 Consumo energetico (Power consumption): 21351.28 (MJ/ha) [21137.77; 21564.79]
 Emissioni (Emissions):
 1696.57 (KgCO₂/ha) [1679.6; 1713.54]
 Costi (Costs):
 3475.11 (€/ha) [3440.36; 3509.86]

**NUOVO CALCOLO
(NEW COMPUTE)**

CREA-IT 1961

