

Speciale
DICHIARAZIONE IVA

14 - 20 febbraio 2004 - Anno XLV - € 1,70

TERRA E VITA

Il settimanale dell'agricoltura

n. 8

Quando il cibo è salute
ma anche reddito

Primo Piano

Mais, contro le micotossine
ci sono solo gli Ogm

La mano della criminalità
sulle campagne

Iva, il modello VR
per la richiesta di rimborso



SPECIALE

Mietitrebbie

**NUOVI SERVIZI BASF
A PAG. 5**



**PROMESSA
RACCOLTA.**

BASF, coltiviamo idee.

BASF Agro Spa **BASF**

 edagricole

Milano, 31.05.2004. (ore) Edagricole (s.p.a.) - Cas. Post. 31206 - 40100 Bologna - ISSN 0040-3776 - Spedizione in a.p. - 45% - art. 2 comma 2076 legge 662/96 - Filiale di Bologna
in responsabilità e consegna, inviato a ufficio BO (MIR) per la costituzione al mittente, che si impegna a versare la dovuta tassa.

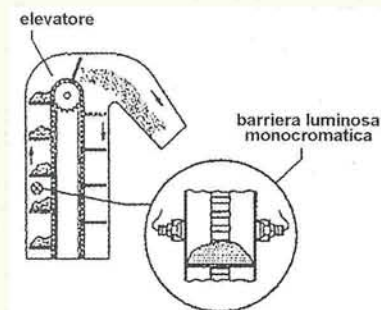
Misurare la resa con precisione

Un buon monitoraggio serve anche in condizioni di raccolta sfavorevoli

■ di M. Carrara (1), D. Pessina (2), A. Comparetti (1), S. Orlando (1)

Nella raccolta di cereali, l'elettronica permette di controllare e gestire al meglio la qualità di molte operazioni, tra cui il rilevamento della *produzione istantanea* e delle *perdite di granella*. L'utilizzo di appositi sensori per la misura dei necessari parametri è indispensabile per ottenere mappe di produttività specifica, in funzione della posizione della macchina operatrice.

▲ Fig. 1 - Un esempio della varietà di sensori montati sulle più moderne mietitrebbiatrici per misurare numerosi parametri di lavoro.



▲ Fig. 2 - Schema di funzionamento e vista applicativa di un sensore di resa di tipo ottico.

Le più moderne mietitrebbiatrici sono dotate di sensori (Fig. 1) per misurare: la resa istantanea; l'umidità del raccolto (spesso si rileva la capacità dielettrica della granella); la densità del prodotto, per convertire i dati volumetrici in valori di massa; la localizzazione della mietitrebbiatrice sul campo, con il Gps o il Dgps (Gps differenziale, per ridurre l'errore intrinseco del Gps); la larghezza di taglio effettiva (tramite rilevatori

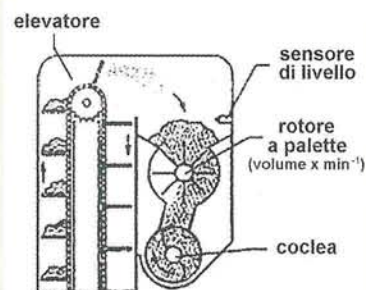
(1) Dip. Ingegneria e Tecnologie Agro-Forestali - Università degli Studi, Palermo
(2) Istituto di Ingegneria Agraria - Università degli Studi, Milano

di distanza a ultrasuoni); la velocità di avanzamento; l'angolo di direzione; le perdite di granella ecc...

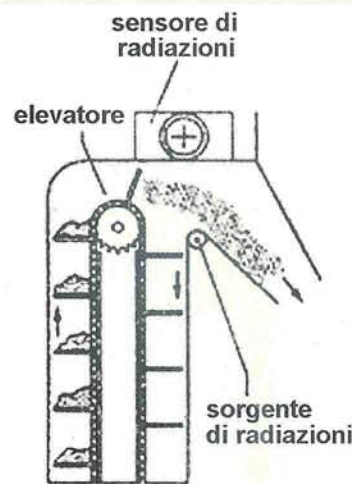
SISTEMI DIRETTI E INDIRETTI

Tra i numerosi tipi di sensore applicati alle più recenti mietitrebbiatrici, quelli di resa hanno avuto una particolare attenzione da parte dei costruttori perché, probabilmente, il parametro controllato è quello che meglio fornisce un'informazione immediata sull'entità del lavoro della macchina. Spesso, inoltre, per monitorare la resa non si utilizza un unico sensore, ma un sistema che coinvolge anche altri strumenti, allo scopo di ottenere una valutazione più precisa, anche in condizioni operative non ottimali.

I sistemi per la misura della resa sulle mietitrebbiatrici si possono classificare in:



▲ Fig. 3 - Schema di funzionamento di un sensore di resa con rotore a palette.



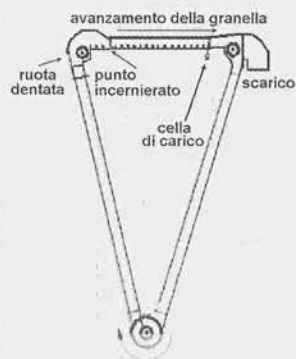
▲ Fig. 4 - Schema di funzionamento di un sensore di resa con detector a raggi gamma.

- diretti: il flusso del prodotto viene in contatto con un elemento sensibile. L'elemento fornisce un segnale che è diretta funzione dell'intensità del parametro rilevato, di solito in termini di massa (oppure peso) e volume (si misura la portata volumetrica);

- indiretti: si misurano vari parametri che possono essere messi in relazione con la quantità del raccolto (vibrazioni a seguito di impatto, intensità luminosa, di radiazione, ecc.).

▶ TAB.1 - Specchietto riassuntivo delle tolleranze massime dichiarate e dei fattori che influenzano la precisione dei vari tipi di sistema di rilevazione della resa.

Tipo sensore	Precisione dichiarata	Possibili influenze sulla precisione
Raggio luminoso	± 3%	Pendenza terreno
Rotore a pale	± 1%	Densità, umidità, pendenza terreno
Radiometria	± 1%	Radioattività
Triangolo elevatore	± 5%	Umidità
Misuratori a impatto	± 2-3%	Cambiamenti velocità del flusso, polvere, infestanti, impurità
Variazione costante dielettrica	scarsa	Distribuzione granella, umidità, capacità esterna, campo elettrico
Sensori piezoelettrici	elevata	Umidità, temperatura, accelerazione (terreno accidentato)



▲ Fig. 5 - Schema di funzionamento di un sensore di resa a cella di carico.

Sensore ottico

Tramite una fonte di luce monocromatica, viene misurato il livello di riempimento delle camere dell'elevatore, che trasportano la granella pulita al serbatoio della mietitrebbiatrice (Fig. 2). In funzione del grado di riempimento di ogni paletta, si originano tempi di alternanza differenti di luce/buio, che vengono correlati alla portata volumetrica di prodotto. Sono spesso presenti anche sensori per la determinazione in continuo della densità

e dell'umidità, per convertire il dato volumetrico in massa raccolta. Su terreno in pendenza, si utilizzano sensori angolari per compensare l'imprecisione dovuta allo scivolamento laterale della granella. In condizioni ottimali, se associato ad un sensore d'umidità, si possono ottenere misure con errori di $\pm 3\%$.

Rotore a palette

Un rotore a palette, posto all'uscita dell'elevatore, si muove in funzione dell'intensità di flusso della granella; il volume raccolto è calcolato moltiplicando il volume fisso tra una paletta e quella adiacente per i giri di rotazione (Fig. 3). Integrando i dati con quelli di umidità del prodotto, si possono ridurre gli errori a $\pm 5\%$ max. È comunque necessaria una calibratura manuale della densità del raccolto, da preprogrammare nel calcolatore della resa.

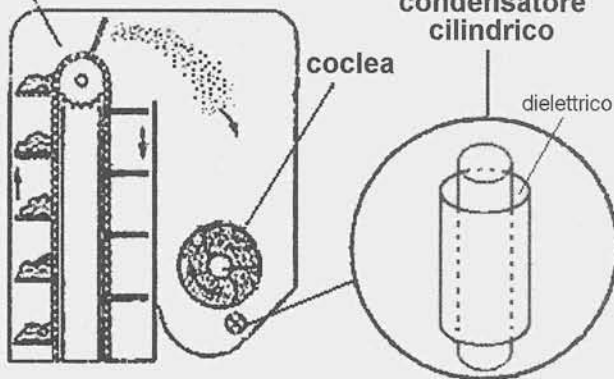
Detector a raggi gamma

Un complesso generatore-ricevitore di radiazioni a bassissima intensità è collocato sul percorso del prodotto: l'entità dell'assorbimento dei raggi gamma, dovuta alla presenza della granella, viene misurata dal detector (Fig. 4). La portata è quindi in funzione dell'intensità del segnale captato. Un sensore di umidità integra l'informazione, per ottenere letture con errore max di $\pm 1\%$.

Cella di carico

Nell'elevatore viene aggiunta una ruota dentata supplementare, distanziata di circa un metro da quella preesistente. Si

elevatore



▲ Fig. 7 - Schema di funzionamento di un sensore di resa a condensatore.

forma pertanto un braccio orizzontale, incernierato all'ingresso della granella, che agisce come una "sezione attiva", rilevando in continuo il peso del prodotto che scorre (Fig. 5). All'estremità del braccio sensibilizzato è collocata una cella di carico, che misura la forza di compressione prodotta dal peso della granella. La precisione dichiarata è di $\pm 5\%$.

Rilevatore di impatto (piastra curva con cella di carico)

La granella impatta su una piastra curva, posta all'estremità superiore dell'elevatore.

La piastra è isolata meccanicamente dalla mietitrebbiatrice, in modo che le forze incidenti siano proporzionali solo alla portata, misurata in termini di peso, senza interferenze. La piastra può ruotare intorno a un asse; il trasduttore di forza misura quindi il momento e, in relazione a un braccio fisso, si ricava la forza (Fig. 6). Il sensore può essere utilizzato per ogni tipo di raccolto, senza ricalibratura di base. Uno dei vantaggi quindi è che il sensore deve essere calibrato una sola volta per stagione. Il costruttore dichiara un errore massimo del 7%.

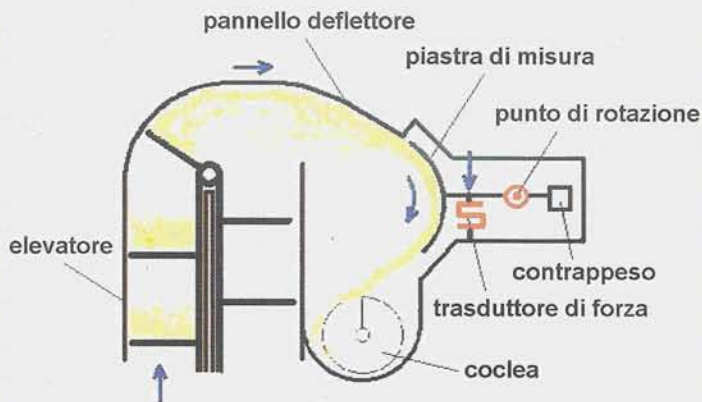
Condensatore (costante dielettrica)

Viene misurata la variazione della costante dielettrica che si verifica in una miscela aria/granella all'aumentare della quantità del cereale presente. In pratica, è costituito un condensatore, di tipo cilindrico, posto al termine della coclea di scarico (Fig. 7). La costante dielettrica aumenta all'aumentare della quantità di granella, poiché il valore tipico dell'aria è molto prossimo a quello del vuoto, che fa da riferimento (= 1).

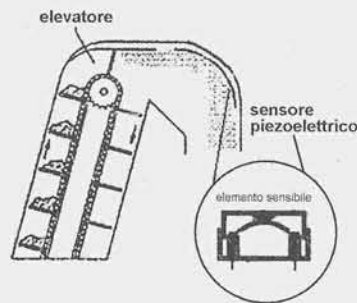
Sensore piezoelettrico

Il sensore converte tipicamente sforzi di trazione, compressione o taglio in un segnale di carica elettrica. Ha un'eccellente risposta ai fenomeni dinamici, dovuta alla sua bassa inerzia e all'elevata rigidità degli elementi che lo compongono (Fig. 8).

È molto robusto e di ridotte dimensioni; risulta però sensibile al-



▲ Fig. 6 - Schema di funzionamento di un sensore di resa a piastra curva con cella di carico.



▲ Fig. 8 - Schema di funzionamento di un sensore di resa piezoelettrico.

l'umidità e alla temperatura. Quest'ultima può essere compensata mediante l'utilizzo di amplificatori con caratteristica termica opposta. Sulle mietitrebbiatrici si possono monitorare sia la forza che la pressione: nel primo ca-

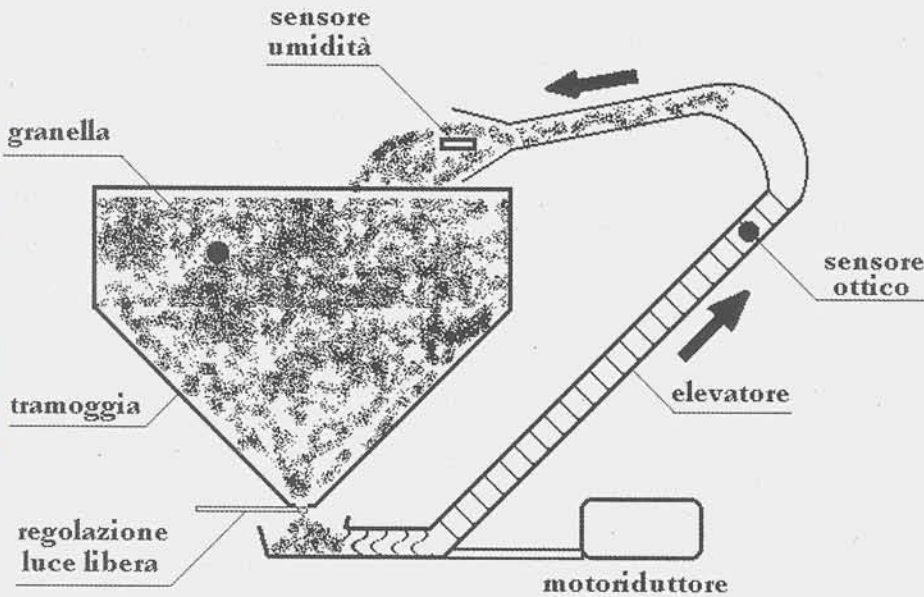
so la sollecitazione viene applicata direttamente sul cristallo; nel secondo viene frapposto un diaframma per convertire la pressione in forza.

SISTEMI AFFIDABILI E PRECISI

Tutti i sistemi descritti risultano in teoria affidabili e precisi: i rispettivi ideatori-progettisti e i costruttori di mietitrebbiatrici che li montano dichiarano degli errori massimi limitati a qualche punto percentuale (di solito tra il 3% e il 7%), in più o in meno rispetto al valore esatto, quest'ultimo ovviamente ricavato a posteriori e con una rilevazione analitica in prove appositamente organizzate allo scopo.

In realtà, a fronte di un'elevata precisione di misura dichiarata, tutti i sensori di resa presentano vantaggi e svantaggi, specie in condizioni di raccolta non ottimali (Tab. 1). La realtà di campo è infatti molto variabile, e può presentare talvolta condizioni operative notevolmente sfavorevoli. Un'accurata verifica delle loro prestazioni è quindi quanto mai opportuna.

Il Dipartimento Itaf dell'Università di Palermo e l'Istituto di Ingegneria Agraria dell'Università di Milano hanno messo a punto



▲ Fig. 9 - Schema del banco prova di sistemi di resa per mietitrebbiatrici, in questo caso allestito per la verifica della precisione e dell'affidabilità del sensore di tipo ottico.

ESSICCATOI ECOLOGICI PER CEREALI



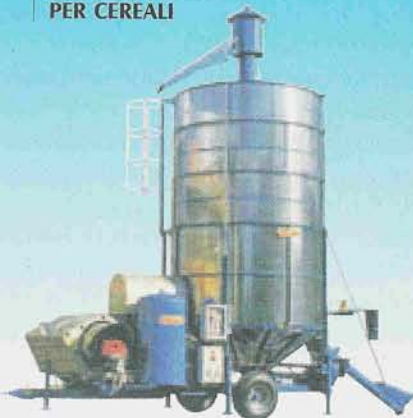
BARRA COMPLETA PER LA RACCOLTA DEL GIRASOLE



BARRA COMPLETA PER RACCOLTA DI PRODOTTI IN ANDANE



ESSICCATOI PER CEREALI



LIVELLAMENTI POSTERIORI PER MIETITREBBIE



CONTENITORI PER CEREALI
CONTENITORI PER MANGIMI SFARINATI E PELLETS



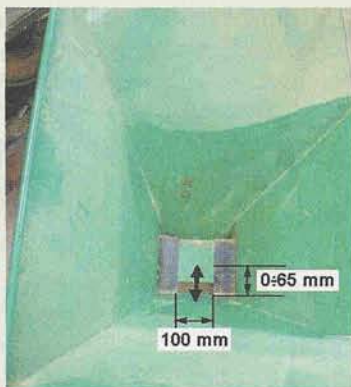
ZAFFRANI

62014 CORRIDONIA (MACERATA) • ITALY • TEL. +39.(0) 733.281385 • FAX +39.(0)733.292858
Http://www.zaffrani.it • E-mail: f.lli.zaffrani@mercurio.it

studimedia



▲ Fig. 10 - Vista della tramoggia (a sinistra) e della regolazione grossolana della luce libera di caduta della granella.

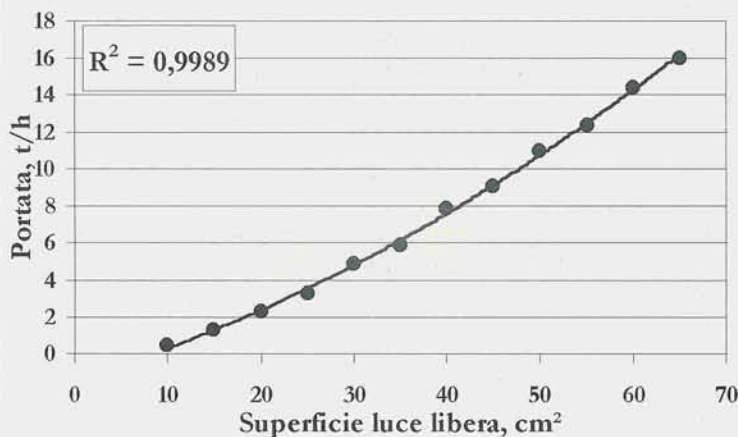


un banco prova per sistemi di rilevazione della resa su mietitrebbiatrici, con l'obiettivo di verificare la precisione (e l'affidabilità) dei vari sensori illustrati, completi dell'elettronica di elaborazione dei segnali e visualizzazione dei dati, soprattutto nelle più comuni condizioni critiche riscontrabili nel lavoro in campo, quali ad esempio rapide variazioni di flusso, funzionamento su terreni declivi, irregolarità di rotazione della coclea elevatrice ecc.

Ci si è proposti anche di verificare la facilità di calibrazione, che si rende necessaria con maggior o minore frequenza, a seconda del tipo di sensore applicato, soprattutto quando varia in modo notevole l'umidità del prodotto da raccogliere, la sua densità (es. cambio di cultivar) o cambia il cereale da raccogliere.

Il principio applicato è stato quello del ricircolo di una sufficiente quantità di granella, preliminarmente caratterizzata con accuratezza in termini di umidità e densità, facendola transitare per caduta libera attraverso una luce libera di ampiezza regolabile, in modo da ottenere un flusso costante nel tempo, regolabile entro i limiti stabiliti (Fig. 9).

Il banco è costituito da una tramoggia che contiene il cereale; sul fondo è stata ricavata una luce libera regolabile, di forma rettangolare, di profondità costante (100 mm) e larghezza variabile tra 0 e 65 mm, con possibilità di definizione grossolana tramite un semplice riferimento e regolazione fine con comparatore centesimale (Fig. 10).



▲ Fig. 11 - Curva di taratura del banco per una superficie di passaggio tra 10 cm² e 65 cm², corrispondenti a portate variabili tra 0,4 t/h e 16 t/h circa.

La granella transitata dalla luce libera della tramoggia va a costituire un flusso di portata nota, che confluisce tramite un convogliatore nel gruppo elevatore-coclea di volta in volta esaminato, dove è montato il sistema di rilevazione della resa.

Infine, la granella in uscita dall'elevatore in prova riconfluisce nella tramoggia, per ricominciare il percorso illustrato. Un motoriduttore elettrico a regime regolabile provvede all'azionamento dell'elevatore che movimentava il prodotto, in modo da poter adeguatamente riprodurre (o anche eventualmente variare) la normale velocità di scorrimento delle palette e della coclea sulla mietitrebbiatrice.

Dopo la preventiva caratterizzazione della granella di frumento tenero utilizzata per le prove conoscitive (massa volumica 810 kg/m³; umidità 12,6 %), l'operazione primaria è stata pertanto quella di tarare la luce libera della tramoggia, in funzione della portata, ottenuta per caduta libera.

Sono stati quindi ricavati valori di flusso del prodotto, aumentando la larghezza dell'apertura tra 10 e 65 mm, per intervalli di 5 mm, corrispondenti quindi a una luce libera variabile tra 10 e 65 cm².

LA CURVA DI TARATURA

Per ogni misurazione sono state realizzate tre ripetizioni, pesando il prodotto intercettato con una bilancia con lettura minima pari allo 0,01% f.s., per un intervallo di tempo costante (8, 10 o 20 s), misurato con cronometro digitale con indicazione 1/100 s.

La curva di taratura del banco così ottenuta (Fig. 11) permette di simulare portate variabili di prodotto tra 0,4 t/h e 16 t/h circa, e risulta quindi rappresentativa di un'ampia gamma di situazioni realmente riscontrabili, dalla più critica (per il valore minimo) alla più rosea (per il massimo), dal punto di vista delle rese agronomiche.

La miglior regressione (con un ottimo valore di R²) è fornita da una curva parabolica, anche se la concavità (verso l'alto) è molto poco pronunciata. Molto probabilmente il fenomeno ha in teoria un andamento lineare, ma alcuni fattori esterni (l'attrito interno delle cariossidi, e quello di queste con le pareti della tramoggia, ad esempio) e piccole imprecisioni di misura (peraltro trascurabili) hanno modificato leggermente il risultato teorico. In queste prime prove conoscitive, il banco prova si è dimostrato funzionale ed affidabile, e di agevole caratterizzazione. Sono già state programmate alcune modifiche atte a rendere più precisa e spedita la rilevazione dei dati sperimentali. Il programma futuro prevede che, dopo aver ricavato le curve di taratura per i principali cereali (con una densità standard e per tipici valori di umidità di raccolta), esso potrà essere utilizzato per verificare le prestazioni dei diversi sensori di resa, simulando soprattutto condizioni operative critiche (rapide variazioni di flusso, raccolta su terreno declive, irregolarità di rotazione della coclea elevatrice, ecc.), quando l'errore di misura dell'intero sistema può diventare notevole. ■