

• PROVE DELL'UNITÀ DI RICERCA PER L'INGEGNERIA AGRARIA DEL CRA

Nuova testata di raccolta in prova su pioppo biennale

La testata GBE1 montata sulla Claas Jaguar 860 ha permesso, rispetto alla testata HS2, di contenere i costi di raccolta e di operare su piante di maggiori dimensioni. La prossima sfida sarà modificare l'apparato trinciante della Claas Jaguar per ottenere un cippato di pezzatura superiore

di Luigi Pari,
Vincenzo Civitarese

Le nuove varietà di pioppo, appositamente selezionate per la produzione di biomassa, hanno dimostrato accrescimenti e produttività notevolmente superiori rispetto a quelle raggiunte dalle varietà tradizionalmente impiegate nella produzione di carta e/o compensato. Il limite operativo delle testate da biomassa HS-1 e HS-2, finora utilizzate nella raccolta del pioppo, era rappresentato dal diametro basale delle piante pari a 80 mm circa. L'orientamento della ricerca nella meccanizzazione della raccolta delle Srf (Short rotation forestry) è stato diretto verso lo sviluppo di una testata in grado di operare anche su piante di dimensioni maggiori. Le piante delle nuove varietà, infatti, possono raggiungere il limite sopra citato anche a 1 anno di età nelle zone perimetrali degli appezzamenti.

La testata GBE-1 sviluppata appunto per rispondere a questa nuova esigenza, nasce da un progetto che ha visto la collaborazione tra l'azienda di contoterzisti Veneta Mais e la Società Biomasse Europa. Il Cra-Ing, Unità di ricerca per l'ingegneria agraria, allo scopo di verificare la funzionalità della nuova testata e valutarne l'operatività e i costi di esercizio, ha effettuato rilievi sperimenta-

li su un cantiere di raccolta di pioppo R2F2 presso il comune di San Bonifacio (Verona).

Caratteristiche della coltura

La coltura si presentava in buono stato fitosanitario e con scarsa presenza di erbe infestanti. L'altezza e il diametro basale medi della pianta sono risultati essere rispettivamente 7,67 m (deviazione standard $\pm 0,94$ m) e 69,44 mm (deviazione standard $\pm 15,80$ mm), mentre il diametro massimo misurato nell'impianto è stato di

120 mm. La coltura non aveva subito nessuna ceduzione precedente e il numero medio di fusti per ceppaia di altezza non inferiore a 1,5 m è risultato pari a 1,46. La percentuale di materiale legnoso di piccole dimensioni è risultato trascurabile e non in grado di influenzare negativamente la qualità del prodotto raccolto.

Tempi di lavoro

Nella *tabella 1* sono riportati i tempi rilevati nel corso del lavoro di raccolta dell'intero cantiere. L'azienda dove erano rico-

L'organizzazione dei lavori

CANTIERE DI RACCOLTA. Era costituito da una macchina falciatriniciatrice Claas Jaguar 860 equipaggiata con testata per la raccolta delle short rotation forestry (srf) modello GBE-1 e da due trattrici agricole trainanti due carri con cassoni ribaltabili per la raccolta del prodotto. Il centro di stoccaggio, distante 400 m dal campo, è stato predisposto presso la stessa azienda agricola.

CARRI PER TRASPORTARE IL CIPPATO AL CENTRO DI STOCCAGGIO. Il cantiere per la movimentazione del prodotto raccolto era costituito da un trattore John Deere H-6420 da 85 kW (116 CV) trainante un carro Alberti P80R, e un trattore Same Silver 100.4 UDT2 da 74 kW (101 CV) trainante un carro Cappellotto CAO 80 R. Il carro Alberti e il carro Cappellotto montavano due cassoni ribaltabili del volume utile di trasporto pari rispettivamente a 16 e 25 m³.

CENTRALE SAN MARCO DI BANDO D'ARGENTA (FERRARA). La centrale, della potenza installata di 22 MW, richiede ogni anno un quantitativo di biomassa pari a 220-280.000 t. Una parte di questo materiale viene prodotto da agricoltori di tre regioni (Emilia Romagna, Veneto e Friuli). A fare da collettore tra i soggetti coinvolti è Biomasse Europa, una delle società fondatrici del Cner (Consorzio nazionale energie rinnovabili agricole).

CAMPI. Le prove di raccolta si sono svolte nel gennaio 2008 presso l'azienda agricola Colombari Rita a San Bonifacio in provincia di Verona. L'impianto (*foto A*), realizzato con talee della varietà AF2 nel marzo 2006, si presentava con due anni radici e due anni di fusto (R2F2). I rilievi in campo hanno evidenziato una distanza media tra le file e sulla fila pari rispettivamente a 2,93 e 0,57 m, con un investimento di 6.300 piante/ha. Le fallanze sono risultate pari al 4,35%. Il campo, di forma rettangolare e giacitura pianeggiante, si estendeva su una superficie lorda di 1,0096 ha (superficie netta 0,854 ha) ed era composto da 18 filari della lunghezza media di 169,81 m.



Foto A - Impianto a file singole di AF2 con due anni di radice e due anni di fusto

La metodologia utilizzata

RILIEVI SULLA COLTURA. Sia nella fase che precede la raccolta sia in quella successiva, per la valutazione della qualità del lavoro della raccogliitrice, i rilievi sono stati effettuati secondo la metodologia pubblicata sulle «Linee guida per l'esecuzione delle prove di raccolta in Srf» del Department of Forestry della Aberdeen University (Mitchell *et al.*, 1997).

RILIEVO DELLE PRESTAZIONI DELLE MACCHINE NELLA RACCOLTA. I tempi di raccolta sono stati rilevati secondo la metodologia ufficiale della Commission internationale de l'organisation scientifique du travail en agriculture (Ciosta) e la raccomandazione dell'Associazione italiana di genio rurale (Aigr) 3A R1, provvedendo a registrare su un apposito software sviluppato in ambiente Visual Basic i tempi necessari alle diverse operazioni durante la raccolta ed eseguendo successivamente le elaborazioni dei dati acquisiti.

RILIEVO DELLA QUALITÀ DI LAVORO. Allo scopo di valutare la qualità del lavoro svolto dalla macchina operatrice sono stati rilevati i danni al terreno, l'altezza di taglio, i danni subiti dalle ceppaie in seguito al taglio e le perdite di prodotto.

CLASSIFICAZIONE DEL PRODOTTO RACCOLTO. Il prodotto raccolto è stato classificato seguendo la metodologia ufficiale proposta nelle specifiche tecniche del Comité européen de normalisation (TS/CEN), dalla fase di campionamento (CEN/TS, 2006) allo svolgimento delle prove di laboratorio.

Sulla base dei campioni di cippato raccolti sono stati valutati i seguenti aspetti:

- massa volumica (CEN/TS, 2006c);
- umidità (CEN/TS, 2006a);
- granulometria (CEN/TS, 2006b).

CALCOLO DEI COSTI DI ESERCIZIO. Per il calcolo delle varie voci del costo di esercizio dell'intero cantiere di raccolta è stata utilizzata la metodologia di Baraldi e Capelli (Baraldi e Capelli, 1973) facendo riferimento ai prezzi correnti delle varie macchine operatrici e motrici, del gasolio e della manodopera impiegata, nonché all'utilizzo annuale in due diverse colture, mais e pioppo, rispettivamente per 300 e 500 ore/anno ciascuna.

I costi di manutenzione sono stati considerati pari al 5% per i trattori e al 2% per i carri, mentre per la Claas Jaguar con testata GBE-1 i costi di manutenzione sono stati valutati analiticamente considerando tutte le spese di manutenzione ordinaria necessarie a una gestione ottimale della macchina. Il tasso di interesse è stato considerato pari al 5,5% annuo e la retribuzione oraria lorda degli addetti è stata considerata pari a 18 euro/ora per il conducente della raccogliitrice e a 15,5 euro/ora per i trattoristi. ●

verate le macchine dista 400 m dal campo su cui è stata effettuata la raccolta; i tempi di preparazione nel centro aziendale e di trasferimento sono risultati pari rispettiva-

mente al 30,90% e 2,37% del tempo totale. Il tempo di utenza, invece, risulta suddiviso per il 92,34% nel tempo operativo, per il 4,76% nella preparazione sul luogo e per

TABELLA 1 - Tempi di lavoro e operatività della macchina

Tempo operativo		Tempo di preparazione al centro aziendale (%)	
Tempo effettivo (%)	77,02		30,90
Tempo per voltate (%)	18,71	Tempo di trasferimento (%)	2,37
Tempo per rifornimenti o scarichi (%)	0	Tempo netto	
Tempo per manutenzione (%)	4,27	Tempo effettivo (%)	80,45
Tempo accessorio (%)	22,98	Tempo per voltate (%)	19,55
Tempo di impiego o di utenza		Operatività della macchina	
Tempo operativo (%)	92,34	Rendimento operativo (%)	77
Tempo di preparazione sul luogo (%)	4,76	Velocità effettiva (m/s)	1,37
Tempo morto inevitabile (%)	0,00	Velocità operativa (m/s)	1,05
Tempo morto evitabile (%)	2,89	Capacità di lavoro effettiva (ha/ora)	1,37
Tempo di riposo (%)	0,00	Capacità di lavoro operativa (ha/ora)	1,06
Tempo totale		Produzione oraria effettiva (t/ora)	79,91
Tempo di utenza (%)	66,73	Produzione oraria operativa (t/ora)	61,55

La Claas Jaguar 860, operando a una velocità di 1,05 m/s (3,78 km/ora), ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 1,06 ha/ora e una produzione oraria operativa di 61,55 t/ora.

TABELLA 2 - Analisi della produttività

Produzione raccogliibile (t/ha)	59,94
Produzione raccogliibile (t/ha/anno)	29,97
Perdita totale (t/ha)	1,74
Perdita di prodotto (%)	3
Produzione raccolta (t/ha)	58,19
Produzione raccolta (t/ha/anno)	29,095
Umidità prodotto (%)	61,61
Produzione raccogliibile (t/ha s.s.)	23
Produzione raccogliibile (t s.s./ha/anno)	11,5

La produzione raccogliibile, comprensiva del prodotto perso, è di 59,94 t/ha (29,97 t/ha/anno) corrispondente a 23 t/ha di sostanza secca (11,5 t s.s./ha/anno).

il 2,89% nel tempo morto evitabile, quest'ultimo dovuto essenzialmente ad alcune incomprensioni verificatesi tra i trattoristi durante il cambio del trattore. Non sono stati registrati, invece, tempi morti inevitabili e tempi di riposo.

I tempi accessori sono risultati costituiti da tempi per voltate in capezzagna nella misura del 18,71%, dovuti in parte anche all'attesa per il compimento della voltata da parte del trattore trainante il rimorchio, e tempi di manutenzione nella misura del 4,27% dovuti a ingolfamenti dell'apparato di alimentazione. Il rendimento operativo è risultato pari al 77% del tempo operativo. La macchina, operando a una velocità di 1,05 m/s (3,78 km/ora) ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 1,06 ha/ora.

Poiché la produzione raccolta è risultata di 58,19 t/ha, la produzione oraria operativa è stata pari a 61,55 t/ora.

Perdite di prodotto

Le perdite totali sono risultate pari a 1,74 t/ha, delle quali 0,5 t/ha costituite da fusti secondari di piccole dimensioni tagliati e non raccolti, 1,15 t/ha rappresentate da rami spezzati e 0,09 t/ha da prodotto raccolto e cippato, perso durante lo scarico sul carro di raccolta. Le perdite complessive sono risultate essere il 3% del prodotto raccolto. La produzione raccogliibile quindi, comprensiva del prodotto perso, è di 59,94 t/ha (29,97 t/ha/anno) corrispondente a 23 t/ha di sostanza secca (11,5 t s.s./ha/anno) (tabella 2).

Qualità del lavoro svolto

Riguardo alla qualità del prodotto raccolto, dalla sua classificazione si evince che la maggior parte del prodotto (75,59%) è concentrata nelle classi 6-12,5 mm e 12,5-25 mm rispettivamente per il 31,67% e 43,92%, mentre

LA MACCHINA USATA NELLE PROVE DI RACCOLTA

Claas Jaguar 860 con testata GBE-1

La macchina per la raccolta Claas Jaguar 860 (foto A) con testata GBE-1 è una falcia-trinciataricatrice semovente azionata da un motore diesel Daimler Chrysler di 14,6 L a 8 cilindri a V, gamma OM 442 LA, che eroga una potenza massima di 320 kW. La massa, con il pieno di combustibile, è di 10.840 kg.

La testata GBE-1 (foto B) ha una massa di 1.950 kg e un ingombro esterno pari a 2.800 mm di larghezza e 2.000 mm di lunghezza e il baricentro è posizionato a 850 mm dai punti di attacco della Claas. L'apertura anteriore è di 1.900 mm e il sistema di alimentazione dell'apparato trinciante ha una larghezza di 670 mm.



Le differenze sostanziali tra la testata HS-2, valutata in un precedente lavoro (Pari et al., 1996), e la testata GBE-1, riguardano il dimensionamento degli organi di taglio, il sistema di alimentazione, oltre alla maggiore apertura frontale del telaio abbattitore (2,70 m) e alla mancanza del cuneo spartifile.

Il diametro e lo spessore delle lame circolari che operano il taglio delle piante sono stati ampliati rispettivamente da 700 a 800 mm e da 5 a 7 mm, mentre il numero di denti è stato ridotto da 110 a 80 e risultano pertanto distanziati di 31,5 mm.

È stato modificato anche il regime di rotazione delle lame, da 2.500 a 1.700 giri/min, con una velocità periferica di 71,17 m/s.

Nella testata GBE-1 il gruppo di alimentazione risulta costituito da 3 rulli con lame a coltello, 2 nella parte inferiore e 1 nella parte superiore, delle seguenti dimensioni:

- 1° rullo: diametro 290 mm, lunghezza 690 mm;
- 2° rullo: diametro 390 mm, lunghezza 690 mm;
- 3° rullo: diametro 390 mm, lunghezza 670 mm.

Nella testata HS-2, invece, il gruppo di

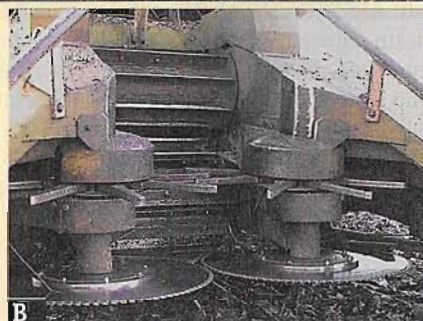


Foto A - Claas Jaguar 860 in fase di raccolta pioppo
Foto B - Particolare degli organi di taglio, di convogliamento e di alimentazione della testata GBE-1

alimentazione è costituito da 2 coppie di rulli ad asse orizzontale, rispettivamente 620 mm di lunghezza e 250 mm di diametro, e 700 mm di lunghezza e 350 mm di diametro. Il tamburo trinciante, che ruota a 1.200 giri/min, può ospitare un numero massimo di 24 coltelli su due file e sfalsati.

Durante la prova sono stati montati 12 coltelli, 6 per fila, disposti alternativamente alla distanza di 345 mm, determinando lunghezze di taglio teoriche fino a 34 mm. Di seguito si riporta il quadro riassuntivo delle caratteristiche tecniche della testata e dell'apparato trinciante (tabella A).

TABELLA A - Dati tecnici della testata GBE-1 e dell'apparato trinciante

Testata da raccolta

Larghezza sistema di alimentazione (mm)	670
Diametro lame circolari (mm)	800
Spessore lame circolari (mm)	7
Denti (n.)	80
Régime di rotazione delle lame circolari (giri/min)	1.700
Velocità periferica delle lame circolari (m/s)	71,17
Rulli di introduzione e precompressione (n.)	3
Velocità rotazione tamburi (giri/min)	2.200
Lunghezza massima di trinciatura con tamburo a 12 coltelli (mm)	34
Massa della testata (kg)	1.950

Sistema di trinciatura

Larghezza (mm)	750
Diametro (mm)	660
Giri al minuto	1.200
Disposizione dei coltelli	a V
Coltelli (n.)	6+6
Acceleratore di lancio, larghezza (mm)	680
Gomito di lancio con sicurezza contro gli urti	si
Angolo di brandeggio del gomito	190°

le frazioni più piccole (< 6 mm) sono risultate pari al 13,5%. Il quantitativo di materiale sovramisura è da considerarsi trascurabile, le impurità, invece, sono risultate corrispondenti al 3,44% (tabella 3, grafico 1). Sarebbe preferibile che fossero percentualmente più elevate le classi di dimensioni maggiori, poiché un eccesso di materiale fine potrebbe ostacolare la circolazione dell'aria nel cumulo di prodotto durante lo stoccaggio, favorendo l'insorgenza di fenomeni

fermentativi, oltre a essere trasportato dall'aria primaria in fase di combustione. I risultati delle analisi di laboratorio indicano un'umidità media del cippato prodotto nella prova pari al 61,61% (deviazione standard 0,11%) con una massa volumica media del cippato fresco e del cippato secco pari rispettivamente a 348 e 133,6 kg/m³. L'altezza media di taglio è risultata di 79 mm (deviazione standard ± 23,47 mm).

Per quanto riguarda la qualità del ta-

glio (foto 1), il 40% delle ceppaie campionate ha riportato spacchi verticali secondo la seguente proporzione: 10% danno lieve, 20% danno medio e 10% danno elevato. Il 33,33% ha subito invece lo sfrangiamento di lieve (20%) e media entità (13,33%); appena il 26,67% non ha subito danni di nessuna specie. Nel complesso il 56,67% delle ceppaie è risultato non o lievemente danneggiato. Infine, relativamente ai danni prodotti dal passaggio della raccogliatrice

TABELLA 3 - Classificazione del materiale raccolto e caratteristiche del taglio**Classificazione del materiale raccolto**

Impurità (%)	3,44
Sovramisure (> 100) (%)	1,33
Chip grande (50-100) (%)	0
Chip medio (25-50 mm) (%)	6,13
Chip piccolo (12,5-25 mm) (%)	43,92
Materiale fine (6-12,5 mm) (%)	31,67
Materiale molto fine (4-6 mm) (%)	7,06
Materiale finissimo (< 4 mm) (%)	6,44

Caratteristiche del taglio e potenziali danni

Altezza media di taglio (mm)	79,4
Deviazione standard (mm)	± 23,47
Danni per spaccatura della ceppaia (%)	40
Danni per sfrangiamento di ceppaia (%)	33,33

I danni per spaccatura della ceppaia hanno raggiunto il 40%, mentre quelli per sfrangiamento della ceppaia il 33%.

TABELLA 4 - Costi di esercizio del cantiere di raccolta

Costi	Claas 860 con testata GBE-1	Trattori con carri	Totale
-------	-----------------------------	--------------------	--------

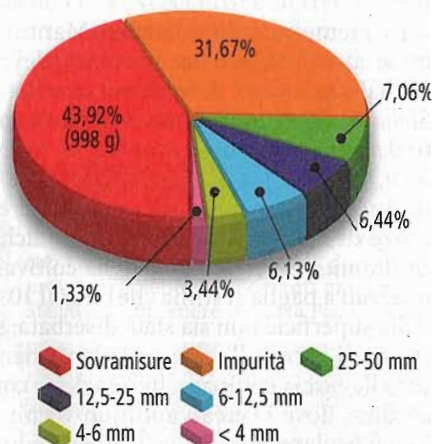
Costo annuo di esercizio

Euro/anno	88.495,09	191.061	279.556,33
Euro/ora	176,99	63,69	240,68

Costo orario di esercizio

Euro/ha	166,97	60,08	227,05
Euro/t	2,88	1,03	3,91

Il costo di esercizio del cantiere di raccolta è risultato pari a 240,68 euro/ora, 227,05 euro/ha e 3,91 euro/t di prodotto fresco.



Le sovrasmisure comprendono le frazioni con dimensioni superiori a 100 mm.

GRAFICO 1 - Distribuzione granulometrica del prodotto raccolto

La maggior parte del prodotto (75,59%) è concentrata nelle classi 6-12,5 mm e 12,5-25 mm rispettivamente per il 31,67 e 43,92%.

PUNTO DOLENTE**Consumo di combustibile**

Il consumo orario di combustibile della raccogliatrice è risultato di 54,33 kg/ora, mentre i consumi riferiti all'unità di superficie e alla quantità di prodotto sono risultati pari rispettivamente a 51,37 kg/ha e 0,882 kg/t.

Se a tali valori si sommano i consumi relativi alle trattatrici che partecipavano a comporre il cantiere di raccolta operando i trasporti del prodotto raccolto al centro di stoccaggio, i consumi totali sono di 70,63 kg/ora, 66,78 kg/ha e 1,147 kg/t.

e dei trattori trainanti i carri, è stata riscontrata la presenza di solchi della profondità media di 93 mm, anche a causa delle insistenti precipitazioni dei giorni precedenti la prova.

Costi di esercizio

I costi di raccolta, calcolati sulla base delle ipotesi espone in precedenza per quanto riguarda la sola falciaccondizionatrice munita di testata, sono risultati pari a 176,99 euro/ora, corrispondenti a 166,97 euro/ha (2,88 euro/t).

Il costo di esercizio dell'intero cantiere di raccolta è risultato pari a 240,68 euro/ora, 227,05 euro/ha e 3,91 euro/t di prodotto fresco (tabella 4).

Conclusioni

Il cantiere di raccolta ha mostrato quindi avere ottime prestazioni che si traducono, se ben organizzato, in costi di raccolta contenuti. È necessario tuttavia agire sulla qualità del lavoro, sia per quanto riguarda i danni alle ceppaie sia per quanto riguarda la pezzatura del materiale raccolto. A riguardo del primo punto si ritiene che la macchina testata potesse avere i denti delle lame circolari poco affilati, in quanto in altre prove non sono state rilevate spaccature e danni così accentuati.

Difatti sulla pianta in fase di taglio avviene contemporaneamente sia l'asportazione del legno a opera della lama di taglio sia la spinta sulla ceppaia a opera della lama stessa e dello spingitore a Y.

L'asportazione del legno è in relazione alla conformazione dei denti, alla loro affilatura e alla velocità di rotazione della lama. Quando uno di questi fatto-



Foto 1 - Particolare di ceppaia di pioppo danneggiata: (a) danni da spacco verticale di elevata entità, (b) danni da sfrangiamento di lieve entità

ri non è ottimale, la spinta sulla pianta provoca il taglio della prima parte della pianta per poi effettuare la spaccatura verticale della ceppaia; in questo caso sarebbe necessario ridurre la velocità di avanzamento.

Per quanto riguarda la pezzatura del materiale raccolto, sono in atto attività di ricerca a opera di questa Unità di ricerca volte a modificare l'apparato trinciante della Claas Jaguar, per poter ottenere una pezzatura concentrata in classi di maggior dimensione e senza frazioni inferiori ai 6 mm che migliorano la conservabilità del prodotto ed evitano problemi in fase di combustione.

Luigi Pari

Vincenzo Civitarese

Cra-Ing, Consiglio per la ricerca

e sperimentazione in agricoltura

Unità di ricerca per l'ingegneria agraria

luigi.pari@entecra.it



Per consultare la bibliografia:
www.informatoreagrario.it/rdLia/
08ia35_3354_web