

**CERTIFICAZIONE ENAMA  
PRESTAZIONI E SICUREZZA  
PER TUTTA LA FILIERA**

**ENAMA**  
ENTE NAZIONALE PER LA  
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

**ENAMA  
CERTIFICATA**



**IV Programma  
di  
sperimentazione  
di macchine  
agricole  
innovative**

**ENAMA**  
ENTE NAZIONALE PER LA  
MECCANIZZAZIONE AGRICOLA

00159 Roma - Via Venafrò, 5  
Tel. +39 06 40860030-27 - Fax +39 06 4076264  
Internet: [www.enama.it](http://www.enama.it) - E-mail: [info@enama.it](mailto:info@enama.it)

Roma, dicembre 2010



# IV Programma di sperimentazione di macchine agricole innovative

Roma, dicembre 2010



## Sommario

Sommario.....	Pag.	3
1. Premessa.....	“	5
2. Attività svolta.....	“	6
2.1 - Realizzazione dei singoli progetti.....	“	7
2.1.1. CAEB: Accumulatrice associata a rotoimballatrice per la raccolta intrafilare di saarmenti per utilizzo energetico.....	“	8
2.1.2. CAEB: Macchina operatrice aziendale azionata da trattore agricolo per la produzione di pellets per uso energetico da residui agricoli.....	“	14
2.1.3. CAFFINI: Irroratrice a tunnel con sistema di tracciabilità del trattamento.....	“	19
2.1.4. DRAGONE: Macchina per il controllo sostenibile delle infestanti delle colture arboree.....	“	25
2.1.5. FORIGO-ROTER ITALIA: Attrezzatura per la lavorazione conservativa del terreno.....	“	31
2.1.6. NOBILI: Macchina operatrice per il taglio, la trinciatura e l’andanatura, in un unico passaggio, di colture dedicate per la produzione di biomassa.....	“	36
2.1.7. TERPA: Carro con sistema di separazione e trattamento per preservare la qualità delle uve vendemmiate a macchina durante il trasporto in cantina.....	“	39
2.1.8. TERPA: Sistema di gestione elettronico della trazione idraulica nei rimorchi forestali.....	“	45
2.1.9. RIDING: Nuovo modulo semovente di irrorazione con possibilità di guida a distanza per il trattamento delle colture arboree in zone di difficile accesso.....	“	49
2.1.10. SPAPPERI: Pick up per la raccolta delle colture in Short Rotation Forestry (SRF).....	“	52
2.1.11. TANESINI: Vendemmiatrice con battitore a bassa frequenza con sistema di misura del grado di ammostamento.....	“	57
2.1.12. TONUTTI: Operatrice per il miglioramento della struttura dei terreni e della loro fertilità.....	“	61
2.1.13. UNIGREEN: Irroratrice sicura e rispettosa dell’ambiente per i trattamenti fitoiatrici delle colture.....	“	66
3. Conclusioni.....	“	71



## 1. Premessa

Nel marzo 2007 l'ENAMA ha presentato al Ministero per le Politiche Agricole Alimentari e Forestali la proposta per il quarto programma per lo sviluppo di linee di meccanizzazione innovative, continuando un'attività sull'innovazione e sperimentazione nel settore agromeccanico ormai decennale già promossa in passato prima dal Conama e poi dall'Enama attraverso numerosi progetti specifici che hanno trovato una diffusa applicazione nel settore della meccanica agraria contribuendo in maniera significativa a risolvere specifiche problematiche di meccanizzazione agricola.

Il programma si è svolto nei due anni previsti (2008-2009) più uno per una proroga per la regolare conclusione delle attività sperimentali che ha dovuto tenere conto della stagionalità agraria.

Il programma "macchine innovative" ha previsto un bando per il finanziamento della messa a punto di prototipi innovativi da parte di imprese che costruiscono macchine e attrezzature agricole. I prototipi e le nuove tecnologie ammissibili non sono mai stati immessi sul mercato a e devono essere in grado di rispondere a esigenze di meccanizzazione in precisi comparti agricoli o per specifiche lavorazioni individuate dal bando stesso. La selezione dei progetti da finanziare è stata operata da un'apposita Commissione ENAMA nella quale sono rappresentati gli imprenditori agricoli, i costruttori di macchine agricole, le imprese agromeccaniche e del commercio, le Regioni, lo stesso Ministero e il CRA - ING. Sulla base delle valutazioni della Commissione stati finanziati tredici progetti sulla base dei quali le ditte hanno realizzato dei prototipi grazie anche al supporto tecnico - scientifico del CRA - ING e, eventualmente, di altre strutture quali Università, C.N.R.. L'ENAMA ha coordinato l'intera attività e, anche attraverso questa pubblicazione, ha provveduto alla divulgazione presso gli operatori del settore di quanto realizzato e dei prototipi realizzati grazie al programma stesso.

Il presente volume sintetizza per ogni macchina innovativa prodotta le motivazioni del progetto cioè il fabbisogno di innovazione che si è cercato di colmare, le soluzioni tecniche adottate e le caratteristiche (innovative) delle macchine realizzate.

Sono particolarmente sentiti i ringraziamenti alle ditte costruttrici per il loro continuo sforzo nell'innovazione, ai centri di ricerca che hanno collaborato allo sviluppo delle soluzioni innovative, rinnovando quella collaborazione tra imprese e istituti di ricerca che continua nel tempo ad essere un valore aggiunto di tale programma. Un ulteriore ringraziamento va ai Soci dell'Enama ed ai Membri della Commissione che hanno selezionato le proposte di innovazione privilegiando le soluzioni più rispondenti ai requisiti di innovazione espressi dalla filiera ed al Dr. Giulio Fancello che ha curato la redazione del presente volume.

In conclusione l'obiettivo del bando "macchine innovative" è quello di assicurare un'agricoltura nazionale più sicura e competitiva. L'investimento nell'innovazione della meccanizzazione agricola attraverso il programma "macchine innovative", ha consentito in passato di immettere sul mercato numerose soluzioni con una positiva ricaduta in termini di aumento dell'efficienza dei processi produttivi, sicurezza degli operatori e dell'ambiente nonché qualità delle produzioni. Per questi motivi si spera di ripetere il successo dei precedenti programmi anche con i progetti illustrati nelle pagine seguenti.

Sandro Liberatori

Massimo Goldoni

Questa e altre pubblicazioni a supporto del settore della meccanizzazione agricola sono liberamente visionabili nel sito [www.enama.it](http://www.enama.it).

## 2. Attività svolta

Le linee di intervento del presente programma sono state definite dal Consiglio Direttivo dell'ENAMA in cui sono rappresentati oltre il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, le Regioni, l'Assocap, le organizzazioni professionali agricole (Cia, Coldiretti, Confagricoltura) le associazioni di costruttori (Unacoma), venditori (Unacma) di macchine agricole e contoterzisti (Unima) e, come struttura operativa, il CRA-ING (Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura - Unità per l'Ingegneria Agraria). La rappresentatività dell'intera filiera agromeccanica è da sempre garanzia dell'imparzialità e della rispondenza alle necessità che emergono dai vari settori dell'agricoltura nazionale e che definiscono le linee di intervento del programma "macchine innovative".

Con il "IV programma macchine innovative" l'Enama ha dato la priorità ai seguenti settori della meccanizzazione e dell'ingegneria agraria:

- raccolta, stoccaggio e lavorazione in azienda agricola delle produzioni agrarie: tali fasi costituiscono una parte delicata del ciclo aziendale per motivazioni di carattere tecnico - economico. Le fasi di raccolta e di stoccaggio in particolare sono fondamentali per la qualità delle produzioni e interessano anche aspetti inerenti la sicurezza degli operatori, che spesso si trovano esposti a situazioni di rischio di infortunio. La fase di lavorazione delle produzioni agrarie (vegetali e/o animali) nell'azienda agricola è importante oltre che per gli aspetti già citati anche perché la lavorazione in loco può contribuire a incrementare il valore aggiunto delle produzioni aziendali, consentendo il conseguimento di redditi superiori per l'imprenditore agricolo;
- lavorazione del terreno con particolare attenzione agli interventi conservativi: le lavorazioni conservative, oltre ad essere incentivate dalle nuove politiche comunitarie, contribuiscono alla corretta gestione del territorio ed al mantenimento delle migliori caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli; pertanto, esse costituiscono un importante aspetto per un'agricoltura moderna e a ridotto impatto ambientale;
- sistemi di riduzione del compattamento del terreno: la riduzione del compattamento è una componente fondamentale per garantire il mantenimento delle qualità dei suoli e, seppure si dispone di alcune tecnologie collaudate, si rende necessario proporre nuove soluzioni al fine di ampliare la gamma degli interventi e delle soluzioni tecniche a disposizione degli operatori;
- raccolta biomasse: il settore delle biomasse per la produzione di energie rinnovabili è in continua espansione ed è caratterizzato, per quanto riguarda la meccanizzazione delle colture, dalla proposta di soluzioni derivanti da macchinari già in uso su altre colture ed adattati alle nuove esigenze e da soluzioni appositamente ingegnerizzate. Il limite attuale è costituito dal fatto che molte di queste tecnologie necessitano di essere ottimizzate al fine di renderle economicamente convenienti e dall'ancora scarso sviluppo di nuove linee di meccanizzazione ad hoc per ampliare la gamma delle colture che è possibile destinare a tali produzioni. Pertanto, si rende necessario mettere a punto nuove soluzioni e procedere con un'ulteriore specializzazione di quelle esistenti;
- ottimizzazione dei trattamenti chimici: l'uso della chimica in agricoltura è ampiamente diffuso sul territorio; l'Enama già in passato si è occupato con successo di questo settore contribuendo allo sviluppo di interessanti innovazioni. L'Enama, inoltre, è anche impegnato con gli Assessorati all'Agricoltura in iniziative volte all'ottimizzazione delle attività di uso di tali tecnologie sul territorio. Nello specifico si intendono promuovere soluzioni mirate all'ottimizzazione dei trattamenti per contribuire alla riduzione dei costi e, soprattutto, alla riduzione dei rischi per gli operatori, per l'ambiente e per la qualità dei prodotti.

L'invito a presentare proposte progettuali innovative è stato pubblicato nell'aprile 2008; ad esso hanno risposto numerose ditte costruttrici con altrettante proposte innovative che sono state esaminate e poi selezionate da parte della Commissione dell'ENAMA. In estrema sintesi

sono state scelte le soluzioni ritenute più meritevoli sulla base dei contenuti tecnici ed innovativi nonché sulla rispondenza ai requisiti del bando ed alla capacità dei proponenti di portare a conclusione i progetti con la realizzazione di prototipi funzionanti.

## **2.1 - Realizzazione dei singoli progetti**

A seguito della pubblicazione del bando dell'aprile 2008 e della selezione tecnica operata sulle diverse proposte avanzate dalle ditte costruttrici, sono state finanziate tredici soluzioni tecniche, le quali costituiscono i "sub progetti" elencati di seguito:

- **Sub progetto n. 1:** Ditta CAEB Production S.r.l. Via Botta Bassa, 22 - 24010 Petosino di Sorisole (BG). Innovazione proposta: "Accumulatrice associata a rotoimbattrice per la raccolta intrafilare di sarmenti per utilizzo energetico".
- **Sub progetto n. 2:** Ditta CAEB Production S.r.l. Via Botta Bassa, 22 - 24010 Petosino di Sorisole (BG). Innovazione proposta: "Macchina operatrice aziendale azionata da trattore agricolo per la produzione di pellets per uso energetico da residui agricoli".
- **Sub progetto n. 3:** Ditta Caffini S.p.A. Via G.Marconi, 2 - 37050 Palù (VR). Innovazione proposta: "Irroratrice a tunnel con sistema di tracciabilità del trattamento".
- **Sub progetto n. 4:** Ditta Dragone S.r.l. Via G. Abate, 189 - 14054 Castagnole delle Lanze (AT). Innovazione proposta: "Macchina per il controllo sostenibile delle infestanti delle colture arboree".
- **Sub progetto n. 5:** Ditta Forigo - Roter Italia S.R.L. - Via San Giuseppe - 37056 Salizzole (VR). Innovazione proposta: "Attrezzatura per la lavorazione conservativa del terreno".
- **Sub progetto n. 6:** Ditta Nobili S.p.A. Via Circonvallazione Sud, 46 - 40062 Molinella (BO). Innovazione proposta: "Macchina operatrice per il taglio, la trinciatura e l'andatura, in un unico passaggio, di colture dedicate per la produzione di biomassa".
- **Sub progetto n. 7:** Ditta Officine Terpa S.n.c. Via Martiri della resistenza, 42 - Mantovana di Predosa (AL). Innovazione proposta: "Carro con sistema di separazione e trattamento per preservare la qualità delle uve vendemmiate a macchina durante il trasporto in cantina".
- **Sub progetto n. 8:** Ditta Officine Terpa S.n.c. Via Martiri della resistenza, 42 - Mantovana di Predosa (AL). Innovazione proposta: "Sistema di gestione elettronico della trazione idraulica nei rimorchi forestali".
- **Sub progetto n. 9:** Ditta Riding S.r.l. loc.San Marziale - 53034 Colle di Val d'Elsa (SI). Innovazione proposta: "Nuovo modulo semovente di irrorazione con possibilità di guida a distanza per il trattamento delle colture arboree in zone di difficile accesso".
- **Sub progetto n. 10:** Ditta Spapperi S.r.l. - Z. Art. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG). Innovazione proposta: "Cantiere di meccanizzazione innovativo per la raccolta delle colture forestali a rapida rotazione (SRF)".
- **Sub progetto n. 11:** Ditta Tanesini Technology S.r.l. Via Sella, 19 - 48018 Faenza (RA). Innovazione proposta: "Vendemmiatrice con battitore a bassa frequenza con sistema di misura del grado di ammostamento".
- **Sub progetto n. 12:** Ditta Tonutti Tecnoagricola S.r.l. Via G. Tonutti, 3 - 33047 Remanzacco (UD). Innovazione proposta: "Operatrice per il miglioramento della struttura dei terreni e della loro fertilità".
- **Sub progetto n. 13:** Ditta Unigreen S.p.A. Via Rinaldi, 105 Località Cavazzoli - 42100 Reggio Emilia. Innovazione proposta: "Irroratrice sicura e rispettosa dell'ambiente per i trattamenti fitoiatrici delle colture".

Alla fase di selezione delle soluzioni tecniche innovative è seguita la stipula dei contratti di appalto con le ditte costruttrici, le quali si servono anche della collaborazione tecnico scientifica del CRA - ING e di altri eventuali Istituti di ricerca.

Nei paragrafi successivi viene presentata una descrizione sintetica, basata sulle relazioni dei referenti tecnico-scientifici coinvolti nel programma, delle macchine innovative realizzate, della sperimentazione svolta, dei principali risultati ottenuti e dei vantaggi derivanti dall'impiego della macchina innovativa.

### **2.1.1. CAEB: Accumulatrice associata a rotoimballatrice per la raccolta intrafilare di sarmenti per utilizzo energetico**

CAEB Production S.r.l. Via Botta Bassa, 22 - 24010 Petosino di Sorisole (BG).

Referenti scientifici: Dott. Carlo Bisaglia, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Treviglio- BG).

#### *Stato dell'arte*

Le biomasse di scarto di provenienza agricola hanno assunto, negli ultimi anni, un crescente interesse per le possibilità di utilizzo energetico che possono offrire. I principali problemi collegati a questo tipo di utilizzo sono generalmente da ricondurre alla dispersione e variabilità territoriale delle fonti di biomassa, alle quantità disponibili, alla stagionalità dei raccolti, alla variabilità qualitativa, alla convenienza economica e agli aspetti logistico-ambientali.

Tra le numerose fonti di biomassa di scarto di origine agricola disponibili, i residui di potatura rappresentano una particolare tipologia fino ad oggi poco sfruttata sotto il punto di vista dell'utilizzo energetico.

La gestione dei residui delle colture arboree, infatti, ha da sempre risposto a due esigenze principali: 1) liberare gli spazi intrafilari da residui organici decomponibili mediante trinciatura e deposito in loco del prodotto trinciato; 2) lotta (facoltativa od obbligatoria) a fitopatologie mediante raccolta e bruciatura dei residui. In entrambi i casi, tuttavia, si verifica una perdita netta dell'energia termica contenuta nei residui stessi.

Recentemente, a causa dei cambiamenti climatici e della crescita strutturale dei costi dei prodotti petroliferi, è sorta l'esigenza di valorizzare anche i residui delle potature di colture arboree, a fini energetici. Questo aspetto assume un'importanza decisiva per il nostro Paese data la forte vocazione viticola, frutticola ed olivicola, con un territorio prevalentemente collinare ed una dipendenza energetica da fonti non rinnovabili di quasi il 90% di cui ben l'84,5% di importazione estera. Considerando una produzione annua di residui e di sarmenti di potatura variabile da 0,8 a 2,4 t/ha per il vigneto e fino a 6,2 t/ha per il frutteto - anche se con un'ampia dispersione dovuta alle varietà e al tipo di potatura (allevamento o produzione) - e considerando che le superfici investite a colture arboree specializzate nella sola Italia sono stimabili in quasi 500.000 ha di vigneto specializzato, 550.000 ha di frutteto e agrumeto e quasi 1.000.000 di ha di uliveto, si può intuire il grande spazio ancora poco utilizzato dai cantieri meccanici specializzati per il recupero a scopo energetico dei residui di potatura ed in particolare il loro enorme contributo alla produzione di pellets per uso energetico se quest'ultima modalità si affermerà come la fonte di energia solida del futuro, come molti indicatori sembrano suggerire.

#### *Criticità*

Il recupero di energia da sottoprodotti agricoli generati dalla coltivazione di colture arboree quali i sarmenti e/o i residui di potatura deve sempre interfacciarsi con gli aspetti logistici e

cantieristici legati alla loro raccolta, trasporto e stoccaggio, operazioni che possono incidere anche sensibilmente sulla produttività delle tecnologie adottate e, pertanto, sull'eventuale convenienza economica dell'intera filiera. Il primo aspetto da affrontare, a tale proposito, riguarda la riduzione del volume apparente dei residui di potatura e il loro allontanamento dai filari che, con le tecnologie attuali, si può ottenere essenzialmente con due modalità: 1) mediante imballatura dei residui tal quali (tq) in modo da formare balle prismatiche e/o cilindriche che raddoppino la densità della biomassa tq e successiva raccolta delle confezioni. 2) mediante sfibratura (trinciatura/cippatura) dei sarmenti ottenendo valori di densità simili a quelli della tecnica precedente, ma con una produttività di 2-2,3 volte superiore, conseguita, però, con richieste di potenza da 2 a 4 volte maggiori.

#### *Necessità di innovazione, principi ispiratori del progetto*

Il progetto sviluppato intende perfezionare significativamente le prestazioni della tecnologia basata sull'imballatura dei sarmenti al fine di sfruttarne i vantaggi (basse richieste di potenza, cantieri di raccolta compatti e in linea, gestione facilitata dello stoccaggio di residui umidi, facilità di realizzare stoccaggi temporanei) colmando quello che fino ad oggi costituiva un limite operativo di tale tecnica rispetto alla trinciatura e, cioè, la bassa produttività espressa in t/h di biomassa estratta dai filari. Tale limitazione è costituita, con l'attuale tecnica di imballatura, dal fatto che le macchine scaricano le balle intervallandole lungo i filari e generando l'esigenza di un intervento successivo di raccolta. Operando all'interno di coltivazioni arboree, questa successiva operazione di raccolta è ostacolata dalla presenza dei filari che costituiscono un ostacolo fisico verticale in grado di limitare la rapidità di estrazione delle balle che si trovano intervallate ogni 20-30 m lungo il tracciato dell'imballatrice. Inoltre, operando con balle cilindriche in ambiente collinare, vi è la necessità di scaricare le confezioni solo su terreni pianeggianti oppure di stabilizzarle per evitarne il rotolamento a valle, rallentando ulteriormente i tempi operativi.

L'accumulatore sviluppato consente di accatastare fino a 7 rotoballe portando l'autonomia complessiva del cantiere a 8 rotoballe se si considera quella contenuta nella camera di compressione dell'imballatrice. Considerando che ogni rotoballa contiene i residui raccolti su 20-30 m lineari di interfilarie, il cantiere permette un'autonomia di raccolta di 160-240 m prima di richiedere lo scarico con un incremento significativo della produttività oraria se si considera il quantitativo di biomassa estratta dalla coltivazione e stoccata in testata. Si tenga presente che, allo stato attuale, non risulta presente sul mercato una macchina analoga in grado di compiere la stessa operazione di accumulo e di farlo senza compromettere la mobilità all'interno di filari verticali compresi eventuali limiti orizzontali (pergole, tendoni, ecc.) date le dimensioni contenute dell'innovazione proposta e del tutto compatibili con forme di allevamento in volume.

#### *Realizzazione della macchina innovativa*

L'accumulatrice è stata ideata e realizzata dalla CAEB di Petosino di Sorisole (BG) con il supporto scientifico del Laboratorio di ricerca del CRA-ING di Treviglio per quanto riguarda la fase sperimentale. Il cantiere per la raccolta di residui di potatura di colture arboree doveva avere i seguenti requisiti:

- a) ridotte richieste di potenza;
- b) modalità di lavoro "in linea" per operare entro filari anche stretti;
- c) dimensioni compatte per operare con motrici specializzate e in condizioni di limitazioni spaziali sia in larghezza sia in altezza;
- d) masse e ingombri contenuti ed equilibrati per mantenere buone condizioni di stabilità dinamica anche in pendio e limitare la necessità di zavorramento;
- e) elevata capacità di lavoro anche in comparazione con processi alternativi di raccolta.

Per raggiungere tali obiettivi è stata realizzata un'operatrice dedicata all'accumulo di rotoballe (Fig. 1) da associare ad una rotoimballatrice compatta dotata di camera di compressione a ridotto coefficiente di attrito, precedente sviluppata dalla CAEB per la raccolta dei residui.

L'operatrice associata che ne è derivata (rotoimballatrice + accumulatore) è stata collegata ad un trattore specializzato da frutteto di ridotta potenza.



Fig. 1 - Schema dell'accumulatore realizzato: (1) ingresso dall'imballatrice; (2) portello di scarico con dispositivo di non ritorno; (3) paletta di scarico azionata da catena e pignoni

Dovendo operare all'interno di colture in filare, è stato utilizzato un trattore specializzato da frutteto a quattro ruote motrici e carreggiata stretta, in configurazione standard (telaio fisso e ruote anteriori sterzanti), dotato di arco frontale abbattibile, realizzando il cantiere di Fig. 2.



Fig. 2 - Il cantiere realizzato e utilizzato per le prove: (1) trattore specializzato da frutteto; (2) rotoimballatrice a camera di compressione fissa; (3) accumulatore di rotoballe

L'accumulatore è composto da una gabbia a sezione rettangolare (665 x 470 mm) in tubolari metallici, dotata di lastre di tamponamento sui lati. La forma arcuata consente di convogliare le rotoballe prodotte, in posizione posteriore e superiore rispetto alla rotoimballatrice, in modo da contenere gli ingombri del cantiere e ripartire le masse sulle ruote d'appoggio dell'imballatrice e sul sollevatore.

Il collegamento alla rotoimballatrice avviene con tre punti di aggancio, due sull'assale posteriore e uno frontale. In posizione posteriore vi sono due aperture - opposte l'una all'altra - destinate, rispettivamente, all'ingresso delle rotoballe provenienti dall'imballatrice e all'espulsione delle stesse una volta completato il carico.

L'ingresso nell'accumulatore delle rotoballe provenienti dall'imballatrice avviene mediante una guida di scorrimento ed un elevatore mobile idraulico azionato dal portello di scarico

della rotoimballatrice stessa; la guida convoglia la prima rotoballa in uscita dalla camera di compressione sull'elevatore evitando che questa tocchi il suolo; l'elevatore la accoglie posizionandola all'imboccatura inferiore dell'accumulatore.

Quando il portello dell'imballatrice si richiude per riprendere la raccolta, un comando meccanico aziona il consenso per l'elevatore che sospinge la prima rotoballa all'interno della gabbia dell'accumulatore; un meccanismo di non ritorno imperniato sul portello di scarico impedisce alla rotoballa di ricadere sull'elevatore che, in tal modo, è pronto ad accogliere la seconda rotoballa. Quest'ultima, sospinta dall'elevatore all'interno della gabbia, a sua volta spinge in avanti la prima rotoballa già presente e così via fino ad un massimo di 7 rotoballe accumulate.

L'autonomia dell'operatrice associata, però, è di 8 rotoballe in quanto l'ottava può essere trattata all'interno della camera di compressione dell'imballatrice. Una volta completato il carico, vengono dapprima scaricate le 7 rotoballe presenti nell'accumulatore; l'operazione prevede l'apertura del portello di uscita posteriore che provoca la fuoriuscita delle prime 3-4 rotoballe semplicemente per gravità, essendo poste quasi verticalmente all'interno della gabbia (Fig. 3a); successivamente, l'operatore azionerà una paletta di spinta montata su un dispositivo a catena e pignoni che, grazie alla corsa di 1800 mm ed unitamente all'avanzamento del trattore, consentirà di scaricare le restanti 3-4 rotoballe poste nel tratto orizzontale-superiore dell'accumulatore (Fig. 3b).



*Fig. 3a - Lo scarico delle prime 3-4 rotoballe avviene grazie ad una paletta di spinta e all'avanzamento del trattore*



*Fig. 3b - Lo scarico delle restanti 3-4 rotoballe avviene per caduta*

### *Sperimentazione*

Le prove di raccolta sono state eseguite in condizioni molto eterogenee sia per coltura, sia per sesti d'impianto e lunghezza dei filari sia per modalità di gestione della coltura stessa, con particolare riferimento alle potature invernali sul secco che costituiscono le operazioni di riferimento per il recupero di residui legnosi a scopo energetico. Le colture utilizzate sono state vite, pesco, nocciolo e kiwi, mentre le modalità di potatura sono state manuali e meccaniche; nel primo caso l'operatore interviene su entrambi i lati del filare rimanendo però sempre su uno solo dei due e, pertanto, accatastando i residui a filari alterni. Nella potatura meccanica, invece, i residui sono accatastati su tutti i filari. Partendo da queste considerazioni, i dati sperimentali raccolti sono stati utilizzati per effettuare delle simulazioni su un vigneto teorico di riferimento, comparando l'operatività del cantiere di raccolta basato su rotoimballatura con e senza dispositivo accumulatore.

### *Risultati ottenuti*

Per quanto riguarda le richieste di potenza si sono registrati picchi di assorbimento prossimi ai 7,0 kW imputabili alla sola rotoimballatrice, mentre le richieste aggiuntive di potenza dovute all'accumulatore sono risultate a carico unicamente del circuito idraulico del trattore per azionare, indipendentemente, le spazzole andanatrici laterali (solo se e quando è necessario),

l'elevatore e il portello di scarico, la paletta di scarico a catena e pignoni. La scelta del trattore di bassa potenza, l'esecuzione delle prove ad un regime della presa di potenza tra 350 e 380 giri/min e l'azionamento dell'accumulatore mai contemporaneo all'azionamento della rotoimballatrice, supportano tali conclusioni.

L'operatrice ha dimostrato di poter operare in linea, con un'autonomia di raccolta di 8 rotoballe oppure fino a 210-240 m di interfila liberata prima di dover scaricare l'accumulatore. Tale risultato è stato raggiunto grazie alla disposizione delle operatrici associate ed al loro funzionamento in sequenza. Imballatura e accumulo delle rotoballe avvengono in sequenze relativamente rapide; in particolare, l'accumulo di ogni balla avviene durante lo scarico della balla che precede e, pertanto, non incide sulla capacità di raccolta dell'imballatrice. La presenza di spazzole andanatrici, inoltre, consente di operare anche con prodotto non riunito in andana.

Le dimensioni del cantiere sono in parte determinate dal tipo di trattore utilizzato; la sola operatrice associata è risultata lunga 2450 mm, tuttavia una sezione dell'accumulatore della lunghezza di 500-510 mm si sovrappone alla lunghezza del trattore determinando un aumento delle dimensioni longitudinali massime del complesso trattore-operatrice di 1950-2030mm in funzione del tipo di sollevatore montato; inoltre, nelle manovre strette l'operatrice può essere sollevata consentendo una sufficiente manovrabilità del cantiere. Non sono stati riscontrati problemi per quanto riguarda l'altezza poiché essa è risultata variare da 1680 mm frontalmente a 1760 mm posteriormente; se si considera che l'altezza del trattore al telaio di protezione era di 2080 mm si può concludere che le dimensioni in altezza non superino i normali trattori specializzati con arco rialzato; tuttavia, anche in caso di abbattimento dell'arco di protezione con il trattore dell'altezza massima di 1230 mm al volante, bisogna considerare che raramente le forme di allevamento a pergola hanno strutture fisse di altezza inferiore a 1800 mm.

La problematica relativa alle masse è legata sia al tipo di trattore utilizzato sia al trasferimento di massa durante il trasporto sia al tipo di prodotto. La scelta del tipo di trattore (standard o isodiametrico) può influire sulla richiesta di zavoratura dello stesso o sulla ripartizione dei carichi massimi omologati.

La capacità di lavoro del cantiere è risultata estremamente variabile in funzione di molti parametri produttivi, meccanici e organizzativi. Per tale motivo, la capacità di lavoro è stata determinata sulla base di dati sperimentali raccolti in vigneto, ma successivamente introdotti in un modello di calcolo appositamente realizzato dal Laboratorio di Treviglio del CRA-ING, al fine di simulare diverse condizioni operative e ottenere dati il più possibile comparabili. È stata considerata un'unità vitata omogenea (UVO) secondo le normative comunitarie in materia utilizzata come vigneto di riferimento (Fig. 4).

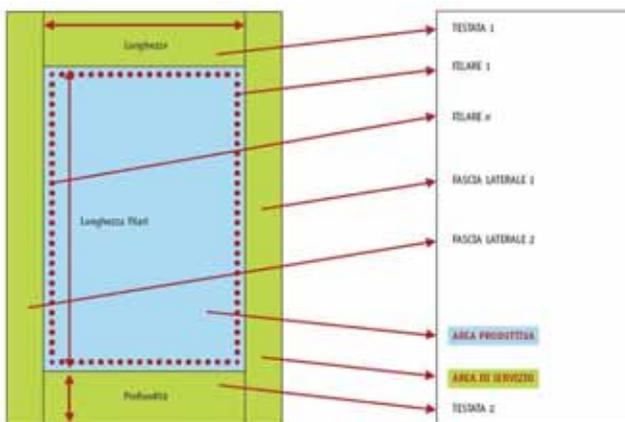


Fig. 4 - Vigneto di riferimento considerato: superficie produttiva 1 ha; 20 filari con interfila 2,5 m; lunghezza filari 200 m; profondità testate 3 m; fasce laterali 1 m

L'area produttiva considerata era di 1 ha, di forma rettangolare 50 x 200 m, con una distanza tra i filari di 2,5 m ed una lunghezza degli stessi di 200 m. È stata considerata una produzione di tralci da raccogliere pari a 2,2 t/ha supponendo che tale prodotto fosse accumulato a filari alterni (potatura manuale, P-Man) o su tutti i filari (potatura meccanica, P-Mec). In considerazione di ciò, le velocità di avanzamento considerate sono state di 3 km/h per le più leggere andane della tesi P-Mec (0,55 kg/m) e di 2 km/h per la tesi P-Man (andane da 1,1 kg/m). Si è considerato il lavoro di accatastamento dei residui indifferentemente su una delle due testate o su entrambe ipotizzando una profondità di ogni testata pari a 3 m. Non si è considerato il trasporto al centro aziendale data l'eterogeneità delle situazioni possibili. È stata comparata l'operatività del sistema di raccolta mediante imballatura con e senza l'accumulatore di rotoballe. In questo secondo caso è stato considerato il trasporto dall'area produttiva alle testate con un piccolo rimorchio monoasse da 2,8 m<sup>3</sup> (dimensioni 2,8 x 1,7 x 0,6 m) in cui sono state caricate e scaricate a mano 16 rotoballe. La capacità di lavoro è stata calcolata secondo le raccomandazioni CIOSTA (Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture). In Fig. 5 sono riportati i dati sintetici riferiti, rispettivamente, alle capacità di lavoro relative ai tempi di raccolta e di accatastamento in testata. Come si nota, le operazioni di sgombero dei filari dalle rotoballe deposte al suolo nel cantiere privo di accumulatore, penalizzano fortemente una modalità di raccolta (la rotoimballatura) estremamente efficace ed economica, mentre il semplice ricorso all'accumulatore riduce drasticamente i tempi di accatastamento in testata, ma anche la richiesta di manodopera da ricondurre ad un solo operatore.

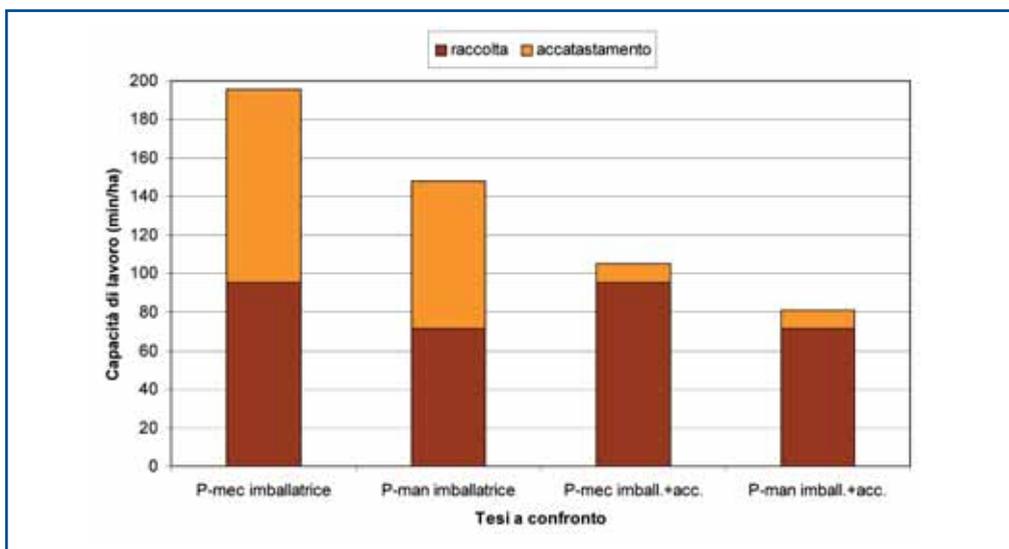


Fig. 5 - Capacità di lavoro di due cantieri di imballatura (con e senza accumulatore) relativa alle operazioni di raccolta e di accatastamento in testata di 2,2 t/ha di tralci considerando due modalità di deposizione degli stessi (a filari alternati o su ogni filare)

Dalla figura si nota che le modalità di deposizione dei residui (P-mec su ogni filare o P-man a filari alternati) incide sui tempi di lavoro per un 25-30% in entrambi i cantieri considerati a causa dei diversi percorsi da compiere durante la raccolta, che risultano obbligati essendo la coltura in filari. Tuttavia, l'incidenza dei tempi di accatastamento compiuta con il rimorchio risulta molto maggiore rispetto all'accumulatore innovativo proposto, con valori compresi tra il 48 e il 52% sui tempi totali contro il 18-20% del cantiere dotato di accumulatore. In quest'ultimo caso la capacità operativa migliora del 38-42% rispetto al cantiere sprovvisto di accumulatore con capacità di lavoro, espresse in t/h, che salgono da 0,68-0,89 t/h di prodotto acca-

tastato in testata con il cantiere imballatrice più rimorchio fino a 1,26-1,63 t/ha con il cantiere innovativo imballatrice più accumulatore.

### *Possibili ulteriori sviluppi*

Nell'ottica di un crescente impiego energetico dei residui di potatura e considerando le prospettive sempre più concrete di un'affermazione del pellet come forma di utilizzo finale, la meccanizzazione della raccolta di tale sottoprodotto consentirà di superare il primo collo di bottiglia dell'intera catena logistica. La riduzione della massa volumica dei residui e il loro accatastamento al di fuori delle limitazioni spaziali imposte dalle colture in filare costituiscono gli elementi chiave da risolvere. L'opzione offerta dall'imballatura dei residui si presenta consolidata e dotata di numerose macchine presenti sul mercato in grado di eseguirla, tuttavia, fino ad oggi, si deve considerare l'aggravio logistico dovuto alla necessità di estrarre le balle scaricate all'interno delle unità produttive per poterle concentrare nelle aree di stoccaggio. La messa a punto di un accumulatore che operi in linea, costituisce un'innovazione decisiva nella soluzione di tale problematica che, anche se potrà essere migliorato in futuro, già oggi dimostra di poter aumentare la capacità di lavoro del cantiere, a parità di condizioni operative, di circa il 40% rispetto alla soluzione basata sulla sola imballatura e successivo accatastamento con rimorchio.

### **2.1.2. CAEB: Macchina operatrice aziendale azionata da trattore agricolo per la produzione di pellets per uso energetico da residui agricoli**

CAEB Production S.r.l. Via Botta Bassa, 22 - 24010 Petosino di Sorisole (BG).

Referenti scientifici: Dott. Carlo Bisaglia, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Treviglio - BG).

### *Stato dell'arte*

La produzione del pellet ad uso energetico rientra in quella che può essere definita la filiera "legno-energia" che, prevede la produzione di energia da residui legnosi.

La filiera "legno-energia" si può dividere nei seguenti settori merceologici: *i)* legna da ardere, *ii)* cippato, *iii)* bricchetti e *iv)* pellet.

Tra quelli elencati, il settore del pellet è quello che ha fatto registrare il tasso di crescita più elevato con un potenziale di espansione molto ampio e, ad oggi, difficilmente prevedibile.

Tale fenomeno è documentato dai quantitativi di pellet consumati che, solo in Italia, ha fatto registrare dal 2003 al 2009 un incremento superiore al 450% raggiungendo 1,2 milioni di tonnellate di pellets consumati nel 2009, con uno sviluppo non solo del numero di impianti di produzione nazionale (ca. 150 nel 2009 di cui il 60% in Lombardia), ma anche delle importazioni. Estremamente promettente sembra risultare il mercato delle sostituzioni di vecchie caldaie a combustibili fossili con nuove caldaie a pellet.

La disponibilità di moderne caldaie a pellet con alimentazione ed accensione automatiche, lo sviluppo di una sempre più capillare rete di stoccaggio e distribuzione ed un costo unitario dell'energia prodotta con il pellet estremamente conveniente rispetto, ad esempio, a quello derivante dall'uso di gasolio da riscaldamento ha reso questa forma di combustibile estremamente comune in Europa dove l'Italia rappresenta addirittura il primo mercato per il riscaldamento domestico.

Tali elementi di vantaggio potrebbero essere estesi e trasferiti ad una particolare forma di utilizzo basata sull'autoproduzione di pellet a livello locale, partendo dai residui delle potature delle colture arboree da frutto che interessano circa 2.000.000 di ha di territorio nazionale.

Tali residui, prodotti in quantitativi variabili da 1 a 3 t/ha anno, comportano un costo certo per l'agricoltore in quanto devono essere trattati per lo smaltimento (trinciatura, raccolta e bruciatu-

ra) sia per poter liberare i filari sia nel caso si debba eseguire la lotta fitosanitaria obbligatoria. Il recupero delle patate con finalità energetiche, invece, rappresenterebbe un'inedita possibilità tecnico-economica grazie all'accresciuto interesse ambientale sia delle amministrazioni che dei cittadini ed alle politiche di incentivazione nei confronti delle fonti energetiche rinnovabili.

Considerando il contenuto energetico dei residui di potatura e il loro quantitativo annuo è possibile stimare di poter riscaldare fino al 10% delle abitazioni italiane con tali residui; se si focalizza l'obiettivo sulle abitazioni rurali che si trovano entro le aree di coltivazione delle colture arboree, è possibile ipotizzare l'abbattimento anche delle problematiche legate alla logistica e al trasporto di tale prodotto che, attualmente, prevede fino a 20 passaggi dalla raccolta all'utilizzo domestico con un costo di ca. 20 €/q per il prodotto sfuso e ca. 23 €/q per il prodotto in sacchi da 15 kg.

### *Criticità*

Date le mediocri caratteristiche qualitative dei residui di potatura e le lavorazioni necessarie per la loro raccolta e conferimento aziendale, il sistema energetico basato su questi sottoprodotti, per poter risultare conveniente, deve essere estremamente semplificato e contenere al minimo i costi impiantistici. Per tali motivi, la Ditta CAEB International di Petosino di Sorisole (BG) in collaborazione per le fasi sperimentali con il Laboratorio CRA-ING di Treviglio, ha sviluppato un microimpianto per la produzione di pellet o, in alternativa, di cippato a partire dai residui di potatura di colture arboree.

### *Necessità di innovazione, principi ispiratori del progetto*

L'interesse nei confronti di tale progetto è derivato dalla disponibilità di un cantiere meccanico di raccolta in rotoballe dei residui di potatura basato su una rotoimballatrice di piccole dimensioni e da un accumulatore di rotoballe combinato con l'imballatrice già prodotto da CAEB ed attualmente disponibile sul mercato, di cui il microimpianto proposto costituisce il naturale completamento.

Obiettivo del progetto era di realizzare un primo prototipo del cantiere ed effettuare una verifica preliminare delle prestazioni del sistema e delle caratteristiche del pellet prodotto

### *Realizzazione della macchina innovativa*

Il sistema introduce un processo di produzione del pellet la cui novità è costituita dal ridotto numero di fasi di lavorazione e che può essere utilizzato localmente nelle aree di produzione della materia prima - i residui di potatura - al fine di abbattere le problematiche di tipo logistico e i costi correlati. Il primo prototipo di microimpianto realizzato si articola in due sezioni indipendenti. La prima sezione processa le potature già essiccate trasformandole in cippato mentre la seconda trasforma il cippato in pellet. Una panoramica generale del prototipo sviluppato è illustrata in Fig. 1.



*Fig. 1 - Un possibile lay-out del microimpianto realizzato per la produzione di pellet a livello aziendale (1 = trattore agricolo per l'azionamento del cippatore; 2 = cippatore a martelli a carica manuale; 3 = container di stoccaggio del cippato; 4 = coclea di alimentazione automatica della micropellettrice; 5 = micropellettrice)*

Il sistema si basa su un trattore di potenza ridotta per l'azionamento del cippatore, di un cippatore a martelli, di un container di stoccaggio/alimentazione e di una micro pellettatrice; gli elementi dell'impianto operano in sequenza secondo lo schema di Fig. 2.

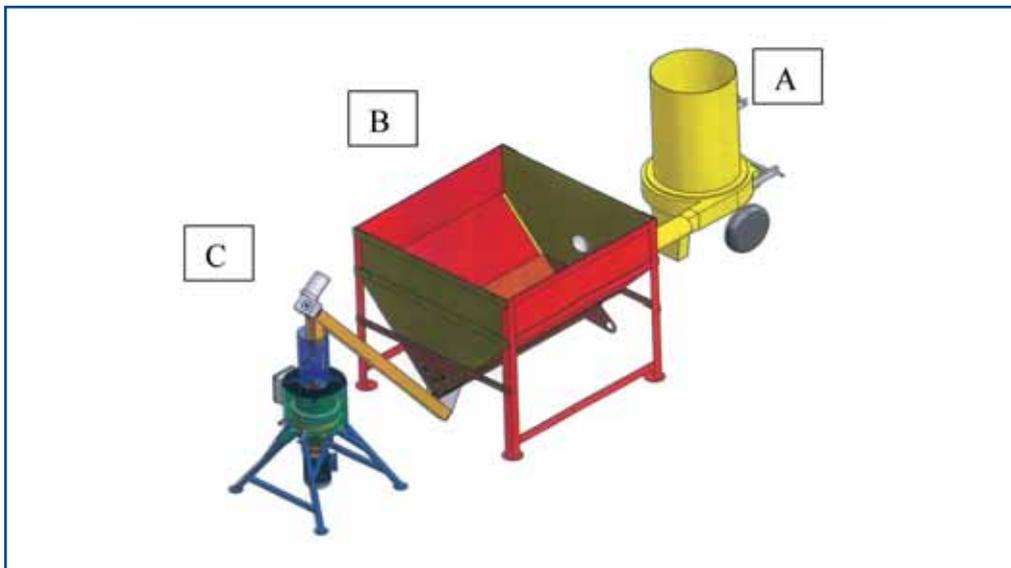


Fig. 2 - Schema delle sequenze operative realizzate dal microimpianto. Nell'ordine: (A) cippatura di rotoballe essiccate, (B) stoccaggio del cippato/alimentazione della pellettatrice, (C) pellettatrice

Il sistema è concepito per poter operare in epoche differite in funzione delle disponibilità di manodopera, producendo dapprima un cippato a partire da rotoballe precedentemente sottoposte ad essiccazione naturale; il cippato viene contestualmente stoccato in un silo di volume variabile (da 2 m<sup>3</sup> nel primo prototipo). Operando con potature già essiccate (<18% di umidità), ci si attende un prodotto stabile sotto il profilo fermentativo diversamente da quanto evidenziato nei prodotti cippati freschi, anche se tale aspetto va costantemente monitorato.

In una seconda fase, la cui epoca è decisa dall'operatore in funzione dei carichi di lavoro aziendale, si procederà alla pellettatura del prodotto cippato. Le capacità di lavoro delle due sezioni, pertanto, non devono essere tra di loro comparabili, mentre risulta importante valutare i volumi di prodotto da trattare potendo influire sul dimensionamento della capacità del container di stoccaggio del cippato.

### Sperimentazione

Sono state effettuate misurazioni preliminari volte ad individuare sia i principali parametri operativi del sistema sia le caratteristiche macroscopiche del pellet prodotto.

Si sono rilevati i tempi di carico e di cippatura di balle di sarmenti di vite (*Vitis vinifera Sp.*) di massa nota. I valori di umidità dei residui sono stati determinati in stufa ventilata. Le caratteristiche dimensionali dei residui (variabilità dei diametri) sono state determinate su campioni prelevati direttamente dalle rotoballe e misurati con calibro alla base del taglio. La massa volumica (densità apparente) delle rotoballe è stata determinata considerando il volume della camera di compressione dell'imballatrice utilizzata.

Si sono misurate le dimensioni (diametro e/o lunghezza) e la massa volumica di campioni di cippato e di pellet al fine di conoscere il campo di variabilità dimensionale del prodotto. Le richieste di potenza meccanica sono state effettuate mediante interposizione di un torsiotachi-

metro tra la pdp del trattore e il cippatore, mentre sono state stimate sulla base dei dati dichiarati per la potenza elettrica di container e pellettatrice.

I tempi di produzione sia di cippato sia di pellet sono stati misurati nelle condizioni operative riscontrate da cui si sono tratti elementi per il calcolo di scenari futuri derivanti da possibili sviluppi tecnologici già da ora previsti sul microcantiere realizzato.

Data la voluta semplificazione dell'impianto, non è stato previsto alcun sistema di raffreddamento del pellet; pertanto si è monitorata la temperatura dello stesso e delle parti metalliche della filiera mediante termocamera all'infrarosso.

### *Risultati ottenuti*

La produzione di cippato si è realizzata mediante il carico manuale di rotoballe di potature di vite essiccate all'interno del cippatore azionato dalla pdp di un trattore di potenza ridotta. Le rotoballe, delle dimensioni di 40 cm di diametro e 60 cm di larghezza, avevano un volume di 0,0076 m<sup>3</sup>, pesavano mediamente 14,9 kg con una media del 16% di umidità ed avevano una massa volumica di 198,7 kg/m<sup>3</sup>.

La pdp del trattore è stata impostata sul regime 540 ECO e fatta lavorare a 480 giri/min; in queste condizioni gli assorbimenti potenza sono risultati variare da 9 a 11 kW, in media, in funzione delle dimensioni della griglia utilizzata. Anche la produttività è risultata variare in funzione della griglia utilizzata così come la pezzatura del cippato ottenuto che ha, pertanto, determinato i diversi valori di densità raggiunti dal cippato. Considerando che una tonnellata di potature rotoimballate (equivalente a circa 66 rotoballe) necessita di circa 6,3 m<sup>3</sup> di volume per lo stoccaggio si è registrato che una riduzione del volume apparente variabile dal 23,8 al 30,1% in funzione della dimensione della griglia porta le richieste di volume di stoccaggio da 4,4 a 4,8 m<sup>3</sup> per tonnellata di potature. Pertanto, nelle condizioni di prova il riempimento con cippato del container da 2 m<sup>3</sup> avviene in tempi variabili da 35 a 38 min, in funzione della griglia adottata.

Successivamente, il pellet viene prodotto a partire dal cippato stoccato nel container ed introdotto per caduta grazie ad un trasportatore a coclea (Fig. 3) all'interno di una filiera a tre ranghi di fori da 6 mm.



*Fig. 3 - Alimentazione automatica della pellettatrice con cippato mediante trasportatore a coclea*

Un eccentrico azionato da un motore elettrico da 4 kW con l'interposizione di un super riduttore appositamente progettato da Caeb, comprime il cippato entro i fori della filiera producendo il pellet. Un coltello sfioratore esterno determina il distacco del pellet secondo la lunghezza desiderata (Fig. 4a).

Date le impostazioni progettuali focalizzate sulla semplificazione dell'impianto, non è stato previsto alcun sistema di raffreddamento e/o di ventilazione/depolverizzazione del pellet, pertanto è risultato fondamentale stabilire i parametri di funzionamento dell'eccentrico in funzione delle caratteristiche del cippato affinché il pellet in formazione non si surriscaldasse.

A seguito di prove preliminari, si è stabilito che una cippatura abbastanza spinta delle potature e una rotazione lenta dell'eccentrico (15 giri/min) mantenessero la temperatura del pellet entro limiti accettabili non superiori a 75-78°C.

Il monitoraggio eseguito con fotocamera all'infrarosso ha consentito di accertare il raggiungimento di tale obiettivo, come illustrato in Figura 4b.



Fig. 4a - Pellet prodotto da cippato integrale di vite



Fig. 4b - Immagine all'infrarosso con la temperatura del pellet prodotto

Dato lo stadio di sviluppo del prototipo, le analisi sul pellet sono state limitate alle principali caratteristiche fisiche al fine di valutare la fattibilità globale del progetto; solo in fasi successive è prevista l'analisi dettagliata dei parametri chimico-fisici indicati dai più accreditati standard produttivi sul pellet - tra cui in particolare lo standard "PelletGold" - e le prove di combustione in caldaia.

La Tabella 2 riporta una sintesi dei principali parametri presi in considerazione allo stato attuale di sviluppo del progetto.

Tabella 2 - Principali caratteristiche fisiche del pellet prodotto; n.d. = non determinato

Parametro	Valore
Diametro (mm)	6
Lunghezza, min.-max. (mm)	8-18
Umidità (%)	14
Densità apparente (kg/m <sup>3</sup> )	802
Ceneri	n.d.
Durabilità meccanica	n.d.
Azoto	n.d.
Cloro	n.d.
Zolfo	n.d.
Potere Calorifico Inferiore	n.d.

La produzione di pellet comporta un significativo incremento della massa volumica del prodotto con notevoli ripercussioni sulle esigenze di volumi di stoccaggio andando dai circa 200 kg/m<sup>3</sup> delle potature rotoimballate fino a quasi 800 kg/m<sup>3</sup> del pellet.

La capacità di lavoro del microimpianto sviluppato risulta influenzata principalmente dalla pezzatura del cippato utilizzato come materia prima e dalla coppia sviluppata dal motore elettrico che aziona la pellettatrice. Data la separazione del cantiere in due sezioni (cippatura-pellettatura) l'impianto opera con un solo operatore in tempi differiti.

Le rese della trasformazione sono molto buone anche se è necessario valutare una quota di prodotto persa come polvere o piccoli frammenti durante il processo. Nel corso delle prove è stato stimato un quantitativo del 3-4% sul peso delle rotoballa di partenza perso come polveri e frammenti.

Pertanto, è possibile concludere che con una balla da 15,5 kg si possono ottenere circa 15 kg di pellet sufficienti a riscaldare un appartamento di 100 m<sup>2</sup> per un giorno.

La produttività dell'impianto, inizialmente di ca. 70 kg/h di pellet prodotti, dovrà raggiungere nelle prossime fasi di sviluppo valori prossimi ai 100 kg/h al fine di stabilire i limiti economici del sistema.

### *Possibili ulteriori sviluppi*

Nell'ottica di un crescente impiego energetico dei residui di potatura e considerando le prospettive sempre più concrete di un'affermazione del pellet come forma di utilizzo finale, è stato realizzato un prototipo di microimpianto per la produzione di pellet da residui di potatura di fruttiferi basato su un processo a ridotto numero di fasi ed utilizzabile per la valorizzazione energetica di questi sottoprodotti a livello locale, abbattendo le problematiche di natura logistica generate dalla produzione industriale convenzionale.

Il cantiere è costituito da una serie di dispositivi che operano in sequenze differibili destinati alla cippatura, allo stoccaggio e alla pellettatura di potature essiccate.

Il microimpianto opera con un solo operatore ed ha un potenziale produttivo di almeno 90-100 kg/h che potrebbero aumentare proporzionalmente in caso risulti conveniente utilizzare, in parallelo, più di una unità pellettatrice contemporaneamente rendendo il sistema interessante sia per le aziende e le cooperative frutticole, sia per le imprese agromeccaniche.

### **2.1.3. CAFFINI: Irroratrice a tunnel con sistema di tracciabilità del trattamento**

Caffini S.p.A. Via G.Marconi, 2 - 37050 Palù (VR).

Referente scientifico: Dott. Giuliano Colorio, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma) , Prof. Cesare De Zanche e Dr. Cristiano Baldoïn del TESAF dell'Università degli studi di Padova.

### *Sistema di tracciabilità del trattamento*

La ditta Caffini S.p.A. di Palù (VR) ha creato un sistema di acquisizione e registrazione in automatico dei dati da conservare ai fini della tracciabilità dei trattamenti fitosanitari. Il programma realizzato è un sistema integrato che comprende sia la documentazione delle operazioni colturali sia la gestione del "quaderno di campagna", che costituisce un adempimento fondamentale per le aziende viticole.

Nell'ottica della tracciabilità volontaria per le aziende viticole, il progetto ha riguardato la realizzazione di un'irroratrice a tunnel in grado di acquisire in maniera del tutto automatica i dati necessari per la registrazione delle informazioni relative all'uso dei prodotti fitosanitari nel vigneto. Questi sistemi di tracciabilità sono stati introdotti con la finalità di consentire, in caso di problemi inerenti un lotto di prodotto antiparassitario, l'identificazione rapida e precisa dell'appezzamento trattato in modo da identificare ed isolare qualsiasi fattore che possa concorrere a determinare rischi per la sicurezza alimentare.

Con riferimento alle problematiche della messa in atto di un sistema di tracciabilità volontaria nell'azienda viticola, occorre considerare le peculiarità di tali strutture produttive. Infatti, la viticoltura italiana è rappresentata da una varietà di realtà operative, comprendenti aziende molto grandi, spesso attrezzate per la vinificazione in proprio, cui si contrappone una miriade di aziende di frazioni di ettaro, in genere associate alle cantine sociali.

Nel caso di grandi produttori, i quali possono vinificare in proprio oppure conferire il prodotto alla cantina in forma identificabile, il sistema consente di riconoscere il lotto di provenienza, conferendo così al prodotto commercializzato una "certificazione" di rispetto di tutti i protocolli di produzione, che vanno dalle tecniche agronomiche alla difesa fitosanitaria.

Anche un piccolo produttore potrebbe beneficiare di un sistema di tracciabilità che gli garantisca di certificare che l'uva da lui conferita è stata prodotta secondo i necessari criteri di sicurezza, in modo da mettersi al riparo da ogni eventuale conseguenza qualora il lotto, cui la suddetta partita ha dato origine, risulti contaminato o comunque non idoneo alla commercializzazione.

#### *Realizzazione del sistema*

Il sistema si basa quindi sull'allestimento di un'irroratrice attrezzata per la registrazione su supporto digitale di tutti i dati relativi al trattamento fitoiatrico in tempo reale. Questi dati georeferenziati tramite GPS possono eventualmente essere collegati ai dati relativi alle condizioni meteorologiche rilevati da una centralina di gestione presente in azienda o installata sulla macchina (fig. 1).



*Fig. 1 - L'irroratrice a tunnel allestita per le prove*

Sull'irroratrice è stato montato un sistema di riconoscimento automatico del contenitore del prodotto fitosanitario che viene versato nel premiscelatore tramite appositi tag RFID (Radio Frequency IDentification), solidali al contenitore stesso che vengono letti in tempo reale da un'antenna posizionata sulla macchina (fig. 2).

Tale processo consente l'esatta compilazione del quaderno di campagna e di conseguenza del registro di magazzino dei prodotti fitosanitari, in automatico tramite il computer aziendale, evitando errori dovuti alla pratica frequente di annotare tutte le procedure su fogli volanti rimandando la compilazione della documentazione ufficiale a momenti successivi.



*Fig. 2 - L'immagine mostra l'antenna di lettura installata nel premiscelatore*

Per la realizzazione del sistema la ditta Caffini si è avvalsa della collaborazione di un'importante ditta produttrice e fornitrice di accessori agricoli, l'ARAG di Rubiera (RE) che si è occupata dell'allestimento dell'hardware e del software di gestione. I componenti per il riconoscimento dei contenitori dei prodotti fitosanitari (RFID) sono stati a loro volta forniti dalla ditta Digitech. In particolare l'allestimento si basa su un'unità di controllo mod. "Bravo 300", posizionata sull'irroratrice nei pressi del gruppo di comando (fig. 3).



*Fig. 3 - L'immagine mostra il computer "Bravo 300" installato nella cabina del trattore*



*Fig. 4 - Alcune etichette a radiofrequenza (RFID) autoadesive pronte per l'uso*

Al normale collegamento fra computer e unità decentrata tramite connessione seriale CAN BUS viene aggiunta una specifica unità di controllo per la gestione dell'antenna di lettura dei tag RFID, montata nel premiscelatore.

I tag (fig. 4), che a scopo sperimentale sono stati incollati al contenitore del prodotto fitosanitario, vengono programmati prima dell'uso mediante la medesima antenna presente sull'irroratrice, opportunamente collegata ad un computer portatile tramite un'interfaccia di collegamento appositamente realizzata.

Il sistema gestisce poi il tracciamento della singola bottiglia all'atto del caricamento della cisterna, prevedendo tra l'altro un controllo qualora, per qualsiasi motivo, la stessa bottiglia venisse "letta" due volte dall'antenna. Il computer dell'azienda provvederà poi a gestire il flusso dei dati scaricati dall'unità dell'irroratrice e a compilare il quaderno di campagna.

### Sperimentazione del sistema

L'irroratrice così allestita è stata consegnata all'azienda "Guidolin e Mattiazzo" di Fontane di Villorba (TV) per la fase sperimentale operativa. Durante la sperimentazione si sono eseguite numerosissime ripetizioni delle prove di campo con altrettante messe a punto sia del sistema tecnico, meccanico ed idraulico, sia di quello elettronico per la registrazione e l'elaborazione dei dati.

### Risultati di campagna raggiunti dall'irroratrice a tunnel con distribuzione assistita

I risultati delle prove tecniche, scaturiti dalle sperimentazioni di campo eseguite in collaborazione con la menzionata azienda agricola, sono sintetizzati nella tabella 1 e nei grafici delle figg. 5 e 6.

Questo tipo di prove preliminari hanno riguardato la messa a punto del sistema meccanico ed idraulico dell'irroratrice.

Successivamente si sono verificate la funzionalità e le potenzialità del sistema definitivamente messo a punto nell'effettuare i trattamenti ordinari di campagna dell'impresa viticola che ha ospitato la prova.

Tabella 1 - Sintesi dei trattamenti eseguiti (superficie di prova 1,85 ha)

Date dei trattamenti	Volume d'acqua l/ha	Litri distribuiti in totale	Litri recuperati	% recupero soluzione
27/04	161	299	120	40,0
08/05	150	279	60	22,0
15/05	242	450	60	13,3
25/05	242	450	60	13,3
29/05	237	441	100	22,7
02/06	237	441	90	20,5
09/06	234	435	95	21,8
13/06	239	444	95	21,3
18/06	234	435	90	20,7
23/06	242	450	80	17,8
30/06	242	450	85	18,7
09/07	245	455	75	16,3

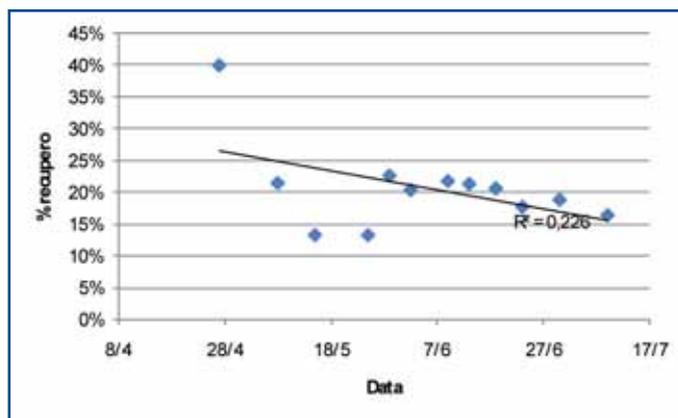


Fig. 5 - Recupero del prodotto irrorato alle spalliere di vite alle diverse date

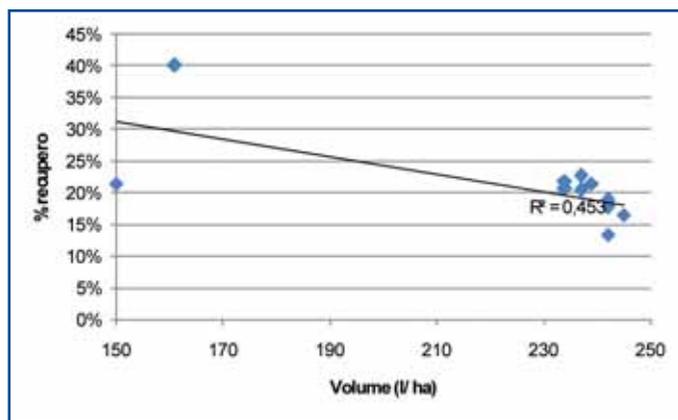


Fig. 6 - Recupero del prodotto irrorato in funzione del volume distribuito

Come mostrano i grafici, l'efficienza del sistema di recupero non sembra risentire in modo evidente del progredire della stagione, e ciò è verosimilmente dovuto alla forma di allevamento molto contenuta.

Il grafico di fig. 6 mostra come la percentuale di liquido recuperato si attesta intorno al 20% nei trattamenti eseguiti a 250 l/ha durante l'estate mentre sale al 30% di media nei primi interventi, con sviluppo fogliare più contenuto. La variabilità tuttavia è piuttosto elevata.

Si evidenzia come il risultato, in apparenza non eccezionale, sia in realtà degno di nota in quanto si parte da condizioni che di per sé garantiscono una deriva limitata grazie al basso volume e al getto mirato con flussi d'aria convergenti sulla vegetazione.

A conferma di quanto appena detto, la quantità complessiva di rame distribuito con il prototipo è stata di 5.270 g/ha contro i 6.580 g/ha dell'atomizzatore aziendale, il che significa un risparmio di prodotto fitosanitario del 20% ma soprattutto il rispetto della normativa vigente in materia di uso di rame in viticoltura biologica (si ricordi 6 kg/ha/anno).

#### *Risultati raggiunti dal sistema di acquisizione dei dati di tracciabilità degli agrofarmaci su irroratrice a tunnel "Drift Stopper"*

Dopo le prove in campo svolte sull'irroratrice a tunnel "Drift Stopper" in uso presso l'Azienda Mattiazzo di Fontane di Villorba (TV) si è provveduto a studiare le caratteristiche funzionali del sistema di tracciabilità installato sulla macchina, costituito dal computer ARAG "Bravo 300" integrato con l'antenna di lettura RFID e l'unità GPS.

Le prove tecniche eseguite hanno fatto registrare risultati più che soddisfacenti. Innanzitutto si è riscontrato che l'integrazione tra le diverse parti del sistema non evidenzia problemi; il riconoscimento dell'antenna di lettura dei tag RFID e dell'unità GPS avviene istantaneamente all'accensione del computer, con tempi di reazione pressoché nulli e senza richiedere alcun intervento da parte dell'operatore.

L'interfaccia con l'utente del computer "Bravo 300" nell'ambito delle prove sperimentali è apparsa eccessivamente scarna, ma complessa nella gestione dei diversi menu; ad esempio non è stato possibile l'inserimento diretto di valori numerici (larghezza di lavoro, volume impostato, ecc.), ma è stato necessario agire su tasti + e - fino al raggiungimento dell'impostazione del valore scelto. Tale modalità si è rivelata assai poco pratica. Inoltre, non vi era un feedback grafico tra l'unità GPS e il computer; si vedeva che il GPS era attivo solo dal LED sull'antenna che diventa verde al momento dell'acquisizione del segnale. Questo è dovuto all'utilizzo, ai fini sperimentali, di un computer di bordo non predisposto. Infatti per l'integrazione del GPS con il computer "Bravo 300" è necessaria la presenza contemporanea del sistema di navigazione "Skipper" dotato di schermo grafico. Questo problema comunque è stato risolto nella successiva sede di ingegnerizzazione del sistema.

La programmazione dei tag RFID non ha posto alcun problema utilizzando un notebook collegato all'apposita interfaccia tra antenna di lettura e computer "Bravo 300", anche se durante le prove, con questa configurazione la scrittura dei campi dei tag è apparsa migliorabile (caratteri speciali non ammessi, difficoltà di comprendere come cancellare un carattere nei campi numerici, ecc.); in questo caso è stato impossibile per l'operatore leggere il contenuto dei tag una volta disconnesso il notebook. Inoltre al riempimento del serbatoio il "Bravo 300" correttamente chiede all'operatore la percentuale di prodotto immesso e non visualizza la quantità disponibile nei contenitori parzialmente utilizzati. Anche questo problema è stato facilmente risolto con l'impiego di un computer di bordo.

Per quanto riguarda il posizionamento delle varie componenti, si è rilevato che la collocazione dell'antenna di lettura nel premiscelatore non rispondeva appieno alle modalità di impiego delle irroratrici per colture arboree. Infatti, mentre sulle colture di pieno campo vengono largamente impiegati formulati liquidi in contenitori da 1 o 5 litri, nei trattamenti ai vigneti si usano per lo più prodotti in polvere contenuti in sacchetti tipicamente da 10 kg. Nel primo caso, l'uso del premiscelatore è semplice e particolarmente efficace in quanto la bottiglia viene svuotata direttamente nella tramoggia di miscelazione e risciacquata con l'apposito lavabottiglie, pertanto la lettura del tag attaccato alla bottiglia è "naturale". Nel caso delle polveri, al contrario, normalmente gli operatori preferiscono versare la quantità desiderata in un secchio per poter pesare il prodotto da inserire nel serbatoio; il contenuto del secchio viene poi versato direttamente nel serbatoio dal bocchettone di riempimento, in quanto il premiscelatore lavora meno efficacemente sulle polveri. Ne consegue che, sia che il prodotto passi per il premiscelatore, sia che non passi, comunque il sacchetto non viene posto a contatto con l'antenna di lettura; pertanto la lettura del contenuto può avvenire solo se il sacchetto, o la porzione con il tag, viene fatta passare manualmente davanti all'antenna. Per quanto sopra, è stato necessario rivedere la posizione dell'antenna di lettura. Si è inoltre provveduto ad installare un sistema aggiuntivo mobile a "pistola" del tipo dei lettori portatili di codici a barre.

L'elaborazione dei dati memorizzati dal computer di bordo viene eseguita da un software specifico realizzato da una software house specializzata. Il risultato finale è consistito nella possibilità di compilare in automatico il quaderno di campagna. Il sistema ha permesso inoltre di visualizzare sulla mappa dell'azienda tutti i dati relativi alle singole distribuzioni dei prodotti fitosanitari dati nei vari trattamenti effettuati nel corso dell'intera stagione.

### *Conclusioni*

La ditta Caffini di Palù (VR) ha realizzato un prototipo di macchina irroratrice per frutteti e vigneti in grado di intercettare e recuperare il liquido erogato in eccesso (irroratrici a tunnel o recycling). La stessa irroratrice è stata dotata di una attrezzatura per la registrazione su supporto digitale di tutti i dati relativi al trattamento fitoiatrico in tempo reale. Questi dati, georeferenziati tramite GPS e sistema di navigazione "Skipper", sono acquisiti ed elaborati da un apparato che documenta le operazioni colturali e gestisce il "quaderno di campagna" e il registro di magazzino dei prodotti fitosanitari. L'elaborazione dei dati memorizzati dal computer di bordo viene eseguita da un software appositamente studiato e realizzato.

Sulla base dei risultati ottenuti nelle prove di distribuzione in campo il prototipo ha confermato la funzionalità dimostrata nei precedenti test. Il risultato finale consiste nella compilazione automatica del quaderno di campagna. Il sistema permette inoltre di visualizzare sulla mappa dell'azienda tutti i dati relativi alle singole distribuzioni dei prodotti fitosanitari distribuiti nei vari trattamenti dell'intera stagione.

Nell'ottica della tracciabilità volontaria il sistema consente l'identificazione rapida e precisa dell'appezzamento trattato dal quale proviene il prodotto in modo da identificare ed isolare qualsiasi fattore che determina rischi per la sicurezza alimentare. Il sistema consente l'identificazione del lotto di provenienza, conferendo così al prodotto commercializzato una "certifica-

zione” di rispetto di tutti i protocolli di produzione, che vanno dalle tecniche agronomiche alla difesa fitosanitaria.

Le ultime modifiche apportate al sistema hanno reso la macchina pronta per essere prodotta in serie per la commercializzazione.

#### **2.1.4. DRAGONE: Macchina per il controllo sostenibile delle infestanti delle colture arboree**

Ditta Dragone S.r.l. Via G. Abate, 189 - 14054 Castagnole delle Lanze (AT).

Referente scientifico: Prof. Paolo Balsari, Dipartimento DEIAFA, Università di Torino.

##### *Introduzione*

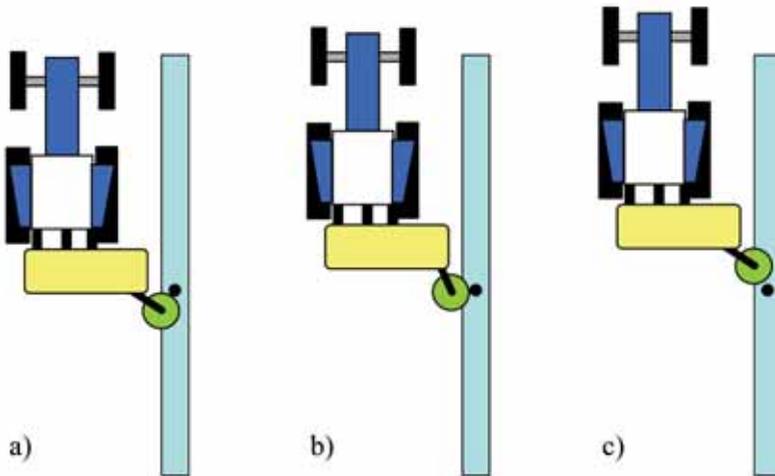
Il problema del controllo delle infestanti presenti nelle sottofila delle colture arboree è stato affrontato e risolto, finora, principalmente attraverso due soluzioni: da un lato un controllo esclusivamente di tipo meccanico con decespugliatori o trince, dall'altro un controllo chimico mediante l'impiego di irroratrici e diserbanti. Entrambi i sistemi però presentano degli aspetti negativi, nel primo caso legati ai possibili danneggiamenti della coltura e all'impossibilità di avere un completo controllo delle infestanti soprattutto in prossimità del colletto della pianta e, nel secondo caso, legati all'elevato impiego di prodotti fitosanitari, che oggi è incompatibile con le nuove strategie per il controllo delle piante infestanti, in particolare quelle adottate nelle aziende che fanno un'agricoltura di tipo "sostenibile". Per superare tali "limiti", è stata progettata e realizzata una macchina di tipo misto, cioè in grado di effettuare un diserbo sia di tipo meccanico che di tipo chimico. In particolare, partendo da un modello di trinciatrice interceppi già esistente (Dragone V140), si è sviluppato un sistema composto da un organo di taglio, che ha la funzione di rimuovere le infestanti lungo il sottofila tra una pianta e l'altra, e da un dispositivo per l'erogazione della miscela diserbante che viene azionato automaticamente soltanto in corrispondenza del colletto della pianta, ossia nel momento in cui il dispositivo meccanico deve allontanarsi dall'asse delle file di piante e rientrare verso il corpo della macchina per non danneggiare le piante stesse

##### *Il prototipo realizzato e le prove effettuate per verificarne la funzionalità*

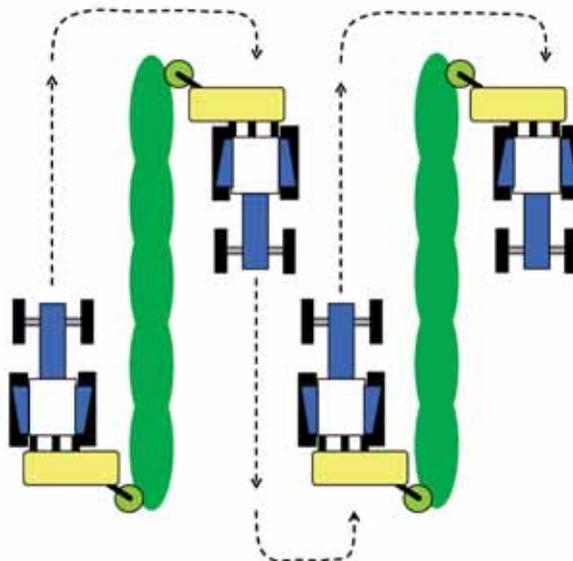
Nel corso dello sviluppo del progetto per la realizzazione del dispositivo di gestione dell'erba nel sottofila delle colture arboree sono emerse 2 principali tematiche da affrontare: l'organo per il diserbo meccanico e il dispositivo di irrorazione. Dopo un'attenta valutazione delle differenti possibilità tecniche per l'azionamento dei 2 componenti è stato deciso di utilizzare esclusivamente trasmissioni di tipo meccanico con l'obiettivo di contenere i costi del prodotto finito e, soprattutto, di garantire la durata nel tempo della macchina. Quest'ultima scelta è scaturita dalla considerazione che l'agricoltore considererà questa tipologia di macchina combinata (trinciatrice + irroratrice) più una trinciatrice che una irroratrice e, di conseguenza, nel suo utilizzo richiederà l'uso di componenti poco "delicati". Per lo sviluppo della macchina interceppi integrata si è partiti da una trinciatrice con spostamento laterale idraulico V140 di normale produzione. Tale macchina è caratterizzata da un rotore con asse di rotazione orizzontale e trasversale alla direzione di avanzamento dotato di organi di taglio articolati.

Per garantire il controllo meccanico delle infestanti presenti nel sottofila è stato utilizzato un sistema di taglio a lame rotative su asse verticale con un diametro complessivo di taglio pari a 490 mm. Il dispositivo di taglio è stato installato su un disco folle, rispetto al telaio della macchina, con un diametro di 550 mm che ha la duplice funzione di gestire lo spostamento del dispositivo di taglio durante l'incontro degli ostacoli (ceppi o pali) e di proteggere l'ambiente esterno dal lancio di oggetti che possono creare le lame di taglio. L'insieme dispositivo di taglio più disco di protezione è stato montato su una struttura articolata collegata al lato destro della

macchina (Fig. 1), pertanto è da prevedere che il passaggio del disco debba avvenire da entrambi i lati del filare (Fig. 2). Tale struttura consente, mediante l'impiego di un martinetto idraulico azionato direttamente dal trattore, l'inclinazione dell'asse di rotazione del disco per ottimizzarne le prestazioni in funzione delle condizioni operative. Un secondo snodo consente il movimento trasversale del disco per garantire il suo spostamento durante l'incontro degli ostacoli. La posizione del disco sul sottofila è mantenuta grazie ad un sistema combinato fra martinetto idraulico e molla. In particolare, il martinetto idraulico consente di variare la tensione della molla e, quindi, il carico necessario per la traslazione del disco. Tale sistema è utile per poter operare in presenza di ostacoli di diversa resistenza (viti giovani oppure viti adulte) e per garantire l'operatività in condizioni di pendenza trasversale.



*Fig. 1 - Schema di funzionamento del dispositivo di taglio interceppi: a) il disco lavora lungo il sottofila quando si trova nello spazio libero tra due piante; b) il disco rientra verso il centro del corpo macchina quando si trova in corrispondenza di una pianta; c) il disco ritorna lungo il sottofila non appena oltrepassa la posizione occupata dalla pianta*



*Fig. 2 - Schema di gestione dei passaggi della macchina nel vigneto/frutteto*

Tutto il gruppo descritto è vincolato alla macchina con una cerniera ad asse orizzontale trasversale che consente al dispositivo di taglio di adattarsi al terreno (Fig. 3). Per l'azionamento del dispositivo di taglio è stata sviluppata una catena cinematica completamente meccanica. In particolare il moto è stato derivato mediante una cinghia trapezoidale dall'albero di trasmissione superiore e portato su un gruppo di supporto a bagno d'olio collocato posteriormente al cassone (Fig. 4). Da questo supporto il moto viene trasmesso, mediante un albero cardanico, ad una coppia conica collocata sul supporto del disco che provvede a ruotare la direzione del moto di 90° con uscita orizzontale longitudinale.



*Fig. 3 - Particolare del dispositivo di taglio intercettibile adattabile alla posizione del terreno*



*Fig. 4 - Componenti per la derivazione del moto dal sistema di trasmissione principale*

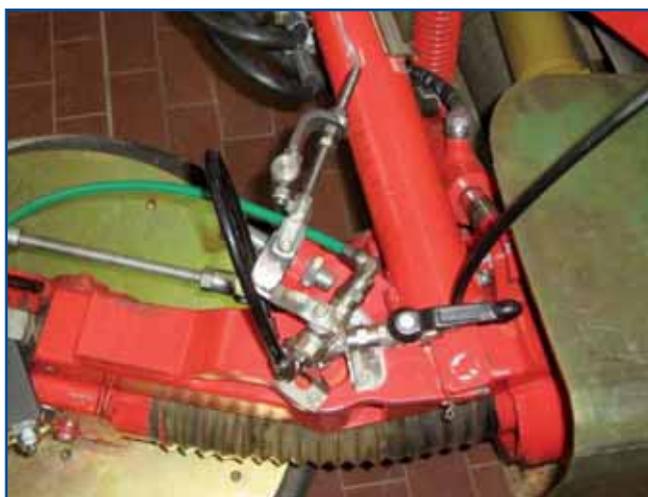
Per azionare il dispositivo di taglio con asse verticale risulta ancora necessaria una rotazione della direzione del moto di 90°, da orizzontale longitudinale a verticale. Quest'ultima viene ottenuta mediante un'altra coppia conica posizionata sul disco. Il collegamento fra le 2 coppie coniche è garantito da un giunto cardanico multiplo. L'insieme di tutti gli organi di trasmissione elencati permette la rotazione del dispositivo di taglio in tutte le sue possibili posizioni di lavoro.

Il dispositivo di irrorazione è costituito da un serbatoio in polietilene con capacità di 50 l posizionato nella parte centrale della macchina, vicino all'attacco del terzo punto. La movimen-

tazione del liquido (erogazione e agitazione nel serbatoio) è garantita da una pompa a membrane caratterizzata da una portata massima di 23 l/min, posizionata lateralmente alla coppia conica principale e azionata mediante una cinghia trapezoidale. L'ugello per la polverizzazione e distribuzione del liquido è situato sul disco (Fig. 5) e l'attivazione della distribuzione avviene mediante un sistema meccanico situato in corrispondenza dell'asse lungo il quale avviene il movimento del disco durante il superamento degli ostacoli (Fig. 6). In pratica, quando il disco rientra viene attivata l'erogazione, mentre quando il disco ritorna nella posizione di massima estensione l'erogazione viene chiusa.



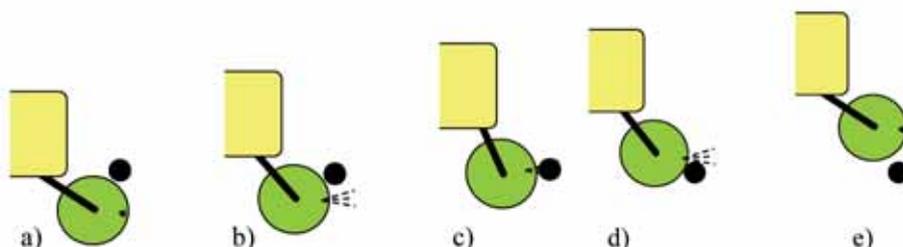
*Fig. 5 - Ugello erogatore montato sul disco intercetti*



*Fig. 6 - per il controllo dell'erogazione della miscela erbicida*

In laboratorio è stata condotta una serie di prove mirate a individuare la disposizione più opportuna dell'ugello sul disco intercetti e a definire la più opportuna configurazione del sistema di controllo dell'erogazione del liquido in maniera tale da garantire un'adeguata irrorazione delle infestanti nell'area circostante gli ostacoli presenti lungo i filari (pali e piante). A questo scopo si è impiegata una piattaforma mobile ad azionamento elettrico montata su una rota-

ia, sulla quale è stato sistemato verticalmente un tubo in polietilene con diametro di 50 mm che aveva la funzione di simulare la presenza di una pianta oppure di un palo lungo il filare. La piattaforma è stata fatta scorrere lungo la rotaia disposta parallelamente al disco interceppi, in modo tale da fare rientrare quest'ultimo verso il centro del corpo macchina e da determinare quindi i movimenti meccanici utili ad attivare l'erogazione dell'ugello in corrispondenza dell'ostacolo. In pratica, si è provveduto a valutare l'efficacia di diverse regolazioni dei leveraggi che controllano l'apertura del rubinetto di alimentazione dell'ugello, fino ad individuare la regolazione che consente di attivare il getto in modo simmetrico da 10 cm prima a 10 cm dopo la posizione occupata dall'ostacolo (Fig. 7).



*Fig. 7 - Schema della tempistica di attivazione dell'ugello: a) l'ugello rimane chiuso fino a che il disco si trova nello spazio del sottofila tra due piante; b) nel momento in cui il disco inizia a rientrare verso il centro della macchina, circa 10 cm prima della posizione dell'ostacolo, l'ugello viene attivato; c) l'attivazione dell'ugello prosegue quando il disco si trova in asse con l'ostacolo ed è nella posizione di massimo rientro; d) l'ugello rimane aperto fino a che il disco non si riposiziona nel sottofila, circa 10 cm oltre la posizione dell'ostacolo; e) nel momento in cui il braccio del disco ritrova la posizione di massima estroflessione l'erogazione del liquido viene interrotta*

La macchina così messa a punto è stata, quindi, sottoposta ad una serie di prove in vigneto per verificarne l'efficacia operativa. Tali prove sono state effettuate in un vigneto di 9 anni coltivato a Nebbiolo da Barbaresco e sito nel comune di Neive (CN), zona Albesani, Cascina Santo Stefano. Il sesto di impianto è di 2.60 x 0.95 con pali distanziati 3.80 m tra loro (1 palo ogni 4 piante di vite, Fig. 8).



*Fig. 8 - Il prototipo realizzato entra nel filare da diserbare*

Una prima serie di prove, condotta in alcuni filari già preventivamente spollonati, ha riguardato trinciatura interceppi e contemporanea distribuzione in prossimità del ceppo e dei pali, di una miscela fitoiatrice a base di glyphosate (Fig. 9), mentre una seconda prova, in filari non spollonati, prevedeva la distribuzione di una miscela fitoiatrice a base di dissecante al fine di valutare la possibilità di effettuare in contemporanea la trinciatura interceppi e la spollonatura.



*Fig. 9 - Particolare del disco interceppi e dell'ugello per il trattamento chimico*

I risultati di queste prove hanno evidenziato che il prototipo realizzato è in grado di controllare efficacemente la presenza delle infestanti presenti nel sottofila. In particolare, nei filari trattati con l'erbicida sistemico è stato rilevato il disseccamento pressoché totale delle piante presenti in prossimità dei ceppi e dei pali. Anche nelle parcelle trattate con l'erbicida di contatto il risultato è stato analogo per quanto riguarda il controllo della flora infestante presente, mentre per quanto riguarda l'azione spollonante essa è stata limitata alla fascia inferiore. Per migliorare la qualità dell'azione spollonante si ritiene, pertanto, necessario installare un secondo ugello, più in alto rispetto al primo, per consentire di ampliare la fascia interessata dall'erogazione della miscela erbicida.

### *Conclusioni*

Il prototipo realizzato è risultato in grado di soddisfare le esigenze espresse nel progetto. In particolare, la realizzazione della trasmissione meccanica per l'azionamento del disco interceppi ha consentito di ottenere una struttura semplice e allo stesso tempo robusta e in grado di mantenere la sua funzionalità nel tempo con una ridotta manutenzione. Grazie all'impiego del sistema per l'applicazione localizzata della miscela erbicida è stata possibile ridurre del 60-80% l'uso di prodotti chimici garantendo al contempo un completo controllo della flora infestante. I maggiori risparmi di prodotto fitosanitari si possono ottenere in impianti caratterizzati da un'elevata distanza fra le piante e in quelli con i pali posizionati in prossimità delle piante. Viceversa, in impianti fitti e con pali equidistanti fra 2 piante successive, la possibilità di inserimento del disco interceppi all'interno del filare (e quindi l'interruzione dell'erogazione) risulta più limitata.

### 2.1.5. FORIGO - ROTER ITALIA: Attrezzatura per la lavorazione conservativa del terreno

Ditta Forigo - Roter Italia S.R.L. - Via San Giuseppe - 37056 Salizzole (VR).

Referente scientifico: Dott. Giuliano Colorio, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma); Prof. Luigi Sartori e Dr. Lorenzo Benvenuti Dipartimento TESAF dell'Università degli Studi di Padova.

#### *Introduzione*

Il progetto, condotto con il contributo tecnico-scientifico dell'Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria del CRA-ING e del Dip. Territorio e Sistemi Agro-forestali dell'Università di Padova, si è prefissato lo sviluppo di una attrezzatura capace di realizzare in un solo passaggio una lavorazione conservativa del terreno e la distribuzione di liquidi, anche ad azione fumigante, per l'orticoltura.

L'attrezzatura è stata sviluppata sia come ulteriore accessorio del Mix Tiller, che rappresenta la tecnologia di punta per questa casa costruttrice, e sia, nella versione indipendente, una attrezzatura specializzata nella lavorazione di decompattamento del terreno che può effettuare contemporaneamente una distribuzione profonda di liquidi ad azione fumigante. La distribuzione in profondità del liquido fumigante concorre a ridurre le emissioni in atmosfera del gas e, quindi, in alcune situazioni, a migliorare notevolmente l'efficacia del trattamento.

#### *Realizzazione della macchina innovativa*

La conformazione di queste ancore è risultata originale e fortemente innovativa in quanto chiamata ad assolvere a due diversi compiti: la decompattazione e l'irrorazione profonda. L'ancora progettata è composta, dall'alto verso il basso, da un dispositivo per l'aggancio al telaio, da un fusto, da un piede e da due ugelli (figura 1).



*Fig. 1 - Progetto struttura dell'ancora: alloggiamento degli ugelli con e senza simulazione della fuoriuscita del liquido*

Il fusto dell'ancora viene connesso al sistema di aggancio, solidale al telaio, mediante due spinotti. Il dispositivo consente di variare manualmente la profondità di lavoro dell'ancora in 3 o 5 diverse posizioni senza modificare l'assetto della macchina.

Il fusto dell'ancora presenta un profilo tale da facilitarne la penetrazione nel suolo e consente di raggiungere profondità fino a 35 cm. Nella parte posteriore trova alloggio il condotto che alimenta gli ugelli. L'ancora è realizzata in acciaio Hardox 400.

Al suo piede, la tipica aletta dirompente è stata sostituita da una aletta convessa, della larghezza di 600 mm, in grado di ospitare al suo interno due ugelli del tipo antideriva che producono un getto a ventaglio capace di insinuarsi nello spazio vuoto creato temporaneamente nel terreno dal passaggio dell'attrezzo.

Una lama dritta protegge nella parte distale e anteriore gli ugelli favorendo la formazione del canale dove viene eiettato il liquido. La larghezza della sezione di terreno irrorata dagli ugelli è superiore ai 500 mm.



Fig. 2 - Test funzionali. Prova in serra

L'accurato studio delle geometrie ha permesso di garantire l'irrorazione di tutta l'area lavorata. Ciò grazie alla parziale sovrapposizione fra le sezioni lavorate da ciascuna ancora ottenuta grazie alla particolare conformazione del telaio che consente di alloggiare le ancore sfalsate fra loro rispetto alla linea perpendicolare a quella di avanzamento.

La sovrapposizione è compresa fra i 50 e i 70 mm a seconda del modello e pertanto l'interasse fra due ancore risultante è compreso fra 460 e 500 mm. In pratica sia l'attrezzatura da 2,3 m e sia quella da 2,5 m montano 4 ancore (figura 2).

#### *Versione integrata nel Mix Tiller*

Questa tipologia di ancora nella versione per il Mix Tiller è costituita da un telaio compatto che consente di mantenere contenuto il momento ribaltante dell'intera attrezzatura e contemporaneamente di alloggiare le ancore in modo sfalsato per garantire la corretta sovrapposizione delle aree di lavoro. Questo aspetto è importante in quanto alla funzione lavorazione è stata abbinata la distribuzione nel suolo di liquidi. Il liquido deve essere distribuito sull'intera superficie lavorata e pertanto i piedi delle diverse ancore devono sovrapporsi.

L'ingombro trasversale del telaio è infatti di soli 430 mm e l'interasse fra le travi che supportano le ancore è di soli 230 mm (figura 3).

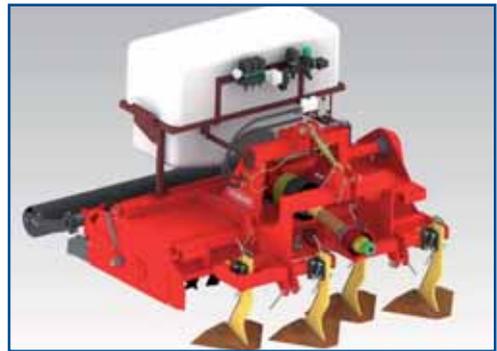
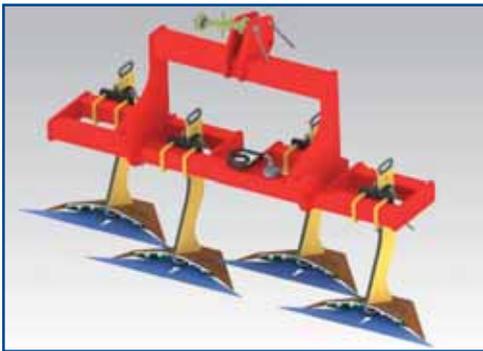


Fig. 3 - Fase Progettuale. Assemblaggio delle ancore sul telaio e di quest'ultimo sul Mix Tiller

#### *Versione indipendente*

Queste ancore, disposte però su due ranghi ben distinti, sono state utilizzate per realizzare una versione che può operare la lavorazione del terreno ed effettuare la contemporanea distribuzione di liquidi in modo indipendente dal Mix Tiller.

Il progetto in questo caso ha sviluppato un telaio specifico predisposto per alloggiare le ancore su due differenti ranghi, la pompa e i sistemi di gestione dell'irroratrice, il serbatoio ed altri accessori. Inoltre al telaio trova aggancio un rullo posteriore che può essere del tipo a gabbia o liscio di grande diametro (e in entrambi i casi folle).

L'ingombro longitudinale è di 1600 mm (dall'attacco a tre punti anteriore al rullo posteriore) e l'interasse fra le travi che supportano le ancore è di 500 mm.

In pratica questa attrezzatura viene proposta nella versione priva di interratrice destinata ad effettuare:

1. il decompattamento del terreno fino a circa 35 cm;
2. la distribuzione di prodotti liquidi ad azione fumigante solo in profondità;
3. il pareggiamento del terreno ed una compressione uniforme sull'intera larghezza di lavoro dell'attrezzatura.

La macchina è predisposta con un alloggiamento specifico capace di accogliere il tank contenente il prodotto. In questo modo sono state ridotte le occasioni di contatto dell'operatore con il prodotto.

### 3. Attività sperimentale

Superate con successo le prove funzionali preliminari, nel maggio 2009 è stata avviata una sperimentazione scientifica condotta dal Dip.Te.S.A.F. dell'Università di Padova, dal Servizio Fitopatologico di Bologna e dal T.A.V. Tabacchicoltori Associati Veneti, presso un'azienda agricola in comune di Oppeano (VR) in località Mazzantica, mirata a definire la funzionalità dell'ancora nella coltivazione di tabacco.

Queste verifiche sperimentali avevano lo scopo di valutare, anche attraverso le analisi condotte sulla coltura, la piena funzionalità dell'ancora e gli eventuali vantaggi forniti da una distribuzione profonda di metam rispetto ad una distribuzione più superficiale nel controllo di *Meloydogine*, un nematode galligeno e polifago, particolarmente temibile per le Solanacee (tabacco, pomodoro, patata), molto diffuso nei terreni sabbiosi. Le ancore, quando non erano attivate per la distribuzione effettuata comunque la lavorazione.

Per questa attività è stata scelta la versione applicata al Mix Tiller (figura 4).

In particolare l'obiettivo della sperimentazione è stata la valutazione dell'effetto "modalità di distribuzione" e dell'effetto "dose" sulla popolazione di nematodi in terreno destinato alla coltura di tabacco nella distribuzione di prodotti liquidi (e solidi, distribuiti però con una seconda tipologia di macchina, già sviluppata con un precedente progetto Enama) che rilasciano MITC.

Lo schema sperimentale previsto era a blocchi randomizzati con nove tesi, ciascuna replicata tre volte (ogni replica aveva una lunghezza di 20 m ed una larghezza pari a circa 4 file di tabacco).



Fig. 5 - MT35-230 in prova con vista laterale sinistra: si notino le ancore, la ruota per rilevare la velocità ed il rullo dotato di moto proprio



Fig. 4 - Prototipo - evidenziate: 1) le barre distributrici; 2) ancore; 3) barra anteriore; barra profonda; 4) barra posteriore superficiale

Metodi di distribuzione per il liquido:

- ancore: distribuzione a circa 25 cm di profondità;
- barra posteriore: distribuzione compresa fra 15 e 20 cm;
- mista: 50% del prodotto distribuito con le ancore a circa 25 cm di profondità e 50% del prodotto distribuito con barra anteriore in modo tale che il prodotto sia miscelato nell'intero strato lavorato (0-20 cm di profondità).

Metodo di distribuzione del solido:

- barra anteriore: il prodotto è miscelato nell'intero strato lavorato (0-20 cm di profondità).

La tesi “non trattato” è stata lavorata con la medesima attrezzatura bloccando la distribuzione del prodotto.

Principi attivi e dosi:

Metam: dose alta 1.200 l - dose bassa 600 l;

Dazomet: dose alta 70 g/mq - dose bassa 35 g/mq

### 3.1. Risultati: Analisi della carica nematica nel terreno

Dato che il nematode presenta una distribuzione tipicamente a macchie nel terreno, sono state valutate le differenze tra le tesi soprattutto in termini di incremento di carica nematica nel tempo, piuttosto che confrontando i valori assoluti di ogni tesi riferiti ad una stessa epoca.

Il rapporto di infestazione tra il secondo ed il primo rilievo (figura 6), quindi in un intervallo di 13 giorni, mostra differenze significative tra il TEST e tutte le altre tesi.

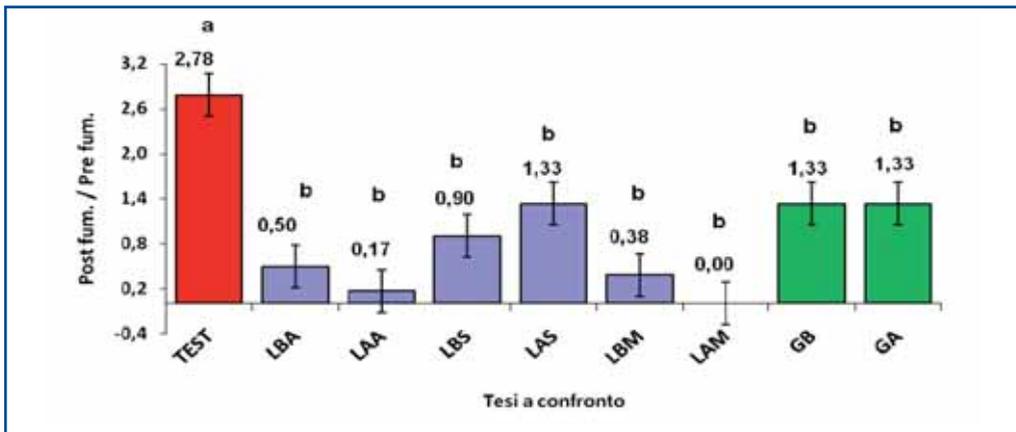


Fig. 6 - Effetto del trattamento sulla popolazione di *Meloidogyne* spp. nel terreno, misurato come rapporto tra la carica nematica rilevata dopo il trattamento e quella rilevata prima del trattamento.

Le tesi sono riportate in ordine crescente di incremento di infestazione.

Testimone = TEST; per le altre tesi la prima lettera indica il tipo di prodotto (L = Metam liquido; G = Dazomet granulare), la seconda indica la dose (A = alta; B = bassa) e la terza indica il tipo di applicazione (A = ancora; S = sotto; M = mista)

Localizzando il 100% del prodotto ad una profondità di 25 cm, nonostante la sua tendenza a risalire in superficie come MITC, è stato rilevato uno scarso effetto in superficie. Viceversa i risultati migliori sono stati ottenuti con una applicazione mista: distribuzione profonda abbinata alla miscelazione nello strato più superficiale che permette di distribuire in modo più uniforme il prodotto all'interno del terreno.

Risulta interessante notare, sotto un'ottica economico-ambientale, che l'effetto dose, per entrambi i prodotti impiegati, sembra non avere effetti significativi sul controllo del nematode, tuttavia si è ritenuto opportuno effettuare un'ulteriore elaborazione dei dati con il Software “Design-Expert 7.0” al fine di studiare questo fattore in ognuna delle tre modalità operative per il Metam.

Il software ha permesso di costruire dei grafici tridimensionali sulla base delle funzioni di regressione dei dati sperimentali (detti anche “superfici di regressione”). Nel costruire questi grafici si è tenuto conto dei dati rilevati nel primo, nel secondo e nel terzo ed ultimo rilievo (rispettivamente 08/05/09 - 21/05/09 - 29/09/09), con una proiezione temporale di 144 giorni. Utilizzando le funzioni di regressione è stato possibile poi tracciare dei grafici con linee di tendenza per descrivere la riduzione di carica nematica tra la dose bassa e quella alta, sia in termini assoluti (numero di larve J2) che in termini di riduzione percentuale.

A titolo esemplificativo si riportano i risultati conseguiti da questa analisi per la modalità operativa definita “mista” che mostra l’inevitabile aumento di carica nematica nel tempo e l’effetto della distribuzione del fumigante (figura 7).

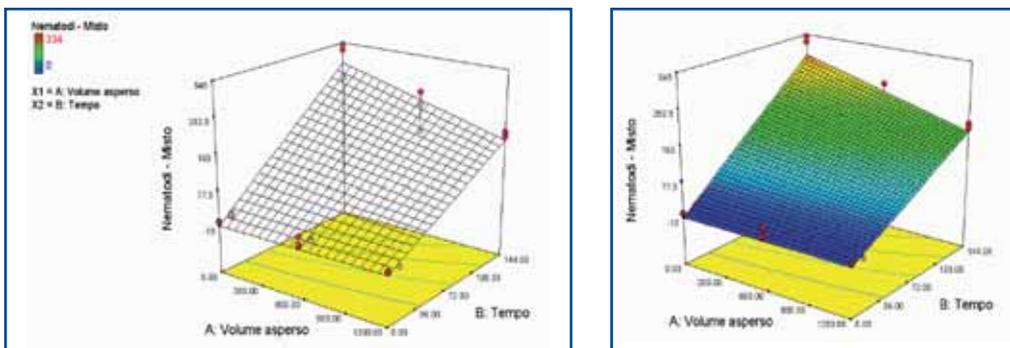


Fig. 7 - Modello di regressione relativo all’applicazione di Metam in modalità operativa mista (50% ancore e 50% barra anteriore) per valutare gli effetti dei fattori “tempo” e “dose” sulla carica nematica del terreno. Sono stati considerati i tre rilievi effettuati sul terreno ed il tempo intercorso fra di essi (8 maggio 2009-21 maggio 2009 e 29 settembre 2009)

### Il peso delle foglie

Il peso delle foglie delle prime tre corone partendo dall’alto è stato confrontato tra tutte le tesi con il test della varianza Anova, non evidenziando differenze significative. Tuttavia, si sono registrati i valori più bassi e pari a 427 g nel TEST (non trattato) e valori più alti e pari a 573 nella tesi trattata con Dazomet a dose alta.

La valutazione dell’applicazione di Metam pur non evidenziando differenze significative sia per quanto riguarda l’effetto dose che l’effetto tipo di applicazione, ha confermato il raggiungimento di valori maggiori con la dose più alta e con l’applicazione “mista” (figura 8).

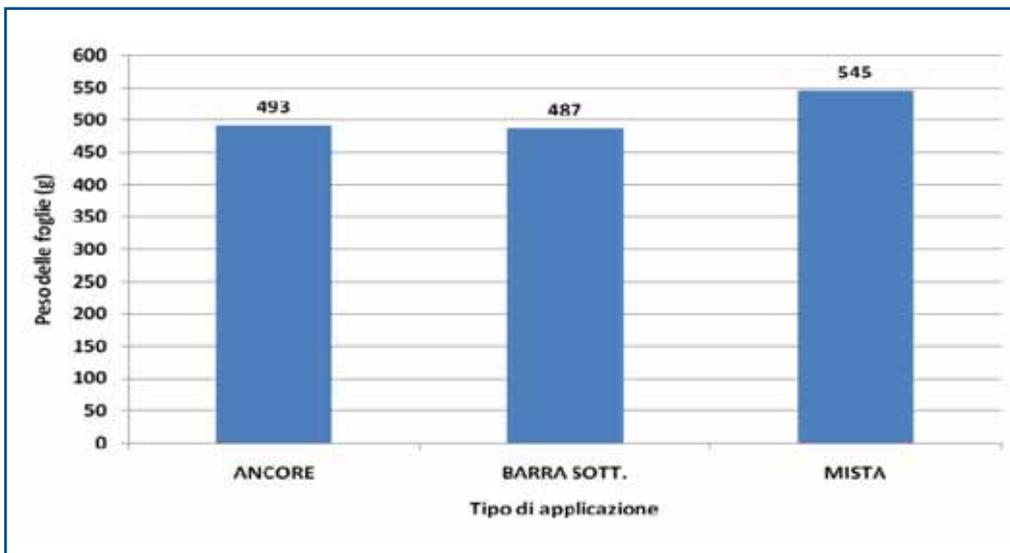


Fig. 8 - Effetto medio del tipo di applicazione sulla produzione di foglie del tabacco nelle parcelle trattate con Metam. L’applicazione “mista” si riferisce alla ripartizione del volume al 50% con le ancore e 50% con la parte anteriore. L’ANOVA non ha rilevato differenze significative

## Conclusioni

Le ancore per l'orticoltura forniscono aspetti innovativi di rilievo.

Le prove funzionali hanno dimostrato la funzionalità di entrambe le versioni (versione per Mix Tiller e versione indipendente). In particolare hanno confermato la versatilità del Mix Tiller e, per entrambi i prototipi per l'orticoltura, la garanzia in termini di sicurezza per l'operatore e di salvaguardia ambientale rispetto ai metodi di applicazione convenzionali. Infatti, la possibilità di carico del serbatoio o della tramoggia in modo completamente meccanizzato, il possibile interrimento immediato dei prodotti e la presenza di un rullo posteriore sono alcune delle caratteristiche che permettono di rispondere alla direttiva 128/2009 sull'uso sostenibile degli agrofarmaci e alla direttiva 127/2009 relativa alle macchine per la distribuzione degli agrofarmaci. Il comportamento operativo della macchina, come dimostrato in sperimentazioni precedenti, grazie al controllo elettronico della dose applicata, permette una elevata precisione ed una veloce variazione della stessa in base alle impostazioni fornite dall'operatore.

Per quanto riguarda la sperimentazione dedicata al controllo di nematodi su coltura di tabacco, presa ad esempio come Solanacea sensibile a questa categoria di parassiti, i risultati ottenuti non consentono di esprimere considerazioni di valore assoluto, ma solo alcune indicazioni. Per la riduzione della carica nematica del terreno e dell'IMI delle piante sembra più efficace ed affidabile il fumigante Metam distribuito attraverso la distribuzione mista.

La distribuzione solo mediante ancore, infatti ha mostrato una minore efficacia.

Non sembrano però risultare differenze di produttività in risposta alle dosi ed alle tecniche di distribuzione adottate.

Sarebbe interessante, d'altra parte, ripetere questa sperimentazione negli anni al fine di verificare se nel lungo periodo la riduzione della carica nematica ottenuti trovano una correlazione anche a livello produttivo della coltura a seguito di un minore accumulo di forme svernanti dei nematodi.

### **2.1.6. NOBILI: Macchina operatrice per il taglio, la trinciatura e l'andanatura, in un unico passaggio, di colture dedicate per la produzione di biomassa**

Ditta Nobili S.p.A. Via Circonvallazione Sud, 46 - 40062 Molinella (BO).

Referente scientifico: Dott. Luigi Pari, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma), Prof. Marco Bentini Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie Università di Bologna.

L'interesse per le biomasse agricole come fonte di energia rinnovabile è cresciuta di continuo negli ultimi anni. Il potenziale delle biomasse in Italia è stato stimato interessante anche per contribuire al raggiungimento dell'obiettivo europeo "20/20/20".

Ad oggi le coltivazioni dedicate a fini energetici devono competere per l'uso del suolo con le colture alimentari o per uso industriale.

Le colture erbacee ligno-cellulosiche dedicate a fini energetici sono il sorgo da fibra (*Sorghum bicolor*) e, tra le poliennali, la canna comune (*Arundo donax*) e il panico (*Panicum virgatum*).

Uno degli utilizzi più frequenti di tali colture è la combustione diretta in centrali termoelettriche. La tipologia di raccolta, stoccaggio e trasporto di tali colture determina la tipologia di filiera di approvvigionamento delle centrali e determinano scelte di meccanizzazione ad hoc.

In un primo caso la pianta viene trinciata usando falcia trincia caricatrici anche con testata universale: il trinciato ottenuto ha un basso peso specifico e un'elevata umidità, fattori che incidono negativamente sui costi di trasporto.

Nel secondo caso la pianta viene tagliata, raccolta in andane e successivamente imballata in balle cilindriche o prismatiche con maggiore peso specifico e ridotta umidità rispetto al

primo caso. Gli svantaggi di questa seconda opzione sono i maggiori costi (almeno due passaggi) e impiego di macchine dedicate. La fase critica è tuttavia l'essiccazione in campo che però non può essere protratta, nei nostri ambienti, oltre metà settembre.

La macchina messa a punto dalla ditta Nobili con il supporto tecnico scientifico CRA-ING di Monterotondo e del DEIAGRA dell'Università di Bologna, ha come obiettivo la realizzazione di un prototipo in grado di trinciare, sfibrare e disporre in andane colture poliennali per una raccolta successiva con imballatrice. L'obiettivo è ridurre l'umidità con l'essiccazione in campo e aumentare il peso specifico delle balle. Nella sperimentazione sono state utilizzate due piante poliennali (canna comune e panico) e una specie annuale (sorgo da fibra). Sono stati sviluppati tre prototipi: il primo ha consentito di verificare l'efficacia della macchina nelle varie operazioni di taglio, trinciatura, sfibratura e andanatura delle piante di canna e panico; con il secondo prototipo sono stati introdotti organi specifici e sono state aumentate le dimensioni per poter operare su campi di vaste dimensioni; il terzo prototipo è servito per sperimentare la raccolta del sorgo. I punti critici del primo prototipo riguardavano la pezzatura del trinciato troppo variabile, larghezza della macchina troppo ridotta, l'applicazione in posizione frontale della macchina generava tanta polvere da intasare frequentemente il filtro del motore del trattore. Il secondo prototipo è stato quindi pensato per l'attacco a tre punti posteriore, in considerazione anche della sua massa più che doppia rispetto a quella della prima versione e dei problemi d'intasamento prima ricordati. Utilizzando trattori a guida reversibile si garantisce comunque una buona visibilità e un adeguato controllo. La larghezza di lavoro è pari a 2,8 m (nel primo era di 1,6 m). La parte anteriore della camera di trinciatura presenta un cofano mobile, che si può alzare o abbassare grazie a dei cilindri idraulici e che consente di variare l'intensità della trinciatura. La macchina inoltre presenta un abbattitore spartitore anteriore che, specie nel caso della canna che raggiunge anche i 4 m di altezza, è indispensabile per convogliare al centro della macchina le piante. Un rullo abbattitore riduce gli attriti e favorisce l'ingresso alla camera di trinciatura. I coltelli e i contro coltelli sono stati studiati per la migliore azione di taglio-trincia-sfibratura. Le coclee convogliatrici provvedono a disporre in andane il trinciato e rendono superfluo l'uso di un ranghinatore. Il rullo di appoggio posteriore serve a regolare l'altezza della macchina da terra, particolare utile per mantenere costante l'altezza di taglio. Sul secondo prototipo sono state eseguite anche le prove di raccolta della canna e del panico.



*Fig. 1 - Secondo prototipo della macchina con particolare del rullo abbattitore*

Le velocità sono state di circa 2,5 Km/h e la capacità di lavoro è stata di 0,53 ha/h per la canna e 0,50 ha/h per il panico. Questo tipo di cantiere non presenta tempi morti ad eccezione dei tempi richiesti per le svolte (15-17% dei tempi totali). Successivamente sono stati fatti i rilievi sull'imballatura, misurando massa, volume, peso specifico nonché umidità delle balle. Inoltre sono state analizzate le prestazioni dell'imballatrice, misurandone la velocità, la larghez-

za operativa, il tempo di lavoro effettivo, quello di scarico e di svolta, la capacità di lavoro espressa come ettari per ora. Infine sono state effettuate misure sul tipo di trinciato e sul suo peso specifico ottenuto con diverse intensità di trinciatura.



Fig. 2 - Macchina al lavoro su colture di canna comune (*Arundo donax*) e panico (*Panicum virgatum*)



Fig. 3 - Andane realizzate su coltivazioni di canna comune (*Arundo donax*) e panico (*Panicum virgatum*)

Dai risultati emergono le seguenti considerazioni: la capacità di lavoro può essere un fattore limitante per un utilizzo della macchina su larga scala; il problema può essere risolto o aumentando la larghezza della macchina (però si creerebbero andane troppo larghe per le imballatrici) o aumentando la velocità di lavoro (in parte essa è dipesa dalla ridotta dimensione delle parcelle) per esempio modificando le coclee andanatrici. Ulteriore elemento di riflessione è che il livello di trinciatura molto spinto potrebbe causare un aumento delle perdite, in particolare in presenza di solchi in cui si raccoglierebbe il trinciato fino che sfuggirebbe al *pick up* dell'imballatrice. Il livello di umidità misurato alla raccolta (sia su canna che su panico) permette la conservazione corretta del prodotto ed è compatibile anche con la combustione diretta.



Fig. 4 - Aspetto del trinciato di canna comune (*Arundo donax*)



Fig. 5 - Rotoballe di canna comune (*Arundo donax*) e *panico* (*Panicum virgatum*)

Infine, nel luglio 2010 è stato sviluppato il terzo prototipo, specifico per il sorgo da fibra, che differisce dal secondo per il sistema andanatore e il rullo abbattitore. Le coclee convogliatrici sono state eliminate perché, nelle prove su sorgo da fibra, causavano spesso l'ingolfamento della camera di trinciatura. In effetti bisogna precisare che il sorgo viene raccolto con un elevato tenore di umidità e deve essere lasciato a essiccare in campo pertanto non è necessario fare le andane. L'eliminazione delle coclee (e dell'andanatura) ha reso più spedito il lavoro. I primi risultati positivi hanno indotto i tecnici a operare anche su piante allettate senza che si verificassero intasamenti, tale possibilità è molto interessante perché molte varietà oggetto della sperimentazione sono particolarmente suscettibili a questo problema.



Fig. 6 - Prove di raccolta con il terzo prototipo, specifico per il sorgo da fibra (*Sorghum bicolor*), su colture erette e (a destra) allettate

### **2.1.7. TERPA: Carro con sistema di separazione e trattamento per preservare la qualità delle uve vendemmiate a macchina durante il trasporto in cantina**

Ditta Officine Terpa S.n.c. Via Martiri della resistenza, 42 - Mantovana di Predosa (AL).  
 Referente scientifico: Dott. Luigi Pari, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma), Prof. Fabio Pezzi Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie Università di Bologna.

#### *Introduzione*

Una delle maggiori problematiche che frenano la diffusione della vendemmia meccanica riguarda la possibilità di compromettere la qualità del prodotto raccolto. Possibilità concreta, lega-

ta al maltrattamento subito dall'uva durante il distacco meccanico e alla conseguente fuoriuscita di mosto che favorisce fenomeni negativi, come l'ossidazione, le fermentazioni anomale e le macerazioni indesiderate. È vero che le prestazioni delle moderne vendemmiatrici sono notevolmente migliorate e che le nuove tecniche enologiche in cantina consentono prodotti sempre migliori, ma è altrettanto vero che la vendemmia meccanica provoca ancora un evidente ammassamento dell'uva e che gli interventi in cantina sono più adatti a conservare la qualità piuttosto che a ripristinarla quando è già stata compromessa. La fase più critica della raccolta meccanica in cui si può alterare la qualità finale del prodotto è rappresentata dal trasporto dal campo alla cantina, soprattutto se eseguita in giornate calde e con tempi lunghi. In questo contesto si inserisce il carro sviluppato dal progetto che, consentendo interventi enologici mirati in campo subito dopo la raccolta, ha lo scopo di preservare le migliori caratteristiche dell'uva vendemmiata a macchina.

#### *Realizzazione della macchina innovativa*

L'innovazione sviluppata è un carro per il trasporto dell'uva vendemmiata a macchina progettato per mantenere la qualità del prodotto. Il principio innovativo si basa sulla separazione della componente liquida (mosto) da quella solida (grappoli e acini), subito dopo lo scarico dalla vendemmiatrice. A seguito della separazione, realizzabile semplicemente per gravità attraverso griglie, le due frazioni vengono raccolte in due contenitori, al fine di consentire trattamenti differenziati prima dell'arrivo in cantina. In particolare il mosto, che rappresenta la parte più pregiata e delicata, viene raccolto in un serbatoio chiuso dove è possibile eseguire interventi quali il raffreddamento, la modifica dell'atmosfera con gas inerti ( $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$ ) e l'aggiunta di prodotti enologici. Inoltre all'arrivo in cantina il mosto può essere immesso direttamente in vasca, senza dover passare nella sequenza operativa normalmente prevista per la lavorazione delle uve (scarico in tramoggia, diraspapigiatura, pressatura, ecc.), che può facilmente causare ossidazione o aumento della fecciosità.

L'articolazione del progetto ha previsto la costruzione di due prototipi adatti a differenti esigenze operative delle aziende vitivinicole con cui sono state realizzate varie prove di campo. I prodotti ottenuti nelle prove sono stati poi vinificati e sottoposti ad analisi chimiche e sensoriali per individuare gli eventuali benefici ottenuti con la tecnica innovativa realizzata.

Il primo prototipo (carro A) è dotato di un sistema di scarico a coclea (diametro di 300 mm). La tramoggia di carico è di forma troncoconica con una capacità di  $4,5 \text{ m}^3$  ed è posizionata sopra ad un serbatoio in acciaio coibentato, di forma parallelepipedica con una capacità di



*Fig. 1 - Prototipo con sistema di scarico a coclea (carro A). È visibile il serbatoio (bianco) per la raccolta del mosto libero e la bombola di  $\text{CO}_2$  liquida utilizzata per l'inertizzazione*

1,2 m<sup>3</sup>. Il serbatoio è provvisto di 4 aperture circolari a tenuta (una per lato) di 200 mm di diametro, di un misuratore di livello sulla parte anteriore e di una condotta per lo scarico dei gas in eccesso, usati per l'eventuale inertizzazione, nella sovrastante tramoggia. Il carro è dotato di un sistema di elevazione della tramoggia (+2,5 m), che può consentire lo scarico anche direttamente nella diraspapigiatrice o nella pressa, di un portellone di chiusura e di un agevolatore per il carico delle bombole di gas, tutti comandati idraulicamente. Il secondo prototipo (carro B) è stato realizzato per velocizzare lo scarico in cantine che dispongono di grandi fosse. Questo carro è dotato di una tramoggia ribaltabile idraulicamente di forma parallelepipedica, con capacità di carico di 4 m<sup>3</sup>, sovrapposta ad un serbatoio di 2 m<sup>3</sup>.



*Fig. 2 - Prototipo con sistema di scarico per ribaltamento (carro B)*

I controlli di campo sono stati eseguiti in 4 aziende vitivinicole che, producendo vini di buon valore commerciale, esigono uno standard qualitativo elevato anche applicando la vendemmia meccanica. Le aziende interessate e i vitigni raccolti sono stati:

- Azienda Madonne delle Vittorie, Arco (TN) - Pinot Grigio;
- Azienda Terre Naldi, Faenza (RA) - Sauvignon;
- Azienda Fondo Tarroni, Castel Bolognese (RA) - Malvasia Aromatica;
- Azienda Teruzzi e Puthot, San Gimignano (SI) - Vernaccia.

In ogni azienda la prova è stata impostata vendemmiano a macchina un solo vigneto. Una parte del prodotto (una o due tesi) è stata trasferita in cantina con il carro che prevede la separazione e il trattamento differenziato del mosto dall'uva (metodo sperimentale), l'altra parte del prodotto raccolto è stata trasportata con lo stesso carro senza eseguire la separazione e il trattamento al mosto libero (metodo tradizionale). Una volta giunti in cantina il prodotto trasportato con il metodo sperimentale è stato scaricato separatamente (mosto direttamente in vasca e uva in fossa), mentre quello trasportato con il metodo tradizionale è stato scaricato tutto nella fossa. I mosti ottenuti sono stati vinificati con la stessa procedura in serbatoi distinti sino all'ottenimento del vino finito. I vini ottenuti sono stati sottoposti ad analisi chimiche e sensoriale (duo trio test per individuare le differenze fra le due tesi e test di preferenza per definire la tesi migliore).



*Fig. 3 - Scarico differenziato dell'uva sgrondata e del mosto separato*

A titolo d'esempio si riportano i risultati ottenuti nell'az. Terre Naldi, sede sperimentale del Corso di Laurea in Viticoltura ed Enologia dell'Università di Bologna, in cui si è svolta la prova più esauriente per modalità d'impiego del carro sperimentale e per valutazioni sui prodotti ottenuti. È stato vendemmiato il Sauvignon in un vigneto allevato a cordone speronato, utilizzando una vendemmiatrice trinata ERO LS Traction. La produzione unitaria è risultata di 120 q/ha, mentre il grado d'ammontamento provocato dalla raccolta è stato del 25% circa. I tempi di trasferimento dal campo alla cantina sono stati di 15 minuti.

La prova è stata svolta con il primo prototipo (carro A) e sono state eseguite 3 tesi di trasporto:

Tesi A. Testimone, senza nessuna separazione del mosto.

Tesi B. Separazione e trattamento del mosto con circa 1 kg/hL di CO<sub>2</sub> liquida, per inertizzare l'atmosfera all'interno del serbatoio, prelevata da una bombola alloggiata sul carro.

Tesi C. Separazione e trattamento del mosto con circa 5 kg/hL di ghiaccio secco (CO<sub>2</sub> solida pellettata) introdotto dalle aperture laterali del serbatoio, per raffreddare la massa di circa 5 °C e inertizzare l'atmosfera.

Le analisi realizzate sui mosti e sui vini (tab. 3) mostrano una condizione più favorevole nelle tesi sperimentali, in particolare per quella C in cui oltre all'inertizzazione si è provocato anche un abbassamento della temperatura del mosto.

Nei mosti i valori più bassi dei polifenoli totali e dell'assorbanza A 420 indicano una minore estrazione di composti solidi (macerazione) e un minor livello di ossidazione. Gli stessi parametri li troviamo favorevoli, insieme alla acidità volatile, nei vini delle tesi sperimentali.

Tabella 3 - Risultati delle analisi chimiche dei mosti di Sauvignon

TESI	A	B	C
<b>MOSTI</b>			
Tempertura (°C)	28	27	23
Zuccheri (°Brix)	21,0	21,0	21,4
pH	3,38	3,26	3,49
Acidità totale (g/l)	6,6	6,9	6,6
Polifenoli totali (mg/l)	131	147	166
Densità ottica 420 nm	1,13	0,80	0,87
<b>VINI</b>			
Alcol effettivo (%vol)	12,6	12,4	12,7
Zuccheri (g/l)	1,1	1,7	1,1
pH	3,3	3,2	3,3
Acidità totale(g/l)	6,5	6,7	6,7
Acidità volatile (g/l)	0,36	0,26	0,26
Polifenoli totali (mg/l)	522	403	382
Densità ottica 420nm	0,110	0,125	0,140

Le analisi sensoriali sono state svolte presso il laboratorio ASTRA di Faenza (laboratorio di analisi chimiche enologiche accreditato SINAL n° 0380, sulla base delle norme UNI-EN-ISO IEC 17025). Il test triangolare di riconoscimento dei vini ha sempre individuato, con un'elevata probabilità statistica (valori di P sempre inferiori a 0,01), differenze nette fra le coppie di campioni confrontati (tab. 4).

La preferenza del panel di assaggiatori è stata indirizzata verso il campione C. Anche l'altra tesi sperimentale (tesi B), in cui il mosto separato è stato solo inertizzato, è risultata chiaramente migliore rispetto al testimone (tesi A).

Tabella 4 - Risultati del test triangolare e del test edonistico a punteggio effettuati nelle tre prove

Tesi a confronto	Degustatori	Riconoscimenti test triangolare	Valore di P	Preferenze (tesi preferita)	Valore di P
A vs B	20	17	0,001	16 (B)	0,01
A vs C	20	18	0,001	17 (C)	0,01
B vs C	20	13	0,01	15 (C)	0,05

Nelle figure 4 e 5 sono riportati il test di gradevolezza e l'analisi descrittiva, da cui si evincono ancora le migliori caratteristiche dei vini ottenuti trasportando le uve in cantina con la tecnica della separazione e del trattamento differenziato del mosto.

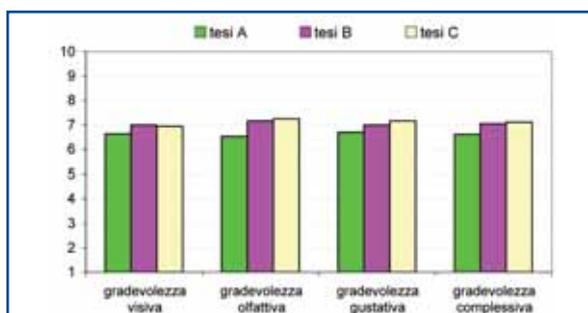


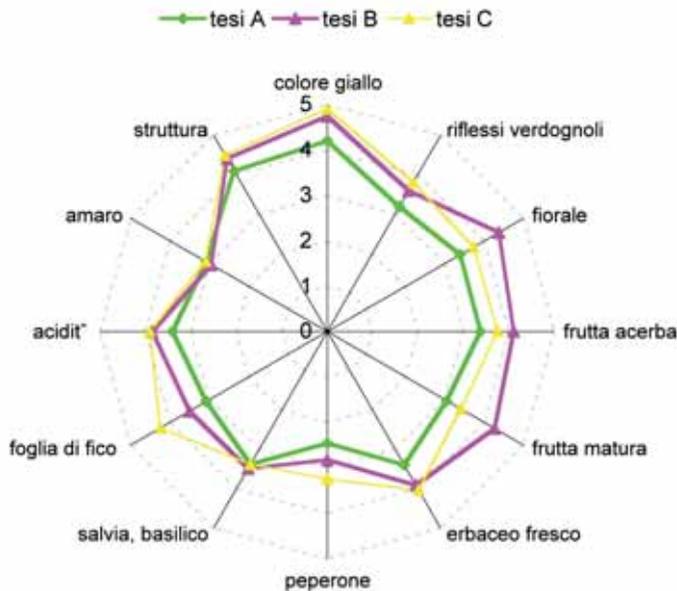
Fig. 4 - Dettaglio del test di gradevolezza effettuato su Sauvignon

Considerando il grado di ammostamento del 25% e una resa di pigiatura del 75%, si possono fare le seguenti ipotesi di costo aggiuntivo per le tesi B e C.

- Tesi B. Inertizzazione con 1 kg/hL di CO<sub>2</sub> liquida (1,2 €/kg) = 0,4 €/hL.
- Tesi C. Raffreddamento (-5°C) con 5 kg/hL di CO<sub>2</sub> solida (1,6 €/kg) = 2,7 €/hL.

La modesta entità dei costi esposti risulta certamente favorevole alla tecnica della separazione che ha migliorato la qualità dei vini ottenuti. Tenendo conto che del risultato qualitativo non troppo inferiore della tesi B rispetto a quella C, si potrebbe ipotizzare come scelta complessivamente più vantaggiosa quella più economica, ottenuta con la semplice inertizzazione del mosto separato.

Anche tenendo conto del maggior costo del carro dovuto alla costruzione del sistema di separazione (3/4.000 €) che, se destinato su di una superficie vitata di 20 ha, corrisponde ad un incremento unitario di 0,3-0,5 €/hL, il costo complessivo delle due tecniche sperimentata (tesi A e B) risulta ancora modesto e sicuramente ben inferiore ad altre tecniche di condizionamento utilizzate per preservare le uve vendemmiate a macchina. Ad esempio impiegando ghiaccio secco su tutta la massa d'uva per provocare un raffreddamento di 5°C si raggiungono costi superiori ai 10 €/hL.



*Fig. 5 - Analisi descrittiva delle tesi comparate. Si riporta la valutazione della tesi C ritenuta migliore: colore giallo di media intensità, con tenui riflessi verdognoli più giallognoli, nel complesso di buona attrazione. Profilo olfattivo molto intenso, fine e complesso, piacevolissimo con note floreali e fruttate dolci e fresche di frutta acerba, vegetali tipiche del Sauvignon. Al gusto presenta un'acidità sostenuta, amarognolo e sapido, ottima struttura, caldo e pieno con un buon equilibrio. Vino ottimo per tutti gli aspetti*

### Conclusioni

Le esperienze realizzate hanno fornito risultati molto positivi sulla capacità di preservare il livello qualitativo delle uve vendemmiate a macchina mediante la separazione e il condizionamento in campo del mosto libero. I due carri realizzati sono risultati idonei a separare la frazione liquida del prodotto raccolto, più pregiata ma anche più "delicata", per poterne anticipare la protezione con mezzi chimici o fisici. I vini ottenuti con il sistema di separazione sono stati giudicati migliori per il colore più brillante, per il profilo olfattivo più intenso e piacevole e per un aroma più complesso e armonico.

La possibilità di intervenire con differenti metodiche sul mosto separato (raffreddamento e inertizzazione con ghiaccio secco o solo inertizzazione con CO<sub>2</sub> liquida) dimostra come la tec-

nica possa prestarsi a vari livelli di applicazione, adattandosi alle differenti esigenze organizzative e tecnologiche delle aziende vitivinicole. Rispetto ad altre tecnologie utilizzate per conservare la qualità delle uve che intervengono su tutta la massa del vendemmiato, quali ad esempio il raffreddamento su carri-frigo, il trattamento con ghiaccio secco o con prodotti chimici riducenti abbinato alla tecnica di separazione si dimostra semplice, efficace ed economico.

### **2.1.8. TERPA: Sistema di gestione elettronico della trazione idraulica nei rimorchi forestali**

Ditta Officine Terpa S.n.c. Via Martiri della resistenza, 42 - Mantovana di Predosa (AL).  
Referente scientifico: Prof. Paolo Balsari, Dipartimento DEIAFA, Università di Torino.

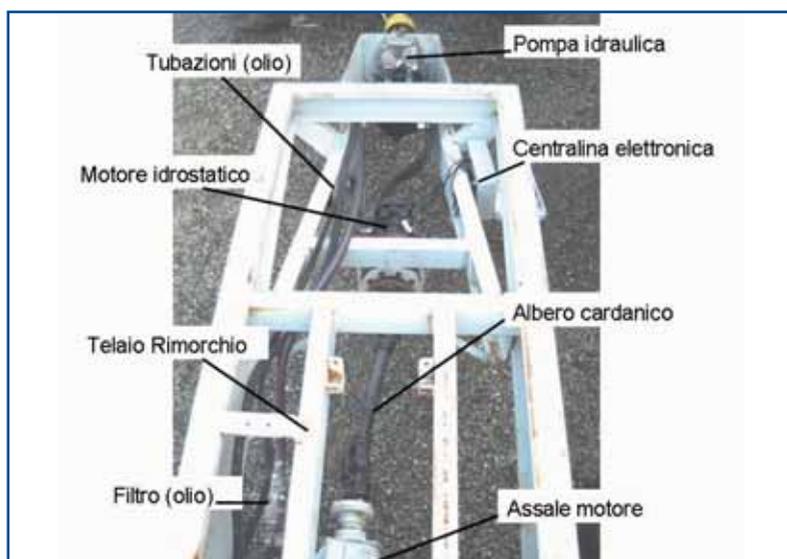
Il trasporto del legname all'interno del bosco è un'operazione molto complessa e, in certi casi, difficile e pericolosa per le condizioni poco favorevoli del fondo stradale, che si manifestano, soprattutto, in inverno (terreno ghiacciato), e in primavera (terreno fangoso). Per questi motivi, sia nei grandi che nei piccoli cantieri forestali nazionali è sempre più diffusa la presenza di rimorchi con assale motore. L'azionamento dell'assale motore può essere di tipo meccanico o idraulico. Nel primo caso il rapporto di trasmissione costante vincola l'aggancio del rimorchio ad un solo trattore e solo nella configurazione di pneumatici per i quali è stato progettato, costringendo le ditte costruttrici dei rimorchi ad intervenire sul rapporto di trasmissione in maniera tale da ridurre la velocità di avanzamento dello stesso del 3-5% rispetto a quella del trattore al quale viene abbinato al fine di consentire al convoglio di effettuare le curve senza che il rimorchio, effettuando un raggio di curvatura minore, spinga fuori strada il trattore a cui è agganciato. Nel secondo caso, non essendo possibile gestire il numero di giri del motore idraulico, l'innesto viene eseguito solamente per brevi tratti e nei punti in cui l'aderenza è ridotta. A differenza della prima, questa soluzione costruttiva ha il vantaggio di non determinare mai rotture degli organi della trasmissione del moto dovute agli elevati sforzi, (in quanto prima di incorrere nella rottura delle parti meccaniche si ha uno slittamento dei giunti viscosi) ma non può essere utilizzata in discesa in aiuto al trattore in caso di mancanza di aderenza. L'obiettivo della ricerca è stato quello di realizzare un sistema automatico che permettesse di correlare la velocità del rimorchio, allestito con assale motore ad azionamento idraulico, con quella del trattore a cui è collegato. L'innovazione è consistita nell'ibridazione dei due sistemi di trazione già esistenti, ossia quello meccanico ed idraulico, cercando di esaltare i lati positivi di entrambi e di ridurre quelli negativi. In particolare, l'assale motore del rimorchio è azionato da un motore idraulico per mezzo di una pompa gestita elettronicamente da uno specifico software in grado di correlare in qualunque situazione operativa la velocità del rimorchio a quella del trattore tramite un apposito sensore di posizione (potenziometro) fissato dietro all'occhione di aggancio del rimorchio al trattore.

#### *Descrizione del prototipo*

Prima di procedere all'individuazione dei diversi componenti, è stata eseguita un'indagine di mercato per esaminare le caratteristiche tecniche delle soluzioni già messe a punto da altri Centri di Ricerca e dalle case costruttrici di attrezzature e componenti agricoli. Dall'indagine effettuata è emerso che tutte le soluzioni analizzate, oltre a garantire solo in parte la soluzione del problema, risultano essere costituite da componenti (sensori ed attuatori) sofisticati e poco adatti alle condizioni di lavoro tipiche del settore forestale. Proprio sulla base di queste ulteriori esigenze nella progettazione e realizzazione del sistema si è posta particolare cura nell'impiego dei componenti solo altamente performanti e cercando anche di proteggerli da eventuali urti con ripari in acciaio.

Il rimorchio scelto per l'allestimento del sistema oggetto di studio ha una massa complessiva a pieno carico di 6 t, una lunghezza di 4 m e una larghezza di 1,8m. Il telaio è stato costru-

to ad hoc con due monotravi in lamiera piegata di forma triangolare ad elevata resistenza dello spessore di 6 mm, mentre per il timone si è preferito utilizzare profilati di acciaio a C in quanto ritenuto più resistente e versatile rispetto a quelli di serie realizzati in lamiera sagomata. Considerato l'esclusivo utilizzo in bosco del rimorchio, il cassone di carico è stato progettato con il solo ribaltamento posteriore poiché le tradizionali cerniere, costituite da boccole con perno passante, risultano più robuste e resistenti delle comuni cerniere a "sfera" utilizzate in campo agricolo ed industriale per il ribaltamento trilaterale. L'assale motore con cui è stato equipaggiato il rimorchio è di tipo industriale con un rapporto di trasmissione alla coppia conica di 1/30 e presenta due mozzi a 6 colonnine con freni a tamburo ad azionamento meccanico. Al fine di conferire al rimorchio un'adeguata aderenza, le ruote sono state allestite con pneumatici 11,5/80-15.3 a 14 tele di tipo forestale a carcassa radiale con battistrada a V e a costola inclinata di 45°. Successivamente è stata fissata sul timone una pompa a portata variabile (37-106 Nm) e sotto al telaio portante un motore idrostatico della cilindrata di 250 cm<sup>3</sup>/giro. Tra quest'ultimo e l'assale motore è stato inserito un riduttore a disinnesto meccanico in modo tale da poter inserire la trazione solo in caso di necessità. La trasmissione del moto rotatorio dal riduttore all'assale motore è stata garantita tramite un albero cardanico. Dietro all'assale motore è stato montato il serbatoio dell'olio (80 litri di capacità) ed il sistema di filtraggio dello stesso. La centralina elettronica, invece, è stata collocata a lato del timone sotto al cassone per renderla di facile accesso e per proteggerla da eventuali urti durante l'utilizzo (Fig. 1).



*Fig. 1 - Collocazione dei vari componenti il sistema innovativo sul rimorchio*

Con il fine di modulare l'escursione dell'occhiello di aggancio al trattore e di attutire eventuali urti tra le ruote e gli ostacoli presenti nel bosco, lo stesso è stato allestito interponendo, fra il dado di serraggio e la boccola saldata sul timone, delle molle a tazza. La dimensione e lo spessore di quest'ultime, fatto saldo il foro centrale che deve essere necessariamente di poco superiore a quello del diametro dell'occhiello, può essere variato in funzione della massa complessiva del rimorchio e della sensibilità che si vuole attribuire al sistema. Quest'ultima può essere regolata anche in funzione del numero e della disposizione delle molle a tazza stesse (in serie o in parallelo). L'innesto e il disinnesto della trazione avviene in modo automatico azionando oppure disattivando semplicemente la pdp del trattore. In particolare, azionando la presa di potenza del trattore la pompa idraulica manda l'olio in pressione ad un cilindro oleodinamico che, a sua volta, attiva l'innesto mecca-

nico; l'avvenuto innesto è segnalato al trattorista mediante una spia luminosa posta sul timone, accesa da un sensore di posizione collocato alla fine della corsa del cilindro oleodinamico. La disattivazione del sistema, invece, avviene per effetto di due molle a spirale che, una volta tolta la pressione del fluido all'interno del cilindro oleodinamico, riportano quest'ultimo in posizione iniziale.

### Le prove eseguite

Al fine di valutare la funzionalità del sistema realizzato sono state condotte delle prove in campo mirate a valutare l'effettiva sincronizzazione della velocità di avanzamento del rimorchio con quella del trattore a cui è collegato. Quest'ultimo, per le prove, era un trattore a doppia trazione di potenza pari a 65kW e massa di 3800 kg (Fiat 88-94).

Le prove condotte hanno previsto il rilievo della posizione dell'occhione del rimorchio rispetto ad un punto di riferimento, definito "0" durante le manovre eseguite in tracciati diversi e operando con differenti velocità di avanzamento. In particolare, la posizione dell'occhione è stata determinata rilevando l'intensità dell'impulso elettrico in uscita dal potenziometro. Quest'ultimo, infatti, al fine di fornire le indicazioni necessarie alla centralina elettronica per modulare la portata e la pressione dell'olio idraulico in ingresso al motore idrostatico, commuta la posizione dell'occhione rispetto il punto zero in impulsi di corrente di differente intensità.

I percorsi scelti per la prove sono stati due: uno della lunghezza di circa 300 metri costituito da un terreno pianeggiante con cotica erbosa, l'altro della lunghezza di circa 120 metri rappresentato da un terreno in pendenza (30%) sempre con cotica erbosa. Sul primo si è operato con differenti velocità di avanzamento (2-3-4- km/h), mentre sul secondo su entrambe le direzioni marcia (salita e discesa) e con velocità costante pari 3 km/h.

### Risultati ottenuti

Nelle diverse situazioni operative considerate, la centralina elettronica ha garantito un controllo efficiente della coppia motrice in entrata all'assale motore, sincronizzando la velocità del rimorchio a quella del trattore e garantendo sempre il mantenimento di una posizione "neutra" dell'occhione del rimorchio, annullando così la sua spinta sul perno del gancio di traino della trattatrice a cui il rimorchio è stato collegato.

In particolare, operando su terreno pianeggiante e con il sistema di controllo della trazione non attivato, l'occhione del rimorchio tendeva a spostarsi in avanti all'aumentare della velocità di avanzamento, mentre con il sistema innovativo inserito tale fenomeno è risultato contenuto e la posizione dell'occhione si è mantenuta pressoché stabile anche al variare della velocità di avanzamento. I picchi evidenziati nel grafico per il tratto registrato con una velocità di avanzamento di 3 km/h sono da attribuire principalmente alle asperità presenti sul tracciato (Fig. 2).

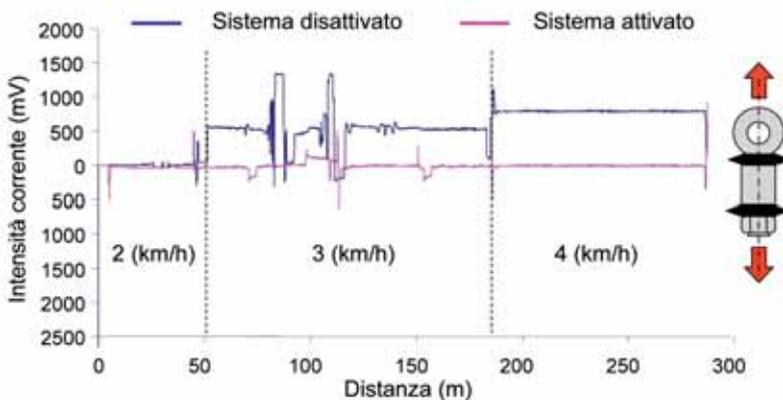


Fig. 2 - Posizione dell'occhione con sistema inserito e non durante la marcia su terreno pianeggiante a diverse velocità di avanzamento

I dati registrati nel secondo itinerario, ossia quello con il tratto centrale in pendenza, evidenziano che l'uso del sistema proposto garantisce un avanzamento del rimorchio neutro annullando tutte le spinte sul perno del gancio di traino del trattore a cui il rimorchio è collegato. Infatti, dall'analisi dei grafici sotto riportati nelle figure 3 e 4, si evince che sia procedendo in discesa sia in salita la centralina elettronica che gestisce l'assale motore del rimorchio è in grado di mantenere in posizione centrale l'occhione. Anche in questo caso i picchi registrati nelle diverse "registrazioni" sono da attribuire alle asperità del terreno (Fig. 3-4).

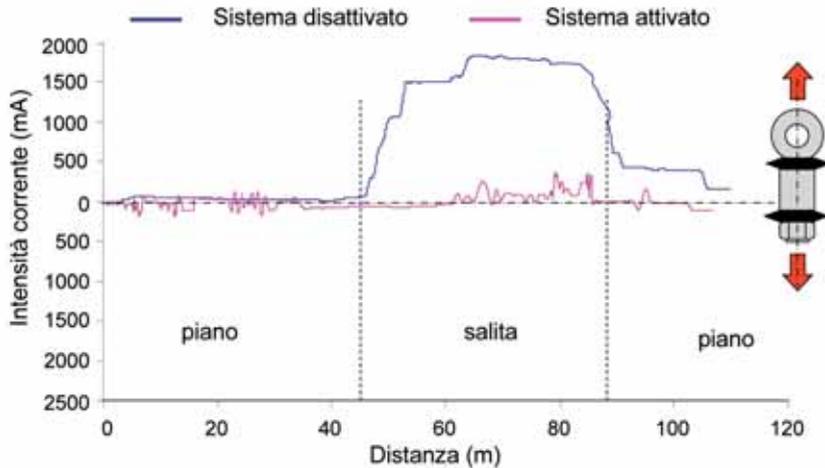


Fig. 3 - Posizione dell'occhione con sistema inserito e non durante la marcia su terreno in pendenza (salita)

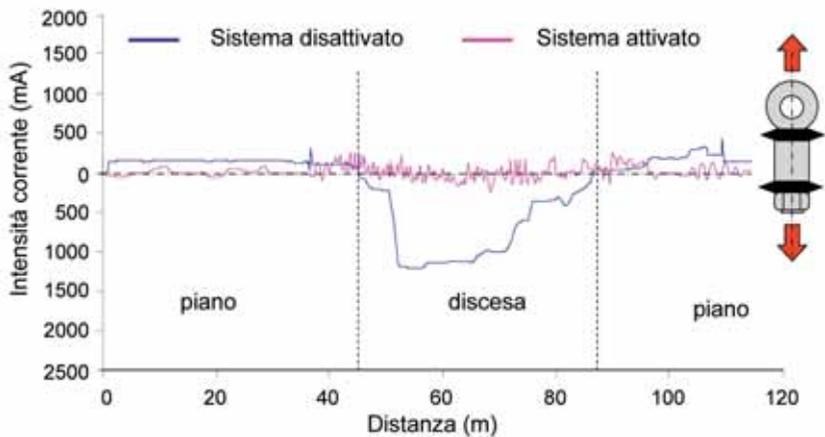


Fig. 4 - Posizione dell'occhione con sistema inserito e non durante la marcia su terreno in pendenza (discesa)

### Conclusioni

Il sistema di controllo della trasmissione del moto del rimorchio forestale, avendo un funzionamento completamente slegato dalla tipologia della trattoria a cui è collegato, offre la possibilità di utilizzare lo stesso con qualsiasi tipo di trattore senza operare lunghe e complesse modifiche al sistema di accoppiamento rimorchio-trattore. Si ritiene, pertanto, che tale innovazione sia una valida alternativa ai sistemi di trazione oggi presenti sul mercato e che possa diffondersi soprattutto nelle diffuse realtà delle piccole imprese forestali che, non disponendo di capitali sufficienti per l'acquisto di un rimorchio forestale con trazione, possono riunirsi in cooperative e acquistare un solo rimorchio con trazione mettendolo a disposizione di tutti i soci. La possibili-

tà di utilizzare trattori diversi può risultare molto vantaggiosa anche per le grandi aziende del settore che disponendo di un ampio parco macchine possono “turnare” i diversi trattori nel lavoro in bosco facilitando così le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria degli stessi.

### **2.1.9. RIDING: Nuovo modulo semovente di irrorazione con possibilità di guida a distanza per il trattamento delle colture arboree in zone di difficile accesso**

Ditta Riding S.r.l. loc.San Marziale - 53034 Colle di Val d'Elsa (SI).

Referenti scientifici: Prof. Marco Vieri, Università di Firenze; Dott. Marcello Biocca, Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo - Roma).

L'esigenza innovativa deriva dalla necessità di disporre di una macchina per i trattamenti con prodotti fitosanitari in coltivazioni collinari o in appezzamenti ristretti quali per esempio gli oliveti tipici delle colline di molte regioni italiane. La piccola taglia della macchina è stata associata anche a strumenti e attrezzature innovative per gli atomizzatori, quali una lancia a mano e un modulo irrorante costituito da un cannone montato su un minicingolato che consente un movimento sia rettilineo che curvilineo, grazie alla trasmissione idraulica. Questi accorgimenti consentono una conduzione agevole e sicura anche nelle difficili condizioni di olivicolture marginali.

La soluzione adottata per la miscelazione del prodotto prevede un iniettore a portata variabile e miscelatore statico, per realizzare la miscela antiparassitaria immediatamente prima dei polverizzatori, lasciando solo acqua nel serbatoio principale, riducendo in tal modo la parte contaminata dell'impianto e, conseguentemente, anche i rischi per l'operatore e per l'ambiente derivanti dalla bonifica dell'impianto a fine lavoro.

Il diffusore è a cannone circolare con ugelli esterni al flusso, snodabile con la possibilità di ruotare di 270° sul piano orizzontale e di 120° sul piano verticale.

Di seguito di elencano le caratteristiche costruttive della macchina:

Motore: Diesel da 17 Hp con raffreddamento a liquido, pompe a membrane in Viton con riduttore di giri. Manometro alla glicerina 0-80. Trasmissione Motore-Pompa a cinghia. Valvola di regolazione pressione, agitatore idraulico e filtro autopulente in ottone antiacido.

Telaio: in profilato e lamiera d'acciaio, zincati a caldo per immersione.

Serbatoio principale: integrato nel gruppo macchina, in polietilene da 300 litri, pareti interne lisce e fondo con convergenza al centro per svuotamento totale. Indicatore di livello a vasi comunicanti con scala di lettura. Coperchio boccaporto a vite e filtro a setaccio.

Serbatoio lavacircuito: integrato nel serbatoio principale, in polietilene, capacità 54 litri.

Serbatoio lavamani: integrato nel serbatoio lava circuito, in polietilene capacità 15 litri.

Il cofano motore-pompa assicura una copertura totale al gruppo motore-pompa e ne attenua il rumore è in resina rinforzata con fibra di vetro. Predisposto per l'inserimento del gruppo pompa dosatrice e dei relativi serbatoi porta prodotti chimici (2 o 3) al posto della cassetta porta attrezzi.

Apparato ventilatore: a turbina centrifuga con testa a cannone e terminale flessibile ad orientamento omnidirezionale su circa 280° in orizzontale, mediante cuscinetto a ralla su sfere e 250° in verticale, il tutto comandato da telecomando, per avviamento/spengimento ed accelerazione progressiva del motore, apertura e chiusura elettrovalvola di erogazione.

Ugelli: a doppia possibilità di erogazione, regolabili, fuori corrente e con dispositivo anti goccia.

La particolarità della macchina consiste nel disporre di una lancia a mano in grado di erogare il prodotto anche sulle piante più alte, funzionalità particolarmente utile per l'impiego in aree particolarmente difficili, ove risulta impossibile intervenire con il cannone.

Un'ulteriore innovazione proposta sulla macchina riguarda la posizione dell'operatore che, durante il lavoro e i trasferimenti, può stare in piedi, a bordo macchina, su apposita pedana, camminare dietro la macchina, oppure telecomandare la macchina a distanza.

Nel complesso la macchina risulta compatta, di facile impiego e versatile.

#### *Prove sperimentali*

Le attività di sperimentazione e verifica sul prototipo si sono svolte in collaborazione con il Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali dell'Università di Firenze per verificare la qualità di distribuzione del prototipo in condizioni operative e l'analisi dei tempi operativi e di lavoro durante un trattamento.

Le prove si sono svolte nelle colline senesi su un oliveto coetaneo, caratterizzato da una pendenza di circa il 2%, con scarsa accidentalità e buona accessibilità all'impianto. Il sesto d'impianto era di 6 x 5 m; le piante avevano un'altezza media di 4 m e la chioma misurava circa 4 x 4,5 m.



*Fig. 1 - Determinazione della qualità del trattamento mediante cartine idrosensibili, evidenziate dalle frecce*

Nel mese di marzo 2010 sono state effettuate ulteriori prove comparative di irrorazione in oliveti della Lunigiana (provincia della Spezia), attraverso l'impiego di cartine idrosensibili nell'oliveto, per valutare la qualità di un trattamento fitosanitario eseguito per mezzo di una lancia a mano e di un modulo irrorante costituito da un cannone applicati su un minicingolato.

Durante la prova è emersa la validità delle scelte costruttive in particolare la scelta del modulo cingolato che consente una traslazione rettilinea e curvilinea, grazie alla trasmissione idraulica attuata da pompa a portata variabile e motori idraulici del tipo orbitale ad alta coppia, anche ai bassi regimi di rotazione. Ciò consente una conduzione agevole e sicura nelle difficili condizioni di olivicolture marginali.

Il gruppo irrorante realizzato dalla ditta Spray Team, ha una capacità di 300 l e monta i componenti usuali delle irroratrici con polverizzazione meccanica per pressione e aeroconvezione. La miscelazione dell'antiparassitario viene effettuata con iniettore a portata variabile e miscelatore statico, per realizzare la miscela antiparassitaria immediatamente prima dei polverizzatori, lasciando solo acqua nel serbatoio principale, riducendo in tal modo la parte contami-

nata dell'impianto e, conseguentemente, anche i rischi per l'operatore e per l'ambiente derivanti dalla bonifica dell'impianto a fine lavoro. Come detto precedentemente il diffusore è a cannone circolare con ugelli esterni al flusso con snodo verticale e possibilità di ruotare di 270° sul piano orizzontale e di 120° sul piano verticale. L'applicazione a cannone con "spazzolatura automatica", operazione già ampiamente sperimentata ed ottimizzata nei trattamenti di disinfezzazione, permette di trattare fasce fino a 20 m con una velocità di avanzamento di 3 km/h ed una capacità di lavoro stimata in 500 piante per ora.

#### *Determinazione dei parametri operativi*

La suddetta prova è stata allestita in un oliveto caratterizzato da piante di circa 6 m, disposte irregolarmente su terrazze non raccordate. Si è proceduto alla scelta di tre piante rappresentative, sulle quali è stato eseguito il trattamento in bianco. Le cartine idrosensibili sono state disposte su paline a cinque diverse altezze: terra, 1m, 2m, 3m, 4m.

Il trattamento è stato preceduto dalla taratura e regolazione dell'attrezzatura impiegata.

Dapprima sono stati analizzati i tempi di lavoro per determinare il rendimento di utilizzazione della macchina.

Inoltre sono state messe a confronto due possibili modalità di lavoro della macchina. Nella prima prova l'irrorazione ha interessato due filari per passaggio, operando con la "spazzolatura" automatica a destra e a sinistra, mentre la macchina procedeva al centro dell'interfilare. Il secondo trattamento prevede l'irrorazione da un solo lato del filare, riferendo quindi il tempo di lavoro ad una andata e ritorno. Inoltre si è provveduto a misurare il tempo di irrorazione completo di una pianta isolata.

Prima della prova si è provveduto a determinare la portata effettiva degli ugelli e la pressione d'esercizio. La pressione indicata dal manometro della macchina (10 bar) è risultata perfettamente mantenuta a livello dei tre ugelli, indicando l'assenza di perdite di carico. La qualità della distribuzione è stata valutata tramite il posizionamento all'interno della chioma di cartine idrosensibili, un sistema che consente di ottenere sulle cartine stesse delle tracce permanenti degli impatti provocati dalle gocce nebulizzate dalle macchine.

Le cartine prelevate in seguito al trattamento, sono state posizionate su fogli prestampati per facilitarne la scansione. I fogli contenenti le cartine ordinate sono stati analizzati per mezzo di uno scanner ottico. I rilievi sul contenuto dei campioni sono stati eseguiti attraverso un software specifico (Image J) per ottenere la determinazione della percentuale di copertura.

#### *Risultati della prova*

Il confronto fra i due sistemi di irrorazione testati mostra, anche da una prima analisi visiva delle cartine, un evidente incremento di deposito ottenuto mediante l'utilizzo del cannone. Nella figura sottostante è possibile notare, come la distribuzione sulla cartina, nel caso della lancia, sia assolutamente eterogenea, con produzione di gocce grossolane che non garantiscono la corretta copertura delle masse vegetali.

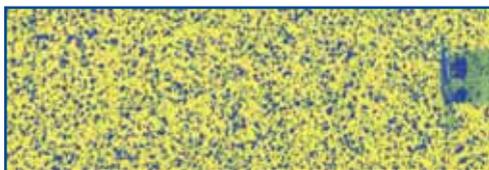


Fig. 2 - Cannone (portata ugelli = 5.4 l/min)

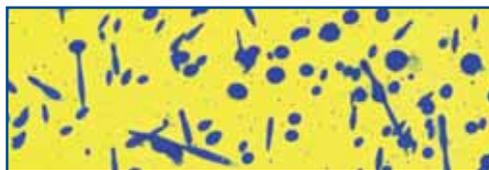


Fig. 3 - Lancia (portata ugello = 8 l/min)

L'utilizzo del cannone comporta, d'altronde, una riduzione del volume impiegato ad ettaro di oltre cinque volte, con notevoli vantaggi dal punto di vista logistico, per il contenimento del numero di rifornimenti e dal punto di vista ambientale, per la riduzione delle perdite a terra.

### 2.1.10. SPAPPERI: pick up per la raccolta delle colture in Short Rotation Forestry (SRF)

Ditta Spapperi S.r.l. - Z. Art. San Secondo - 06010 Città di Castello (PG).

Referenti scientifici: Dr. Luigi Pari, Dr. Vincenzo Civitarese, Dr. Angelo del Giudice, Consiglio per la Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura - Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo - Roma).

Il cantiere per la raccolta del pioppo allevato come SRF basato sulla metodologia di raccolta e cippatura in un unico passaggio, pur offrendo svariati vantaggi presenta anche alcune criticità, soprattutto relative alla necessità di ottenere un prodotto con un minor contenuto di umidità, riducendo i fenomeni fermentativi che si registrano durante lo stoccaggio, alla necessità di allungare la finestra di raccolta del prodotto e quella di diminuire il compattamento del terreno dovuto al transito della raccogliitrice.

I sistemi di lavoro che prevedono l'abbattimento e la cippatura in due fasi distinte, sono attualmente due:

- abbattimento e accatastamento a bordo campo, per una successiva cippatura ad opera di cippatrice fissa dotata di braccio idraulico con pinza,
- abbattimento e andanatura tra le file, per una successiva cippatura ad opera di cippatrice dotata di pick up rotativo.

Quest'ultimo sistema prevede l'utilizzo invernale della sola abbattitrice, posticipando l'ingresso della cippatrice con pick up e dei trattori con i rimorchi tra la fine di aprile e la fine di maggio, periodo questo che garantisce, in linea di massima, condizioni ambientali tali da ritenere che il passaggio del cantiere non influisca negativamente sul compattamento del suolo (foto 1). Il prodotto andanato, inoltre, durante lo stoccaggio in campo subisce la riduzione del contenuto idrico passando dal 55-60% a circa il 30%, ottenendo così un prodotto con caratteristiche migliori per la successiva trasformazione o per lo stoccaggio sotto tettoia. È da sottolineare, infine, che il basso tenore di umidità delle piante influenza le proprietà fisiche e la resistenza meccanica durante la cippatura.

L'ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola (ENAMA), inoltre, ha promosso, con il supporto scientifico del CRA-ING, la realizzazione di un pick up rotativo da montare sulla falciatrice-caricatrice prodotta dalla medesima ditta per la raccolta e cippatura del prodotto andanato.



Foto 1 - Compattamento prodotto dal passaggio dei rimorchi carichi di cippato in condizioni di terreno con bassa portanza

### *Realizzazione della macchina innovativa*

È stato sviluppato un pick up da montare sulla falciatrinciacaricatrice commerciale, in modo che la stessa, cambiando l'organo frontale, possa operare sia su piante in piedi che andanate.

La macchina è in grado di avanzare lungo le interfile cippando le piante precedentemente abbattute e deposte in andana (foto 2), scaricando il prodotto su rimorchio trainato da trattore (foto 3).



*Foto 2 - Pianta di pioppo di due anni di radice e due anni di fusto abbattute e deposte in andane nell'interfila*



*Foto 3 - Falciatrinciacaricatrice Spapperi mod. RT equipaggiata con testata pick up in raccolta delle andane*

Il prototipo di pick up è stato montato sulla falciatrinciaticaricatrice Spapperi, adattata al nuovo sistema di lavoro attraverso una serie di modifiche che riguardano principalmente l'introduzione di un dispositivo per la raccolta delle piante abbattute ed andanate, la copertura dei dischi di taglio e la sostituzione del dispositivo di convogliamento a martelli flottanti con rulli verticali dentati.

Il dispositivo pick up raccoglie le piante da terra sollevandone i calci, mentre il moto di avanzamento della trattrice e il dispositivo di convogliamento favoriscono l'ingresso delle stesse verso i rulli di alimentazione del dispositivo cippatore. Il prodotto viene quindi cippato e scaricato sui rimorchi.

Il dispositivo raccogliitore è costituito da un pick up rotativo cilindrico del diametro e lunghezza pari rispettivamente a 110 mm e 1690 mm, dotato di quattro rilievi in acciaio dello spessore ed altezza di 10 mm e 30 mm, che svolgono la funzione di presa e sollevamento del calcio delle piante. Il suo asse di rotazione dista 540 mm dal sistema di alimentazione della cippatrice, con uno spazio utile allo scarico di eventuale materiale estraneo di 465 mm (foto 4).



*Foto 4 - Falciatrinciaticaricatrice Spapperi mod. RT equipaggiata con testata pick up: sono visibili il pick up rotativo per la raccolta delle piante andanate con i due dispositivi laterali per l'autolivellamento, i rulli verticali di convogliamento e i rulli ad asse orizzontale di alimentazione del cippatore*

Il moto rotativo del pick up è derivato da una pompa idraulica posizionata sul lato sinistro e protetta da un carter in metallo. Una valvola consente di regolarne la velocità di rotazione in base alla velocità di avanzamento della macchina e al quantitativo di biomassa presente sul terreno.

Un sistema autolivellante "folle", montato sui due lati del pick up, garantisce il contatto tra il dispositivo raccogliitore e il terreno, assecondandone le irregolarità.

Il meccanismo di convogliamento è stato ampliato tramite un dispositivo a forma di imbuto della larghezza di 1750 mm, che svolge la funzione di favorire l'indirizzamento dei calci delle piante, non perfettamente allineati nel centro dell'interfila, verso il sistema di alimentazione della cippatrice.

Tutti gli interventi eseguiti sulla macchina sono reversibili in modo tale da poter utilizzare la stessa macchina sia in raccolta di piante in piedi che di piante andanate.

Le prove di raccolta e cippatura, si sono svolte nel mese di febbraio 2009 a Città di Castello, presso un pioppeto al quarto anno di vegetazione (R4F4 - quattro anni di radice e quattro anni di fusto) utilizzato precedentemente nello sviluppo della abbattitrice..

L'impianto è stato realizzato nel marzo 2005 con talee di diversi cloni. La densità di impianto era di 6194 piante/ha con piante di altezza e diametro medi pari rispettivamente a 7,86 m (dev. stand.  $\pm 1,75$ ) e 77,40 mm (dev. stand.  $\pm 31,46$ ). Il diametro massimo misurato nell'impianto è stato di 183 mm (*tabella 1*).

*Tabella 1 - Principali caratteristiche dendrometriche della piantagione di pioppo*

<b>Caratteristiche dell'impianto</b>		<b>R4F4</b>
Superficie lorda	ha	1,15
Capezzagne laterali	m	3+3
Capezzagne di testata	m	5+4
Superficie netta	ha	1,0
Lunghezza media delle file	m	210
Distanza sulla fila	m	0,50
Distanza tra le file	m	3,00
Densità	piante/ha	6.666
Fallanze	%	7,10
Densità al netto delle fallanze	piante/ha	6.194
Età dell'impianto	anni	4
Età dei fusti	anni	4
Diametro medio fusti	mm	77,40
Altezza media fusti	m	7,86

Il cantiere risultava composto da una trattrice Fendt 930 Vario, di 6870 cc e 228 kW di potenza, abbinata alla raccogliitrice dotata di pick up, e una trattrice New Holland TL 80, di 3900 cc e 56 kW di potenza, trainante un carro Bellucci e Rossini da 12,5 m<sup>3</sup>, per lo scarico del prodotto raccolto e cippato

#### *Tempi di lavoro della falciatrinciacaricatrice con testata pick up*

Nella *tabella 2* sono evidenziati i tempi rilevati nel corso del lavoro di raccolta dell'intero cantiere. Poiché le prove erano mirate a valutare le prestazioni del prototipo sono stati rilevati solamente i tempi standard durante la raccolta.

I tempi standard risultano suddivisi per il 87,38% nel tempo effettivo e per il 12,62% nel tempo accessorio.

I tempi accessori sono risultati costituiti dai soli tempi per voltate in capezzagna, nella misura del 12,62%. Non sono stati registrati, invece, tempi di riposo, tempi morti inevitabili e tempi di manutenzione.

Il rendimento operativo è risultato pari al 87,38% del tempo operativo.

La macchina lavorando ad una velocità di 0,39 m/s (1,40 km/h), ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 0,42 ha/h.

Tabella 2 - Tempi standard ed operatività della falciatrinciaticaricatrice equipaggiata con pick up

<b>TEMPO STANDARD TS</b>		
		<b>Falciatrinciaticaricatrice con pick up</b>
Tempo effettivo TE	%	87,38
Tempo accessorio TA	%	12,62
- Tempo per voltate TAV	%	12,62
- Tempo per rifornim. o scarichi TAS	%	0
- Tempo per manutenzione TAC	%	0
Tempo di riposo TR	%	0
Tempo morto inevitabile TMI	%	0
Rendimento operativo Ro	%	87,38
<b>OPERATIVITÀ DELLA MACCHINA</b>		
Velocità effettiva ve	m/s	0,44
Velocità operativa vo	m/s	0,39
Capacità di lavoro effettiva	ha/h	0,48
Capacità di lavoro operativa	ha/h	0,42

### Conclusioni

Le prove di raccolta eseguite hanno permesso di valutare positivamente sia le scelte tecniche effettuate che la funzionalità della raccogliitrice nel complesso. Le innovazioni apportate alla macchina per consentirne l'impiego anche in questa nuova tipologia di cantieri dovevano garantire la perfetta raccolta delle piante precedentemente abbattute e l'ottimale convogliamento delle stesse nella camera di alimentazione del cippatore. La macchina si è dimostrata in grado di raccogliere tutte le piante atterrate convogliando regolarmente il prodotto raccolto verso i rulli di alimentazione. L'esperienza condotta ha anche fornito interessanti spunti per ulteriori e successive migliorie da apportare, oltre ad aver dato importanti indicazioni sulla velocità ottimale di rotazione del pick up in funzione della velocità di avanzamento della macchina. Altro aspetto interessante riguarda la qualità del cippato prodotto. Uno studio comparativo condotto sulla pezzatura del cippato ottenuto dalla falciatrinciaticaricatrice con testata tradizionale, in raccolta di piante in piedi, e la medesima macchina equipaggiata con testata pick up, in raccolta di piante andanate, ha evidenziato, per quest'ultima tipologia di cantiere, una minore presenza di prodotto fine (< 3,15 mm) e di impurità (tabella 3). Ciò, probabilmente, è dovuto al fatto che nel cantiere di raccolta ad una fase, tutto ciò che si trova al di sopra delle lame di taglio entra a far parte del prodotto raccolto, comprese foglie secche e terreno, mentre i pick up sono conformati in maniera tale da rilasciare a terra le impurità eventualmente presenti nel prodotto prima della cippatura.

Tabella 3 - Distribuzione granulometrica del cippato prodotto dalle falciatrinciaticaricatrici nelle diverse tesi considerate

	<b>Falciatrinciaticaricatrice Spapperi mod. RT con testata tradizionale</b>	<b>Falciatrinciaticaricatrice Spapperi mod. RT con testata pick up</b>
Classi granulometriche	Distribuzione del prodotto tra le classi granulometriche (%)	
< 3,15 mm	1,83	1,60
Impurità	5,54	0,00

### **2.1.11. TANESINI: Vendemmiatrice con battitore a bassa frequenza con sistema di misura del grado di ammostamento**

Ditta Tanesini Tecnology S.r.l. Via Sella, 19 - 48018 Faenza (RA).

Referente scientifico: Dott. Luigi Pari, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Monterotondo- Roma), Prof. Fabio Pezzi Dipartimento di Economia e Ingegneria Agrarie Università di Bologna.

#### *Introduzione*

Molte condizioni negative che hanno limitato la diffusione in Italia della vendemmia meccanica (parcellizzazione delle aziende, variabilità o non idoneità delle forme d'allevamento, ecc.) sono attualmente superate; rimane però ancora vivo il timore di penalizzare la resa di raccolta e di compromettere la qualità della produzione. Timore che si concretizza quando la vendemmiatrice, per una scadente costruzione o per un errato impiego, provoca un eccesso di ammostamento. La fuoriuscita di mosto è infatti la principale causa delle perdite "occulte" (bagnatura delle foglie rimaste sulla pianta o espulse dagli organi di pulizia) e può determinare un peggioramento della qualità del prodotto per fermentazioni anomale, ossidazioni e macerazioni indesiderate. Nonostante un indubbio miglioramento costruttivo, le attuali vendemmiatrici presentano ancora alcune mancanze nei sistemi di controllo e regolazione. In particolare nessun modello è dotato di alcuno strumento per il controllo del lavoro svolto. In questa situazione la scelta della frequenza di battitura viene lasciata all'esperienza degli operatori, con risultati spesso poco soddisfacenti. Normalmente l'operatore basa questa regolazione sulla valutazione visiva del distacco provocato, sottostimando il danneggiamento provocato all'uva e le conseguenti perdite occulte. Perdite che possono essere ben superiori a quelle per mancato distacco, compromettendo in parte o totalmente il vantaggio economico della vendemmia meccanica.

#### *Realizzazione della macchina innovativa*

La vendemmiatrice realizzata presenta due innovazioni utili agli operatori per gestire con più efficacia la raccolta meccanica dell'uva: un battitore che opera a bassa frequenza e un sensore per la misura in tempo reale del grado d'ammostamento provocato sull'uva raccolta (mosto che fuoriesce dagli acini a seguito delle sollecitazioni trasmesse con la vendemmia meccanica).

Il battitore utilizzato prevede la possibilità di controllare sia la frequenza dei colpi prodotti dalle due serie di aste sia l'ampiezza del loro movimento. Questa seconda regolazione facilita l'adattamento della macchina alle differenti condizioni di raccolta (vignone, grado di maturazione, ecc.) e può migliorare il distacco del prodotto, consentendo di limitare le frequenze di battitura. Il vantaggio si può riscontrare sia in termini qualitativi (maggiore integrità dell'uva raccolta e minore danneggiamento delle piante e delle strutture di sostegno), sia in termini produttivi per la possibilità di utilizzare maggiori velocità di lavoro.

Il sensore per la misura del grado d'ammostamento dell'uva raccolta consente all'operatore di valutare in tempo reale il danneggiamento provocato all'uva. La conoscenza di questo elemento, direttamente correlato alle perdite "occulte" (mosto che bagna le foglie rimaste sulle piante o che viene espulso dai ventilatori utilizzati per la pulizia dell'uva raccolta), può essere utilizzato dall'operatore per gestire più correttamente la macchina senza basarsi solo sulla stima delle perdite visibili (uva rimasta sulla pianta o caduta a terra). Il sensore è costituito da una piastra di metallo strumentata, posizionata nel flusso d'aria erogata dall'aspiratore in cui è presente, in quantità variabile a seconda dei casi, il mosto nebulizzato o aderente su frammenti di foglie. La piastra metallica comprende delle resistenze elettriche per il suo riscaldamento e un sistema di misura della temperatura superficiale. Il principio di funzionamento del sensore si



*Fig. 1 - Versione definitiva della vendemmiatrice progettata*

basa sul bilancio di potenza termica che si instaura sulla superficie della piastra metallica, secondo la seguente relazione:

$$q_p = q_r - q_v - q_{sm} - q_{lm}$$

- $q_p$ =bilancio di potenza termica
- $q_r$ =potenza termica fornita alla piastra
- $q_v$ =potenza termica asportata per convezione
- $q_{sm}$ =potenza termica asportata per riscaldamento del mosto
- $q_{lm}$ =potenza termica asportata per evaporazione del mosto

Lo strumento prevede l'alternanza di fasi attive e inattive delle resistenze. La quantificazione del mosto disperso è ricavata dalla misura della velocità di riscaldamento (o di raffreddamento) delle piastre, condizionata dalla umidità del flusso d'aria in passaggio e quindi dalla entità del mosto presente. Il tutto viene controllato dall'operatore attraverso un display posizionato nel posto di guida (fig. 2).



*Fig. 2 - Sensore posizionato allo scarico degli aspiratori di foglie distaccate (sx) e display con tastiera posto sul quadro di comando della vendemmiatrice (dx)*

Le prove di campo, realizzate su Trebbiano Romagnolo allevato a Guyot, hanno permesso di verificare l'efficacia delle due tradizionali regolazioni utilizzate per le vendemmiatrici, la fre-

quenza del battitore e la velocità d'avanzamento della macchina, e di quella innovativa presentata nel prototipo (la regolazione dell'ampiezza del movimento delle aste del battitore). Per evidenziare gli effetti di ciascuna regolazione si possono confrontare i risultati ottenuti con le varie tesi (tab. 1). Ad esempio per valutare l'effetto della frequenza di battitura si possono comparare a coppie le tesi 1 e 2 e le tesi 3 e 4. In entrambi i confronti si evidenzia come l'aumento della frequenza di battitura determini un maggior distacco dell'uva riducendo le perdite visibili. Allo stesso tempo si incrementa il grado d'ammontamento del prodotto raccolto e la defogliazione delle piante. Questi due effetti agiscono negativamente sulle perdite "occulte" (mosto che imbratta la vegetazione o espulso dagli organi di pulizia del prodotto raccolto) e non sempre è agevole individuare la frequenza adatta ad ottenere il risultato migliore.

La variazione della velocità d'avanzamento ha un effetto prevalente sulle perdite dovute al mancato distacco di parte del prodotto. Infatti normalmente viene utilizzata quella massima consentita, oltre la quale si rischia di aumentare in maniera inaccettabile la percentuale d'uva non raccolta. La variazione di questa regolazione produce anche altri effetti sulle perdite "occulte", che però non sono sempre ben controllabili (tesi 5, 6 e 7).



*Fig. 3 - Rilievo delle perdite "occulte" allo scarico dei ventilatori utilizzati per l'eliminazione delle foglie distaccate*

La regolazione della corsa del battitore produce invece effetti evidenti. Un aumento dell'escursione delle aste determina un'azione più energica con un miglior distacco dell'uva (confronto fra tesi 1, 4 e 5). Questo effetto positivo deve essere però ben dosato in quanto può aumentare eccessivamente la defogliazione delle piante e l'ammontamento dell'uva raccolta che, come già evidenziato, possono incrementare le perdite di mosto. Nel caso esaminato però la maggiore capacità di trasmissione delle sollecitazioni, ottenuta utilizzando la corsa ampia, è risulta la più favorevole per ridurre l'entità delle perdite di raccolta (minime quelle visibili e accettabili quelle occulte).

Tabella 1 - Risultati ottenuti nelle tesi realizzate per il controllo della vendemmiatrice

TESI	1	2	3	4	5	6	7
Frequenza del battitore (colpi/min)	240	270	210	240	240	240	240
Velocità d'avanzamento (km/h)	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,5
Corsa del battitore (mm)	30	30	60	60	90	90	90
Ammostamento dell'uva (%)	18,8	23,1	14,3	20,5	23,1	19,4	20,1
Defogliazione delle piante (%)	14,0	18,4	14,0	16,4	25,1	25,0	17,1
Perdite:							
- uva rimasta sulla pianta (%)	1,6	1,3	3,6	1,2	0,1	0,7	1,2
- uva caduta a terra (%)	0,7	1,1	0,7	0,6	0,6	0,8	1,1
- mosto su foglie rimaste su pianta (%)	4,5	5,2	3,3	4,1	2,9	3,0	2,6
- mosto uscito dal ventilatore (%)	5,1	5,3	5,5	6,7	6,7	6,5	6,5
- totali (%)	11,9	12,9	13,1	12,6	10,3	11,0	11,4

La maggior energia trasmessa aumentando la corsa del battitore può anche consentire di aumentare la produttività del cantiere. Ad esempio, confrontando la tesi 1, realizzata con una corsa del battitore di 30 mm, e la tesi 7, in cui è stata utilizzata una corsa di 90 mm, si nota come sia possibile aumentare del 32% la capacità di lavoro senza penalizzare l'entità delle perdite di raccolta (fig. 4).

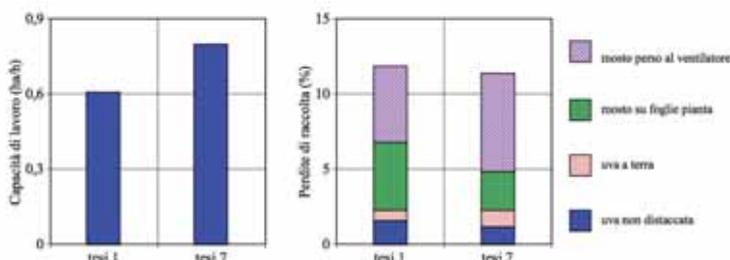


Fig. 4 - Produttività e perdite di raccolta rilevate aumentando la velocità d'avanzamento e l'escursione del battitore (tesi 7)

Durante le stesse prove di campo (tesi 1-7) è stata verificata la funzionalità del sensore. Nella figura 5 è riportata la risposta del sensore (indice di ammostamento IA, in unità di visualizzazione) in funzione delle perdite di mosto al ventilatore (%). Il coefficiente  $R^2$  pari a 0,60 indica una buona correlazione dell'IA con la grandezza misurata, valore certamente accettabile per uno strumento di campo sottoposto all'influenza di notevoli fattori disturbanti.

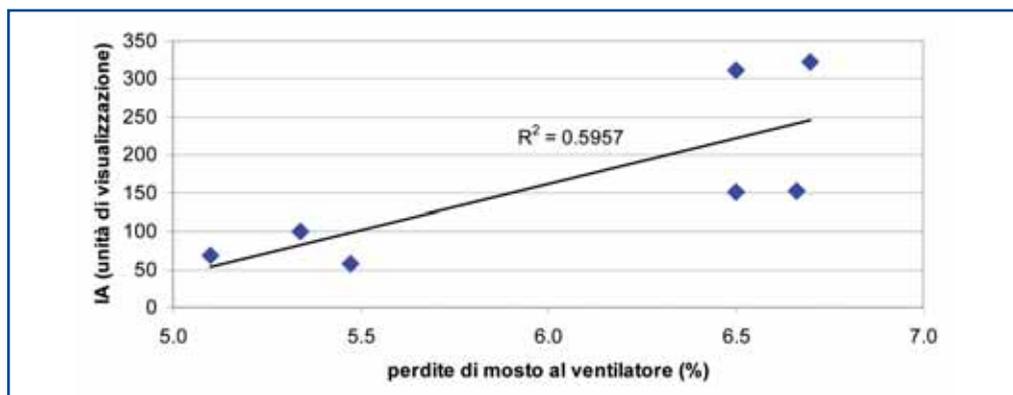


Fig. 5 - Correlazione fra la lettura dello strumento (IA) e le perdite di mosto al ventilatore

## Conclusioni

La vendemmiatrice progettata è stata realizzata con diversi accorgimenti costruttivi per migliorarne la funzionalità e il controllo. Si evidenziano il telaio modulare, per resistere alle sollecitazioni durante la raccolta, lo sterzo idraulico e il timone snodato, per migliorare la guida in spazi ridotti, l'impianto idraulico con pompe Load-Sensing, per garantire una facile e sicura regolazione delle funzioni e della posizione anche in terreni declivi. Oltre a questi accorgimenti, presenti anche nei migliori modelli in commercio, la vendemmiatrice si caratterizza anche per la possibilità di regolare l'ampiezza del movimento del battitore. Questa regolazione innovativa è stata realizzata mediante un sistema idraulico per essere eseguita dall'operatore direttamente dal posto di guida tramite Joystick elettrico, senza nessun intervento manuale e nessuna sosta durante la vendemmia.

Nelle prove realizzate la variazione dell'ampiezza del movimento dei battitori, utilizzata da 30 a 90 mm, ha dimostrato una evidente efficacia sul controllo della capacità di distacco dell'uva. Pertanto questa regolazione può essere considerata un'ulteriore possibilità che l'operatore può utilizzare, in aggiunta al controllo della frequenza del battitore e della velocità di avanzamento, per gestire al meglio la vendemmia meccanica. I risultati ottenuti dimostrano che l'aumento dell'escursione rafforza l'azione del battitore, consentendo di contenere la frequenza di battitura o di aumentare la velocità d'avanzamento, con evidenti vantaggi sull'integrità dell'uva distaccata o sulla produttività del cantiere di raccolta.

Il sistema di misura del grado di ammostamento è stato realizzato in maniera semplice ed economica, utilizzando una piastra metallica di captazione, riscaldata in maniera intermittente da resistenze elettriche e un sistema di misura della temperatura superficiale. Nella realizzazione definitiva lo strumento è stato costruito con componenti industriali di facile reperibilità ed idonei ad eventuali miglioramenti o ampliamenti del sistema. L'applicazione del sensore sulla sezione di scarico degli aspiratori utilizzati per l'eliminazione delle foglie distaccate insieme all'uva, rende inoltre utilizzabile lo strumento su tutte le vendemmiatrici in commercio. La verifica di campo del sensore ha evidenziato una buona correlazione lineare fra la misura letta dallo strumento e il flusso di mosto che viene espulso dagli aspiratori. Ciò consente di stimare con una buona approssimazione l'entità delle perdite "occulte" e, indirettamente, il grado di ammostamento provocato dalla vendemmia meccanica che rappresenta la principale causa di queste perdite.

Nel complesso le due soluzioni adottate contribuiscono a migliorare l'esecuzione della vendemmia meccanica fornendo agli operatori due strumenti, uno funzionale e uno di controllo, capaci di consentire le migliori prestazioni della macchina rispettando il più possibile l'integrità del prodotto raccolto.

### **2.1.12. TONUTTI: Operatrice per il miglioramento della struttura dei terreni e della loro fertilità**

Ditta Tonutti Tecnoagricola S.r.l. Via G. Tonutti, 3 - 33047 Remanzacco (UD).

Referente scientifico: Dott. Maurizio Cutini, Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per l'Ingegneria Agraria (Treviglio - Bergamo).

La corretta struttura chimico fisica del terreno concorre, insieme ad altri fattori, a favorire la crescita delle colture e, pertanto, ad aumentare il livello di fertilità.

Fra le cause che agiscono positivamente in merito vi è l'azione delle lavorazioni che, con lo scopo di aumentare la sofficietà e la porosità del terreno concorrono a favorire lo sviluppo

di un ambiente idoneo all'apparato radicale delle piante, l'estirpamento delle malerbe, l'incremento della fertilità microbica, l'interruzione della capillarità superficiale e l'interramento dei concimi.

Tuttavia, alle lavorazioni sono attribuibili anche effetti negativi: il raggiungimento di profondità eccessive, il rivoltamento degli strati del suolo che non sempre si dimostra utile, la polverizzazione degli aggregati, la formazione di suola di lavorazione, la rapida mineralizzazione della sostanza organica, la maggiore erosione idrica ed eolica della superficie, l'eccessivo interrimento dei residui vegetali, il compattamento del suolo, la riduzione della biodiversità negli ambienti agricoli.

Intendendo per tecnica tradizionale gli interventi di asportazione di residui, aratura, erpicatura e semina, si cercano comunque tecniche di lavorazione che influiscano il meno possibile sulla naturale composizione del suolo nella prospettiva di un'attività agricola attenta al mantenimento nel lungo periodo della fertilità e dunque della potenzialità produttiva del suolo.

La meccanizzazione agricola si è adattata a questi concetti dell'agricoltura sostenibile proponendo tecnologie con criteri tesi a preservare la struttura del suolo.

L'agricoltura conservativa trova le prime proposte nel nord America negli anni trenta per contrastare l'erosione eolica attraverso una riduzione della lavorazione del terreno. I primi interventi sono riconducibili a dispositivi sulle seminatrici.

Nel tempo numerose tecniche sono state sviluppate definite come minima lavorazione, lavorazione semplificata, non lavorazione, accomunate comunque da una forte contrazione del numero di passaggi sul campo e dell'interazione fra organi meccanici e terreno rispetto alla tecnica di coltivazione convenzionale basata sull'aratura.

Nella scelta delle attrezzature si deve prestare attenzione alla capacità di svolgere la lavorazione o la semina in presenza di residui colturali. Infatti, il mantenimento in superficie del residuo colturale è una condizione primaria di questo modello produttivo e, quindi, un parametro di valutazione a cui deve essere assoggettata la macchina.

Nel caso specifico, i coltivatori ad ancora sono fra le operatrici più rappresentative fra cui operare la scelta. La forma dell'utensile deve contenere il rovesciamento del terreno, possono essere ricurve, dritte o a profilo sigmoidale e regolabili nella loro inclinazione. Il taglio orizzontale del terreno prodotto dalle alette offre un'azione di diserbo meccanico ed il sollevamento prodotto deve interessare tutto il fronte di lavoro. Anteriormente all'ancora è posta una lama con funzione di protezione, che favorisce l'allontanamento del residuo e, se bombata, il rovesciamento.

Il terreno lavorato dagli utensili deve poi essere frantumato e livellato, di conseguenza sono presenti combinazioni di organi che un tempo erano diretti a specifici compiti: dischi da erpice, ancore da estirpatore, rulli, ecc...

Altre richieste coincidono con obiettivi sempre perseguiti come elevata larghezza di lavoro, poter operare a velocità sostenute e bassi carichi sul suolo. Per questo motivo ci si dirige su attrezzature trainate per aumentare la capacità di lavoro, diminuire i periodi d'intervento e disporre di tempestività d'intervento.

Tuttavia le variabili influenzanti le tecniche di minima lavorazione sono molteplici e come tali richiedono attrezzature che si differenziano notevolmente per tipologia di utensili e per la loro composizione.

Sulla base di queste premesse il progetto della ditta Tonutti Tecnoagricola pone come obiettivo primario il risparmio attraverso la semplicità costruttiva e di utilizzo, l'economicità gestionale ed il risparmio energetico per la lavorazione dei terreni che si prestano all'adozione di tale tecnica.

La scelta costruttiva si realizza nella proposta di moduli configurabili tra loro con l'obiettivo di aumentare i tempi operativi. Il proposito è quindi di realizzare un cantiere di lavoro caratterizzato da economia di esercizio, semplicità di impiego e standardizzazione.

### *Realizzazione della macchina innovativa*

La macchina realizzata è costituita principalmente da un modulo di traino, supporto ed aggancio, da un erpice a molle a doppia spirale (fig. 1), da un erpice decompattatore preparatore e da un dosatore spargitore a trasporto pneumatico.



*Fig. 1 - Il modulo di traino con il dosatore spargitore e l'erpice strigliatore*

Il modulo erpice a molle doppie a spirale (fig. 2) è sostanzialmente un tritratore ad organi passivi in grado di sostituire operativamente le classiche trinciatrici azionate ad asse orizzontale o verticale comunemente utilizzate per la trinciatura dei residui colturali. I vantaggi dichiarati rispetto a dette attrezzature sono, la velocità di lavoro (media 20 km/h) ed i consumi di carburanti inferiori a quelli riscontrabili con macchine azionate. Può essere impiegato nella preparazione dei letti di semina con elevato grado di inerbimento o con abbondante presenza di residui. Si impiega nella pratica della falsa semina e per aumentare l'evaporazione/traspirazione ed il riscaldamento dei terreni in primavera.

È costituito da un telaio a trave scatolata alla quale sono collegati tre telai porta utensili indipendenti. La larghezza totale è di 8 m. Vi sono 5 file di denti per ogni telaio per un totale di 130 organi lavoranti.

Gli utensili sono tondini di acciaio sagomati a spirale in prossimità del telaio. Ogni tondino definisce due organi lavoranti. I tondini sono da 16 mm nelle prime due file e da 14 nelle restanti tre file di denti.

La lunghezza totale dell'operatrice risulta di 2700 mm

Due cilindri aprono e chiudono le travi laterali dell'operatrice determinando il ripiegamento per il trasporto stradale.



*Fig. 2 - L'erpice strigliatore in posizione di lavoro*

Il modulo erpice decompattatore preparatore a zappetta ad organi passivi (fig. 3) consente con un solo passaggio di decompattare il terreno con un basso disturbo superficiale limitando l'interramento dei residui per aumentare i vantaggi derivanti dall'effetto pacciamante degli stessi. L'obiettivo è ottenere una ridotta zollosità e non rivoltare il terreno per evitare di portare in superficie terreno umido destrutturato.

È costituito principalmente da tre telai composti da profilati a sezione quadra di 100 mm saldati a piatti da 20 mm. Vi sono 13 ancore della larghezza di circa 220 mm e della lunghezza di 330 mm (fig. 4). Le ancore sono regolabili singolarmente come inclinazione con cilindri e cerniera.



*Fig. 3 - Il modulo erpice decompattatore*

Posteriormente all'erpice e con un sistema a bilanciere è collegato un doppio rullo (fig.5), il primo a dischi ondulati ed un secondo compattatore a ruote ramponate. I dischi dei rulli sono solidali e suddivisi in 2 gruppi, 14 a destra e 12 a sinistra. Le ruote ramponate sono anch'esse su due rulli ed esattamente 7 sul rullo di destra e 6 sul rullo di sinistra.



*Fig 4 - Particolare delle ancore dell'erpice decompattatore e sistema di regolazione*



*Fig. 5 - Il doppio rullo montato posteriormente all'erpice*

Il modulo dosatore spargitore a trasporto pneumatico utilizzato unitamente all'erpice decompattatore dà la possibilità di distribuire direttamente sotto la superficie una quantità di fertilizzante dosata proporzionalmente all'avanzamento ed anche di poterla eventualmente localizzare in bande. Utilizzato con l'erpice a molle a doppia spirale permette un leggero interrimento. Utilizzato con altre unità quali seminatrici consente la distribuzione di fertilizzante e semina in contemporanea.

La spargitrice è pneumatica con ruota di regolazione della mandata di seme.

### *Conclusioni*

La crescente problematica nella sostenibilità delle produzioni, la necessità di impiego delle risorse in modo sempre più efficiente e l'impiego di tecnologie a ridotto impatto ambientale hanno condotto a tecniche di lavorazione orientate ad una gestione conservativa del suolo anziché verso una meccanizzazione spinta.

Le continue ottimizzazioni delle tecniche colturali di gestione conservativa del suolo sono state affiancate dal parallelo sviluppo delle relative macchine operatrici.

In Italia la diffusione di pratiche conservative è iniziata negli anni '80 ma ancora oggi sono in fase di sviluppo con affinamenti e differenziazioni al punto che risulta anche difficile una loro classificazione in non lavorazione, minima lavorazione, lavorazione profonda con contorni e limiti non definiti ed addirittura divisioni intermedie. Tuttavia, la ricerca è sempre stata tesa a diminuire il numero dei passaggi sul suolo, l'impatto sulla struttura del terreno e la richiesta energetica. La conseguenza è stata anche una notevole differenziazione nello sviluppo delle macchine la cui scelta è soggetta a numerosi parametri di valutazione.

La ditta Tonutti, oltre allo sviluppo di innovative operatrici propone l'interessante possibilità di una gestione estremamente elastica nella scelta, delle combinazioni più idonee per il cantiere di lavoro tramite l'introduzione di un carrello portattrezzi a cui abbinare le diverse operatrici.

L'idea risulta d'interesse sia da un punto di vista progettuale sia per la valorizzazione ottenuta dall'inserimento in un settore estremamente attuale e che necessita ancora di ampia visibilità sul territorio.

### **2.1.13. UNIGREEN: Irroratrice sicura e rispettosa dell'ambiente per i trattamenti fitoiatrici delle colture**

Ditta Unigreen S.p.A. Via Rinaldi, 105 Località Cavazzoli - 42100 Reggio Emilia.  
Referente scientifico: Prof. Paolo Balsari, Dipartimento DEIAFA, Università di Torino.

In Italia, rispetto ad altri paesi europei, anche a causa della ridotta dimensione media delle aziende che fanno coltivazione protetta e dell'elevata varietà di colture presenti, la meccanizzazione nel settore della distribuzione dei prodotti fitosanitari è ancora molto arretrata tecnologicamente e ciò, oltre a ripercuotersi negativamente sui costi di produzione (impiego di quantitativi di prodotti chimici superiori a quelli che potrebbero essere necessari, elevati tempi operativi), spesso si traduce in elevati rischi ambientali e per la salute dell'operatore (inalazione di molecole chimiche, imbrattamento di parti del corpo dell'operatore stesso, suo elevato affaticamento, ecc). Una recente indagine sui trattamenti fitosanitari in serra (Cerruto et al., 2008) ha evidenziato come la serricoltura italiana si caratterizza, da un lato per l'elevato numero di interventi (anche più di 20 per ciclo colturale, che nel corso dell'anno possono anche raddoppiare per la presenza di più cicli) e, dall'altro per gli elevati volumi distribuiti (anche superiori a 4000 l/ha). Sempre nell'ambito di tale indagine, è stata riscontrata una scarsa attenzione verso la corretta manutenzione delle attrezzature per la distribuzione dei fitofarmaci (regolatori di pressione assenti, manometri non funzionanti o non visibili durante le applicazioni), come pure un generalizzato scarso interesse nei confronti della sicurezza degli operatori (insufficiente utilizzo dei dispositivi di protezione individuale, specie durante la preparazione della miscela, allorché si manipolano prodotti concentrati). Per far fronte a tale situazione negativa sono state recentemente condotte delle sperimentazioni che hanno portato alla realizzazione di differenti prototipi di irroratrici di piccole dimensioni particolarmente adatti per i trattamenti alle colture protette (Schillaci et al., 2009) o a quelle di pieno campo caratterizzate da interfila molto ridotte (Balsari et al., 2000) e quindi impiegabili anche in serra. Nessuno di questi prototipi è, tuttavia, in grado di garantire una completa indipendenza della macchina irroratrice dall'operatore durante la fase di distribuzione e quindi garantire la necessaria sicurezza dell'operatore. Con la presente sperimentazione, si è voluto realizzare e, successivamente valutare dal punto di vista operativo, una macchina irroratrice per i trattamenti alle colture protette in grado di essere completamente autonoma durante la fase di distribuzione della miscela fitoiatrice.

### *La macchina realizzata*

Come unità motrice per la realizzazione del progetto è stato scelto, un carrellino semovente ad alimentazione elettrica mediante batterie ricaricabili, già commercializzato per altri scopi. In particolare, si tratta di un veicolo a 2 assi di cui quello posteriore motore e quello anteriore sterzante. Nella versione commerciale la macchina ha un ingombro trasversale di 90 mm, un passo di 1050 mm ed una lunghezza totale di 1552 mm ed è dotata di sedile per l'operatore e controllo dello sterzo mediante un manubrio. La massa a vuoto (comprensiva di batterie) è pari 200 kg. Al fine di raggiungere gli obiettivi del progetto l'unità motrice commerciale è stata modificata in maniera da consentire un suo movimento autonomo all'interno dell'area da trattare limitando l'esposizione dell'operatore ai prodotti chimici. In particolare, è stato installato un sistema elettrico di sterzata che prevede l'uso di un elettrospintore per azionare lo sterzo delle ruote anteriori. Tale attuatore riceve i comandi per il movimento direttamente da una console portata dall'operatore collegata via radio alla macchina oppure dal sistema elettronico di gestione dell'avanzamento (Fig. 1). Dalla console di comando è possibile controllare il movimento del veicolo (marcia avanti, marcia indietro e sterzata) e iniziare il ciclo di funzionamento automatico. È anche presente un pulsante di emergenza che consente, quando premuto, di arrestare immediatamente tutte le funzioni della macchina. La velocità di avanzamento è regolabile mediante un potenziometro posizionato sul lato destro della macchina.



*Fig. 1 - Dispositivi per il controllo remoto della sterzata e pannello di comando remoto*

Per far sì che la macchina sia in grado di muoversi in maniera autonoma all'interno delle aree da trattare è stato indispensabile gestire lo sterzo in maniera automatica. Per fare ciò, è stato scelto un sistema di tipo elettromeccanico con tastatori nella parte anteriore della macchina. Esso è costituito da una coppia di tastatori meccanici collocati nella parte frontale della macchina i quali, quando vengono a contatto con un ostacolo, inviano un segnale elettrico alla centralina di controllo. Maggiore è la durata del segnale e maggiore è l'angolo di sterzata delle ruote. In caso di assenza di segnali provenienti dai due tastatori (destro e sinistro) le ruote vengono riportate automaticamente in posizione di marcia rettilinea. Sul telaio semovente è stato installato un serbatoio in polietilene con capacità nominale di 150 l e serbatoio lavamani integrato. Nella parte inferiore del serbatoio è stata collocata una pompa ad ingranaggi azionata da un motore a 24 V cc che provvede al mantenimento della pressione necessaria per l'erogazione e al movimento del liquido presente nel serbatoio per evitare fenomeni di sedimentazione. La pompa viene accesa mediante un interruttore posto sul pannello comando a bordo macchina e viene lasciata sempre in funzione (anche durante l'arresto di emergenza). Nella parte posteriore è stato installato un gruppo di distribuzione aeroassistito. È costituito da due barre verticali, ognuna con quattro ugelli, che vengono alimentate dal liquido in pressione e da un ventilatore ad azionamento elettrico che invia l'aria all'interno di un convogliatore che provvede alla sua distribuzione sui due lati (destro e sinistro). L'attivazione dell'erogazione è subordinata alla presenza del bersaglio rilevata mediante dei sensori ad ultrasuoni disposti uno per lato (Fig. 2). La centralina elettronica può avere due modalità di funzionamento a seconda della posizione del selettore AUTOMATICO/MANUALE presente sul quadro comandi fisso. Il modo MANUALE viene utilizzato per la regolazione/taratura della distribuzione. In questa modalità

la pulsantiera remota viene ignorata. Le uniche funzioni che è possibile gestire sono quelle relative all'erogazione degli ugelli e al funzionamento del ventilatore. Nella modalità AUTOMATICO il controllo della macchina avviene esclusivamente mediante il radiocomando. Vengono distinte 2 differenti modalità operative: ciclo SPENTO e ciclo AVVIATO. A ciclo SPENTO il joystick a 2 assi presente sulla console del radiocomando funziona per comandare la traslazione avanti/indietro (ON/OFF) e la sterzata. Il comando di sterzata dato dal joystick è ad azione proporzionale (l'entità della sterzata è proporzionale al movimento eseguito sulla leva di comando) e la posizione dello sterzo viene controllata in retroazione tramite il potenziometro integrato all'elettrospintore. Quando viene rilasciata la leva di comando dello sterzo le ruote ritornano automaticamente in posizione rettilinea. A ciclo AVVIATO viene attivato l'avanzamento e viene acceso il ventilatore. Dopo l'avvio del ciclo il joystick di comando viene ignorato e la guida della macchina viene controllata mediante i segnali provenienti dai sistemi di rilevamento della sua posizione. In particolare, l'output dei sensori ad ultrasuoni installati sui lati della macchina provvede a gestire l'erogazione del liquido, la quale avviene solo in presenza del bersaglio. L'assenza di bersaglio su entrambi i lati per un tempo superiore ad un parametro preimpostato causa l'arresto del ciclo con disattivazione dell'avanzamento e del ventilatore.



*Fig. 2 - Vista anteriore e posteriore del prototipo realizzato*

Al fine di verificare le prestazioni del prototipo realizzato sono state effettuate alcune prove sperimentali. In particolare, esse hanno riguardato: a) determinazione del diagramma di distribuzione del liquido; b) misura della velocità e della portata dell'aria; c) verifica della velocità di avanzamento in differenti condizioni operative; d) qualità della distribuzione su piante di pomodoro. Il diagramma di distribuzione è stato rilevato impiegando una parete verticale a vassoi rettangolari, operando ad una pressione di 3 bar e utilizzando tre differenti tipologie di ugelli: turbolenza TXA 8001 (0.4 l/min alla pressione di prova), fessura XR 11002 (0.8 l/min), doppia fessura TJ 60 11002 (0.8 l/min). Tutte le prove sono state effettuate con ventilatore attivo e posizionando il banco prova a 0.60 m dagli ugelli. Sui diagrammi ottenuti è stato calcolato l'indice di simmetria (che esprime la differenza tra la quantità pervenuta sul bersaglio alle diverse quote sul lato sinistro e destro): tanto più il valore dell'indice di simmetria si avvicina a "0", tanto più la distribuzione del liquido è uniforme sui due lati della macchina a tutte le altezze considerate. Per misurare la velocità dell'aria è stata impiegata una sonda anemometrica che è stata posizionata, di volta in volta, in corrispondenza del centro delle sezioni di uscita dell'aria presenti sulla manica d'aria (10 per lato). Anche per questo parametro è stato calcolato l'indice di simmetria. La portata dell'aria totale (m<sup>3</sup>/h) è stata calcolata moltiplicando i valori della velocità rilevati su ogni sezione di uscita per la superficie della sezione stessa. La verifica dell'entità della variazione della velocità di avanzamento è stata effettuata operando con serbatoio della macchina vuoto e pieno, con pompa e ventilatore spenti e accesi e su tre differenti superfici: pista in calcestruzzo, erba, terreno nudo. La velocità rilevata su pista in calcestruzzo è stata considerata quella di riferimento e, fatta pari a 100 quest'ultima, tutte le altre sono state riferite a tale

valore. Il rilievo della qualità della distribuzione è stato effettuato seguendo la metodologia colorimetrica. Questa prevede che, per la determinazione della quantità di prodotto sul bersaglio, occorre distribuire una miscela di acqua e tracciante colorato (in questo caso E102 Tartrazina) e, successivamente, raccogliere un campione rappresentativo di foglie, a differenti altezze e profondità. La sperimentazione è stata condotta operando ad una velocità di 3.6 km/h in un tunnel coltivato a pomodori lungo 120 metri e largo 6 e caratterizzato da una densità di 26000 piante/ha. Il campionamento delle foglie, è stato effettuato sulle due pareti (esterna e interna) di una delle due file binate di pomodori in quattro differenti fasce di altezza: fino a 50 cm, 50÷100 cm, 100÷150 cm e >150 cm. Operando alla pressione di 3 bar, sono state confrontate 3 tesi (con tre ripetizioni ciascuna) corrispondenti all'impiego dei tre ugelli utilizzati per il rilievo del diagramma di distribuzione. Tutte le prove sono state eseguite con il ventilatore in funzione. Il volume distribuito nel caso dell'ugello a turbolenza è così risultato essere di 500 l/ha, mentre per quelli a fessura è risultato pari a 1000 l/ha.

### Risultati ottenuti

Con riferimento al diagramma di distribuzione, è emerso che gli ugelli a fessura sono in grado di originare un diagramma più uniforme di quello ottenuto in seguito all'impiego degli ugelli a turbolenza. Ciò è spiegabile con il fatto che nella conformazione attuale del prototipo la distanza tra gli ugelli sulle semibarre verticali (450 mm) è troppo elevata per consentire una sufficiente sovrapposizione tra i getti degli ugelli a turbolenza. Tale considerazione è confermata dall'analisi dell'uniformità di distribuzione nella fascia interessata dalla vegetazione (0.5÷1.8 m): il migliore risultato è stato, infatti, ottenuto con l'ugello a fessura tradizionale (CV = 8%); seguono l'ugello a doppia fessura (CV = 15%) e quello a turbolenza (CV 32%). In termini di simmetria destro sinistro, invece, tutte e tre le configurazioni hanno fornito risultati estremamente buoni, con indice di simmetria compreso tra 0.9 e 1.3 (Fig. 3).

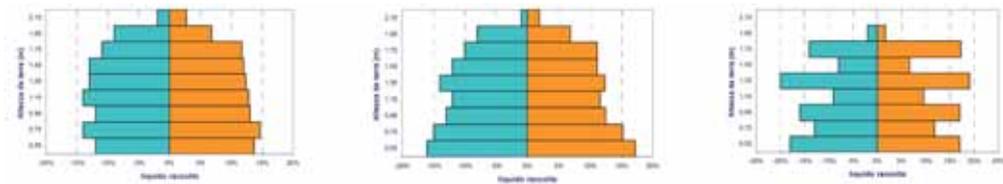


Fig. 3 - Diagrammi di distribuzione ottenuti con gli ugelli XR 11002, TJ60 11002 e TXA 8001

La velocità dell'aria in uscita dai fori della manica d'aria è risultata in media pari a 9.1 m/s (9.8 sul lato sinistro e 8.4 sul lato destro), sufficientemente omogenea in altezza (CV 22% sul lato destro e 19% sul sinistro) e sufficientemente uniforme sui due lati (indice di simmetria = 2.2). La portata dell'aria in uscita è risultata pari a circa 1000 m<sup>3</sup>/h.

Fatta pari a 100 la velocità di avanzamento misurata su pista in cemento con serbatoio vuoto e pompa e ventilatore disinnestati, la riduzione massima della velocità di avanzamento (-9%) è stata rilevata con macchina irroratrice in movimento su terreno nudo, serbatoio pieno e pompa e ventilatore in funzione (Fig. 4).



Fig. 4 - Velocità di avanzamento del prototipo in differenti condizioni operative.

In termini di copertura del bersaglio sul lato esterno della bina (quello più prossimo al passaggio della macchina), le tre tesi messe a confronto hanno fornito risultati statisticamente non differenti, con una quantità di prodotto pervenuta sulle foglie in media pari a  $4.1 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ . Al contrario, sul lato interno della bina, è emersa una significativa influenza dell'ugello. Infatti, la copertura delle foglie è risultata significativamente inferiore quando sono stati impiegati gli ugelli a fessura (Fig. 5A). Tale dato è confermato anche se si analizza la diminuzione di copertura tra i due lati della bina: con l'ugello a turbolenza, infatti, è stata ottenuta la riduzione di minore entità (-8%, Fig. 5B). Tuttavia, esso è anche quello che ha determinato la minore omogeneità di distribuzione tra le diverse fasce di altezza della vegetazione (CV =  $34\div 37\%$ , Fig. 5C). Sarà, quindi, opportuno intervenire in futuro sul prototipo montando dei portaugelli la cui distanza sia facilmente modificabile in modo da permettere anche l'impiego ottimale degli ugelli a turbolenza che, in base ai risultati ottenuti sono risultati quelli che hanno determinato il maggiore deposito complessivo di miscela sul bersaglio, pur distribuendo un volume dimezzato rispetto a quello erogato con gli ugelli a fessura.

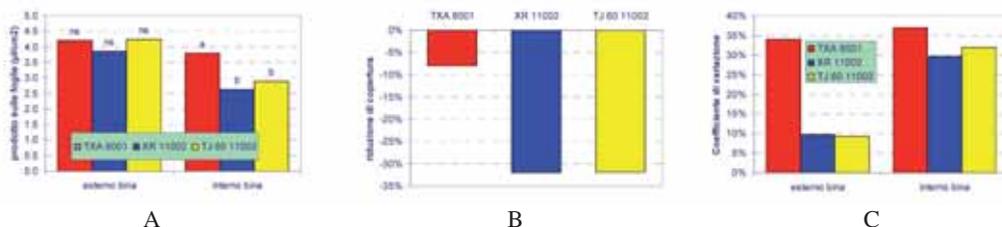


Fig. 5 - *Quantità di prodotto sulle foglie in funzione dell'ugello impiegato (A), Riduzione di copertura delle foglie tra i due lati della bina in funzione dell'ugello impiegato (B) e Uniformità di distribuzione sulla pianta di pomodoro in funzione dell'ugello impiegato (C)*

Sulla base delle indicazioni emerse nel corso della sperimentazione, il sistema proposto nella sua versione definitiva è stato reso più corto (di 500 mm) e su di esso sono stati montati dei sonar anche anteriormente per garantire una maggiore sicurezza durante il movimento in caso di ostacoli. Esso risulta idoneo per tutte le colture orticole coltivate a file ed a sviluppo verticale medio (es. peperoni, melanzane, ecc.) o elevato (es. pomodori, cetrioli, ecc). Per incrementarne le possibilità di impiego è stato adattato, con l'aggiunta di due barre orizzontali richiudibili, anche all'impiego su colture basse (ad esempio lattuga) o su quelle floricole e smontando il kit di distribuzione può anche essere utilizzato per agevolare le operazioni di raccolta (Fig. 6). Infine, per rendere più agevole la movimentazione automatica del carrello, la coppia di tastatori posta anteriormente è stata modificata nelle dimensioni e nella forma (più grandi e più arrotondati nella parte laterale) in modo da evitare problemi di "aggancio" e "incastro" con piante, pali tutori o fili che possono essere presente nella realtà in cui si opera.



Fig. 6 - *Versione aggiornata del sistema proposto con montata anche una barra di distribuzione orizzontale e Particolare del nuovo sistema di tastatori frontali*

## Conclusioni

Si ritiene che la macchina realizzata possa consentire un considerevole miglioramento della fase di distribuzione dei prodotti fitoiatrici alle colture protette, sotto l'aspetto della qualità della distribuzione (maggiore possibilità di regolazione rispetto ai sistemi "manuali" tipo la lancia e maggiore uniformità di distribuzione rispetto ai sistemi con irroratrice a "cannone" con passaggio esterno al tunnel) e, soprattutto, della sicurezza dell'operatore. L'operatore, infatti, sarà in grado di effettuare la distribuzione dei prodotti fitosanitari rimanendo molto distante dalla macchina irroratrice, o addirittura fuori dalla struttura protetta (tunnel o serra), limitandosi ad attivare l'erogazione e la movimentazione del carrello tra una fila e l'altra. Considerando che solo in Italia la superficie coltivata con colture protette è superiore a 35000 ha, notevole risulta la potenzialità di mercato del sistema proposto. Esso, infatti, potrà garantire una maggiore economicità del trattamento oltre che una elevata sicurezza per l'operatore ed ambientale.

## 3. Conclusioni

I programmi "macchine innovative" Enama sono mirati allo sviluppo di soluzioni meccaniche innovative per comparti agricoli che necessitano di nuove idee mirate alla soluzione di urgenti problematiche quali l'incremento della sicurezza degli operatori, l'aumento della qualità dei prodotti, la diminuzione dei costi della manodopera, il rispetto di più stringenti standard ambientali.

I programmi prevedono inoltre anche importanti iniziative di divulgazione sul territorio al fine di raggiungere una capillare sensibilizzazione degli operatori; questo aspetto assume particolare importanza, come già ampiamente dimostrato dalle esperienze condotte in passato, per la conoscenza e la diffusione delle innovazioni presso gli utilizzatori finali, contribuendo in maniera fattiva allo sviluppo del settore primario nazionale.

Attraverso il completamento dei sub-progetti illustrati nel presente volume sono state fornite delle efficaci soluzioni di meccanizzazione per quei comparti e quelle colture individuate dal bando "macchine innovative".

Il settore delle biomasse è in continua espansione ed è caratterizzato da soluzioni derivanti da macchinari già in uso su altre colture ed adattati e da nuove soluzioni appositamente ingegnerizzate. Il limite attuale è costituito dal fatto che molte di queste tecnologie necessitano di essere ottimizzate al fine di renderle economicamente convenienti e dall'ancora scarso sviluppo di nuove linee di meccanizzazione per ampliare la gamma delle colture che è possibile destinare a tali produzioni.

In particolare per quanto riguarda la meccanizzazione delle biomasse ligno-cellulosiche per la produzione di energia sono state realizzate ben quattro diverse macchine per la raccolta e trasformazione delle colture forestali a ciclo breve (SRF).

Le due macchine della ditta **CAEB**, complementari tra loro, rappresentano soluzioni molto semplici, economiche e estremamente efficaci per la valorizzazione di biomasse quali i sarmenti o residui di potatura che non risultano competitivi in termini di produzione e costo con le colture da biomassa dedicate. L'obiettivo dei due progetti era di fornire due attrezzature meccaniche specifiche per l'autoproduzione di pellet a livello locale utilizzando i residui delle potature dei vigneti e frutteti, per il rifornimento delle abitazioni rurali che si trovano entro le aree di coltivazione, ovviando ai problemi logistici e di trasporto. Il primo progetto ha visto la realizzazione di una macchina per la raccolta meccanica dei residui di potatura basato su una rotoimballatrice di piccole dimensioni e da un accumulatore di rotoballe combinato con l'imballatrice già prodotto da CAEB ed attualmente disponibile sul mercato, di cui il microimpianto proposto costituisce il naturale completamento. Il secondo progetto ha consentito di realizzare una macchina operatrice aziendale azionata dal trattore agricolo per la produzione di pellets per uso energetico da tali residui agricoli.

La ditta **NOBILI** ha realizzato una macchina operatrice per il taglio, la trinciatura e l'andanatura, in un unico passaggio, di colture dedicate per la produzione di biomassa presentando una soluzione valida e specificatamente testata su colture energetiche come la canna comune, il panico e il sorgo zuccherino. La macchina messa a punto prepara quindi la coltura per una raccolta successiva con imballatrice. La raccolta differita successiva alla trinciatura o sfibratura consente infatti di ridurre l'umidità con l'essiccazione in campo aumentando il peso specifico delle balle (riduzione del costo di trasporto), incrementando il potere calorifico (aumento del valore della biomassa conferita in centrale). La macchina realizzata rappresenta una soluzione estremamente appropriata per lo sfruttamento di aree agricole marginali con colture energetiche come la canna comune, il panico e il sorgo zuccherino.

Il pick up per la raccolta delle colture in Short Rotation Forestry (SRF) della ditta **SPAPPERI** costituisce una novità interessante perché consente di operare con una falciatrincciaticatrice commerciale sia su piante in piedi che andanate. La raccolta in due fasi delle colture SRF (taglio e andanatura e, solo successivamente, cippatura e raccolta) consente di disporre di un prodotto con un minor contenuto di umidità, riducendo i fenomeni fermentativi che si registrano durante lo stoccaggio, e di allungare il periodo di raccolta del prodotto evitando i periodi in cui il rischio di compattamento e destrutturazione del terreno (dovuto al transito della raccogliatrice su terreno saturo d'acqua) sono massimi. La versatilità della macchina realizzata dalla ditta Spapperi consente pertanto una migliore gestione delle fasi di raccolta delle colture forestali a ciclo breve.

Un'altra linea d'intervento prevista dal bando macchine innovative era mirata all'ottimizzazione dei trattamenti chimici con particolare riguardo alla sicurezza dell'operatore e la maggiore protezione dell'ambiente. In tale ambito sono state sviluppate le macchine delle ditte Caffini, Dragone, Riding e Unigreen.

La ditta **CAFFINI**, utilizzando un'innovativa irroratrice per frutteti e vigneti in grado di intercettare e recuperare il liquido erogato in eccesso (frutto di un precedente programma ENAMA per macchine innovative), ha elaborato un'attrezzatura per la registrazione su supporto digitale di tutti i dati relativi al trattamento fitoiatrico in tempo reale. Questi dati, georeferenziati tramite GPS e sistema di navigazione, vengono acquisiti ed elaborati da un apparato che documenta le operazioni colturali e gestisce il "quaderno di campagna" e il registro di magazzino dei prodotti fitosanitari. Una macchina di questo tipo consentirebbe un'effettiva ottimizzazione dei trattamenti chimici prima di tutto dal punto di vista tecnico e agronomico e, in seconda istanza, anche dal punto di vista delle procedure amministrative cui sono soggetti gli utilizzatori dei prodotti fitosanitari.

La ditta **DRAGONE** ha l'obiettivo di assicurare il controllo sostenibile delle infestanti nelle colture arboree combinando efficacemente un diserbo meccanico ad un diserbo chimico in un'unica macchina, riducendo pertanto i tempi e combinando i vantaggi delle due tipologie di diserbo. È noto infatti che sono presenti sul mercato sia delle irroratrici molto sofisticate per il diserbo chimico sia delle macchine per il diserbo meccanico molto precise con sistemi di tastatori ed altri accorgimenti che rendono il diserbo meccanico almeno in alcuni casi (come per esempio nei frutteti) una valida alternativa al diserbo chimico. Eppure l'applicazione contemporanea delle due tecniche non era possibile (a meno di più passaggi con due macchine) per la mancanza di una macchina specifica.

La macchina della ditta **RIDING** consente l'irrorazione di prodotti fitosanitari in colture collinari o in appezzamenti ristretti quali per esempio gli oliveti tipici delle colline di molte regioni italiane. La piccola taglia della macchina è stata associata anche a strumenti e attrezzature innovative per gli atomizzatori, quali una lancia a mano e un modulo irrorante costituito da un cannone montato su un minicingolato che consente un movimento sia rettilineo che curvilineo, grazie alla trasmissione idraulica. Questi accorgimenti consentono una conduzione agevole e sicura anche nelle difficili condizioni di olivicolture marginali.

La macchina della ditta **UNIGREEN**, pensata per i trattamenti fitoiatrici in serra, ha come principale vantaggio quello di consentire all'operatore di effettuare la distribuzione fuori dal tunnel limitandosi ad attivare l'erogazione e la movimentazione del carrello tra una fila e l'altra. Dalle prove svolte in serra il sistema consente un netto miglioramento della sicurezza dell'operatore che non deve più stare all'interno del tunnel o della serra nella distribuzione dei prodotti fitoiatrici. Il sistema consente anche una maggiore possibilità di regolazione rispetto ai sistemi "manuali" tipo lancia e di maggiore uniformità di distribuzione rispetto ai sistemi con irroratrice a "cannone" con passaggio esterno al tunnel.

Le lavorazioni conservative oltre ad essere incentivate dalle nuove politiche comunitarie contribuiscono alla corretta gestione del territorio ed al mantenimento delle migliori caratteristiche fisiche e chimiche dei suoli. Il tema dell'agricoltura conservativa, declinato nelle versioni "minima lavorazione", "semina su sodo" etc. è noto da tempo ma la sua diffusione è frenata dalla mancanza di macchine specificatamente progettate per queste tecniche innovative. L'esigenza di macchine specifiche dedicate alla lavorazione conservativa del terreno trova un'ottima risposta nella macchina innovativa predisposta dalla **TONUTTI TECNOAGRICOLA** la cui scelta costruttiva ha privilegiato la realizzazione di più moduli configurabili tra loro di cui un modulo trainato per il supporto ed aggancio, un erpice a molle a doppia spirale, un erpice decompattatore e preparatore del terreno ed un dosatore spargitore a trasporto pneumatico. L'innovazione presenta il vantaggio della semplicità costruttiva e di utilizzo, l'economicità gestionale ed il risparmio energetico per la lavorazione dei terreni di tipo conservativo

La ditta **FORIGO - ROTER ITALIA** ha sviluppato una attrezzatura capace di realizzare in un solo passaggio una lavorazione conservativa del terreno e la distribuzione di liquidi, anche ad azione fumigante, per l'orticoltura. L'attrezzatura è stata sviluppata sia come ulteriore accessorio del Mix Tiller, che è stato sviluppato nell'ambito di un precedente programma macchine innovative sia, nella versione indipendente, come attrezzatura specializzata nella lavorazione di decompattamento del terreno che può effettuare contemporaneamente una distribuzione profonda di liquidi ad azione fumigante. È da sottolineare il fatto che questa tecnica di lavorazione del terreno a minor impatto rispetto a quelle tradizionali concorre anche a ridurre le emissioni in atmosfera del gas (fumigante) e, quindi, in alcune situazioni, a migliorare notevolmente l'efficacia del trattamento.

Il programma macchine innovative ha interessato anche il settore della viticoltura per il quale sono stati approntati due prototipi.

La ditta **TERPA** ha realizzato un carro con sistema di separazione e trattamento delle uve per preservare la qualità delle uve vendemmiate a macchina durante il trasporto in cantina. Una delle maggiori problematiche che frenano la diffusione della vendemmia meccanica è rappresentata dal rischio di compromettere la qualità dell'uva raccolta con l'ammontamento soprattutto in giornate calde e con tempi lunghi di scarico della vendemmiatrice. L'innovazione consiste nello scaricare l'uva raccolta dalla vendemmiatrice nel carro separando da subito il mosto da grappoli e acini in due contenitori separati, al fine di consentire trattamenti differenziati prima dell'arrivo in cantina. Il mosto può essere raffreddato, inertizzato con anidride carbonica o azoto e aggiunto di prodotti enologici. Sono stati realizzati due prototipi, il primo con scarico a coclea, l'altro con una tramoggia ribaltabile idraulicamente. Le sperimentazioni fatte hanno fornito risultati molto positivi sulla capacità di preservare il livello qualitativo delle uve, le diverse possibilità di intervento sul mosto separato consentono di adattare la macchina alle esigenze specifiche delle aziende vitivinicole. Rispetto ad altre tecnologie utilizzate per conservare la qualità delle uve che intervengono su tutta la massa del vendemmiato, quali ad esempio il raffreddamento su carri-frigo, il trattamento con ghiaccio secco o con prodotti chimici riducenti, abbinato alla tecnica di separazione si dimostra semplice, efficace ed economica.

La vendemmiatrice della ditta **TANESINI** presenta due innovazioni utili agli operatori per gestire con più efficacia la raccolta meccanica dell'uva: un battitore che opera a bassa frequenza, regolabile sia in frequenza che ampiezza del movimento, e un sensore per la misura in tempo

reale del grado d'ammestamento provocato sull'uva raccolta. Tali accorgimenti costruttivi migliorarono la funzionalità e il controllo della macchina da parte dell'operatore. Il sensore di ammostamento inoltre è utilizzabile su tutte le vendemmiatrici in commercio. Esso consente in particolare di stimare con una buona approssimazione l'entità delle perdite "occulte" (mosto che imbratta la vegetazione o espulso dagli organi di pulizia del prodotto raccolto) e, indirettamente, il grado di ammostamento provocato dalla vendemmia meccanica che rappresenta la principale causa di queste perdite.

Nel complesso le due soluzioni adottate contribuiscono a migliorare l'esecuzione della vendemmia meccanica fornendo agli operatori due strumenti, uno funzionale (la gestione del battitore) e uno di controllo (sensore), capaci di consentire le migliori prestazioni della macchina rispettando il più possibile l'integrità del prodotto raccolto.

Infine l'innovazione della Ditta **TERPA** riguarda un componente per una gestione elettronica della trazione idraulica nei rimorchi forestali. L'obiettivo della ditta era di fornire un sistema automatico che permetta di correlare la velocità del rimorchio forestale, allestito con assale motore ad azionamento idraulico, con quella del trattore a cui è collegato. Tale innovazione, adattabile potenzialmente a tutti i rimorchi forestali con assale motore, migliora le prestazioni del complesso trattore rimorchio diminuendo il rischio di incidente o infortunio degli operatori.









**STILGRAFICA srl**

00159 Roma • Via Ignazio Pettinengo, 31/33  
Tel. 06 43588200 • Fax 06 4385693  
[www.stilgrafica.com](http://www.stilgrafica.com) • [segreteria@stilgrafica.com](mailto:segreteria@stilgrafica.com)

Finito di stampare nel mese di Giugno 2011

