

# Innovazioni nel settore delle tecnologie meccaniche per le produzioni agricole e forestali di qualità

Gualtiero Baraldi<sup>1)</sup> e Raffaele Cavalli<sup>2)\*</sup>

<sup>1)</sup>Dipartimento Economia e ingegneria Agrarie, Università di Bologna  
Via Fanin 50, 40127 Bologna

<sup>2)</sup>Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Università di Padova  
Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro

Società Italiana di Ingegneria Agraria

---

## Riassunto

La qualità delle produzioni agricole e forestali risulta correlata a tutti quei processi produttivi nei quali si impiegano tecnologie meccaniche caratterizzate da un adeguato grado di innovazione.

L'innovazione può essere considerata a livello di prodotto, di processo e anche d'impresa, intendendo con questa definizione le modifiche indotte nell'organizzazione dell'impresa, inclusa la differenziazione dei servizi.

Nel settore delle macchine destinate alle produzioni agrarie, dalla preparazione dei terreni alla raccolta e ai processi di post-raccolta, il percorso innovativo finalizzato alle produzioni, ma anche agli aspetti energetici, alla salvaguardia ambientale, alla sicurezza degli addetti è stato rilevante attraverso il ricorso a tutto ciò che la tecnologia ha messo a disposizione.

Nel settore forestale si sta assistendo all'applicazione di sistemi di lavoro nei quali le operazioni sono svolte in maniera totalmente meccanizzata, con limitato ricorso a interventi di tipo semi-meccanizzato.

Si tratta di innovazioni che possono influenzare anche il rapporto con le giovani generazioni, che vedono nelle tecnologie un elemento di attrazione verso un'attività lavorativa finora giudicata poco appetibile.

*Parole chiave:* innovazione tecnologica, meccanizzazione agricola, meccanizzazione forestale, produttività, risparmio energetico, salvaguardia ambientale.

## Summary

TITOLO IN INGLESE??

The quality of agricultural and forest products are related to the productive process in which innovative mechanical technologies are used.

The innovation should be considered at product, process and enterprise level, the last one being considered as changes into enterprise organization, included services diversification.

In the field of machinery used for agricultural products, from soil tillage to harvesting and post-harvesting processes the innovation dealing with products, but also with energy use, environmental protection, work safety has been important due to the mechanical technology output.

In the forest sector working systems in which operations are carried out in totally mechanized way, with small turn to semi-mechanized operations, are growing.

They are innovations that should change the relationship with young generation which could consider the mechanical technologies attractive for a working activity until now evaluated not much desirable.

*Key-words:* agricultural mechanization, energy saving, environmental protection, forest mechanization, productivity, technological innovation.

\* Autore corrispondente: tel.: +39 049 8272724; fax: ?? . Indirizzo e-mail: raffaele.cavalli@unipd.it

## 1. Premessa

La qualità delle produzioni agricole e forestali è strettamente correlata a processi produttivi nei quali si impieghino tecnologie meccaniche caratterizzate da un adeguato grado di innovazione.

Il grado di innovazione delle tecnologie meccaniche è inoltre in grado di influenzare l'ambiente nel quale le tecnologie vengono applicate e l'operatore che di tali tecnologie fa uso.

La necessità da un lato di esaltare gli aspetti quanti-qualitativi delle produzioni e dall'altro di operare con tecniche sostenibili ha reso necessario evolvere macchine e attrezzature che siano in grado di soddisfare tali esigenze.

L'innovazione può interessare sia il prodotto, sia il processo sia l'impresa, ossia l'organizzazione produttiva nella quale si introducono le tecnologie meccaniche.

## 2. Settore agricolo

Nel settore dell'agricoltura l'innovazione di prodotto ricerca fundamentalmente l'incremento delle prestazioni, della sicurezza e dell'ergonomia di utilizzo delle macchine motrici, delle macchine operatrici e delle attrezzature (Amirante e Baraldi, 2004).

Nell'ambito delle macchine motrici tale risultato viene ottenuto mediante l'adozione di dispositivi di guida e di controllo del lavoro (trattore e attrezzature), di dispositivi di servo-assistenza delle funzioni, di trasmissioni elettroidrauliche, di organi di propulsione in grado di limitare l'impatto sul terreno, di cabine e posti di guida capaci di assicurare protezione e confort all'operatore. È importante ricordare che il concetto di protezione ha varcato i limiti della semplice protezione del posto di guida dal ribaltamento o dalla caduta di corpi dall'alto, e si estende anche alla protezione da agenti inquinanti esterni (polveri, fitofarmaci) e alla protezione da variazioni climatiche.

Nell'importante settore delle macchine per le lavorazioni del terreno, soprattutto di quelle principali, l'innovazione di prodotto considera l'incremento delle prestazioni, del risparmio di energia, della qualità del lavoro. Il raggiungimento di tali risultati è perseguito con l'introduzione di aratri polivomeri con funzioni servo-

assistite, che garantiscono precisione e qualità della lavorazione anche a profondità di aratura ridotta, e di macchine alternative all'aratro a vomeri, azionate dalla presa di potenza, e come tali in grado di operare anche con umidità del terreno incompatibili per le attrezzature a vomeri.

Di particolare interesse è l'innovazione di prodotto nell'ambito delle macchine destinate alla difesa delle colture. Grande importanza stanno assumendo le attrezzature di tipo meccanico per il controllo della vegetazione spontanea, che assicurano notevole grado di compatibilità ambientale agli interventi con la coltura in atto. Si tratta di macchine capaci di intervenire tra le file o tra le file e sulla fila, nelle quali l'innovazione porta a un incremento delle prestazioni e, soprattutto della qualità del lavoro. Il loro impiego è di fondamentale importanza nell'agricoltura di tipo biologico, nella quale il ricorso a fitofarmaci è strettamente controllato e in cui gli interventi meccanici possono costituire una valida alternativa a ridotto impatto ambientale.

Anche nelle macchine distributrici di fitofarmaci (diserbanti e antiparassitari) si persegue, mediante l'innovazione di prodotto, l'incremento delle prestazioni, della sicurezza e del controllo delle funzioni sviluppando da un lato dispositivi di distribuzione (barre, schermature, ugelli antideriva) e dall'altro strumentazioni di controllo e di regolazione. Si tratta di un'innovazione necessaria per rispondere ai requisiti imposti dall'agricoltura di precisione, che coniuga le necessità produttive con un'attenta applicazione, spaziale e temporale, dei fitofarmaci e dei fertilizzanti, nell'ottica della riduzione dell'impatto delle pratiche agricole sull'ambiente e sulle sue risorse.

Lo sviluppo dell'innovazione di prodotto assume connotazione diversa nell'ambito delle macchine per la raccolta dei prodotti a seconda si tratti di prodotti quali cereali da granella e foraggi o di prodotti ortofruttili. Nel primo caso si persegue soprattutto l'incremento delle prestazioni, della sicurezza e dell'ergonomia di utilizzo adottando sulle macchine da raccolta dispositivi di guida e di controllo del lavoro, dispositivi di servo-assistenza delle funzioni, dispositivi di monitoraggio della quantità e qualità del lavoro, questi ultimi funzionali sia alle pratiche dell'agricoltura di precisione sia alla ga-

ranza della tracciabilità dei prodotti (Berzaghi et al., 2007).

Nel secondo caso si ricerca l'incremento delle prestazioni e della sicurezza mediante un'attenta integrazione macchina-operatore. In questa ottica le macchine da raccolta si trasformano in centri di lavorazione mobili, che provvedono alla raccolta, pulitura, selezione e anche al confezionamento del prodotto, alimentando una filiera campo-consumatore in cui privilegiare la rintracciabilità del prodotto

Nel settore agricolo l'innovazione di processo è particolarmente attiva nell'ambito delle attrezzature utilizzate nel post raccolta dei prodotti frutticoli (calibratura, selezione, confezione, etichettature, trasporto, stoccaggio, conferimento) per le quali si promuove l'incremento delle prestazioni, della sicurezza e dell'ergonomia di utilizzo attraverso la diffusa applicazione di dispositivi integrati di tipo meccanico, idraulico, elettronico, informatico e elevando l'integrazione macchina-operatore (Baraldi et al., 2003).

In questo particolare ambito assume importanza la rilevazione degli impatti meccanici sui prodotti derivanti dalla movimentazione lungo le linee di lavorazione. Si impiegano a questo scopo sensori opportunamente strumentati mescolati al prodotto in lavorazione e tecniche di analisi dell'immagine per la valutazione dei danni di lavorazione.

### 3. Settore forestale

Nel settore forestale si sta assistendo all'applicazione di sistemi di lavoro nei quali le operazioni sono svolte in maniera totalmente meccanizzata, con limitato ricorso a interventi di tipo semi-meccanizzato. Si tratta di innovazioni di prodotto che vedono l'introduzione di sistemi di lavoro nei quali si prevedono l'abbattimento e il parziale allestimento sul letto di caduta, l'esbosco e il completamento dell'allestimento all'imposto, oppure il solo abbattimento, l'esbosco dell'albero intero e l'allestimento all'imposto. Si tratta di sistemi che prevedono l'uso di un processore, di tipo portato o semovente, in grado di sramare e sezionare il fusto, esboscato per via terrestre od aerea in relazione alle dimensioni del materiale e della pendenza della tagliata. La rapidità con cui questo tipo di macchine si sta

diffondendo e i pareri espressi dagli utilizzatori lasciano pensare che il sistema di lavoro con allestimento del materiale a bordo strada andrà sempre più affermandosi.

Per quanto riguarda l'abbattimento e allestimento completamente meccanizzati con l'impiego di *harvester*, benché al momento attuale siano presenti solo poche macchine, la loro diffusione sta sempre più aumentando a fronte della necessità di aumentare la produttività e la sicurezza del lavoro. Le macchine presenti operano su tagli di forte intensità, su materiale di piccole e medie dimensioni e sono dotate di sistemi di propulsioni che le rendono idonee a operare anche su terreni con elevata pendenza (Cavalli e Zuccoli Bergomi, 2006a). Gli *harvester* sono di norma abbinati ai *forwarder*, operatrice destinata al trasporto del materiale allestito. Si tratta di una macchina verso la quale sta crescendo l'interesse delle imprese forestali che tendono a impiegarla anche per l'esbosco e il trasporto del legname in sistemi parzialmente meccanizzati, nei quali sostituiscono il trattore con rimorchio forestale.

L'innovazione applicata al *forwarder* lo sta rendendo una macchina adatta ad operare anche in condizioni di fuori strada nei terreni montani, potendo in questo modo seguire *harvester* ad elevata mobilità quali quelli cingolati (Stampfer, 1999; Cavalli e Zuccoli Bergomi, 2006b)

Un'innovazione che è sempre più diffusa nell'ambito delle operazioni di allestimento è rappresentata dal *processor*, macchina costituita da un escavatore su cui è installata una testa allestitrice in grado di sramare e sezionare l'albero intero.

In un cantiere con *processor*, la prima parte del ciclo lavorativo consiste nell'abbattimento manuale con motosega, eventuale sezionatura dei primi topi (1-2) negli alberi più grossi, esbosco per via aerea dell'albero intero o dei topi. La seconda parte del ciclo prevede l'utilizzo esclusivo dell'escavatore con testa allestitrice, il quale preleva gli alberi dalla zona di scarico della gru a cavo, effettua la sramatura e la sezionatura e accatista gli assortimenti così ottenuti. Nel periodo estivo, quando la corteccia può essere facilmente rimossa dai coltelli sramatori della testata allestitrice, la sequenza operativa può cambiare: l'escavatore afferra gli alberi scaricati dalla gru a cavo e li lavora in una

zona libera, passando il fusto avanti e indietro più volte attraverso la testata al fine di ottenere contemporaneamente la sramatura e la scor-tecciatura. Successivamente il *processor* seziona e accatista gli assortimenti. Questa metodologia permette di concentrare ramaglia e cortec-cia in un'area in cui non si creino interferenze con il resto delle operazioni e dalla quale i re-sidui possano essere facilmente raccolti.

Notevole è l'incremento della produttività dell'intero cantiere derivante dall'uso del *pro-cessor* poiché gran parte delle operazioni sono meccanizzate; anche la sicurezza e l'ergonomia del lavoro sono aumentate.

Un altro ambito in cui si sta assistendo a un importante sviluppo dell'innovazione di prodot-to è quello del trasporto dei materiali legnosi su cavo. In questo importante settore si privilegia-no la differenziazione delle tipologie e delle pre-stazioni in rapporto alle aree di utilizzo preva-lente, l'incremento dell'impiego di dispositivi elettronici di controllo e di comando, l'adozio-ne di nuovi materiali per le funi (di tipo fisso) quali il Polietilene a Ultra Alto Peso Molecola-re (UHMWPE), l'incremento delle prestazioni, della sicurezza e dell'ergonomia di utilizzo (te-lecomandi per azionamento del dispositivo di bloccaggio del carrello sulla fune portante e del-la fune traente sul carrello; sistema "All terrain" con dispositivo di svolgimento forzato della fu-ne traente, con argano motorizzato con fune di sollevamento, con carrello semovente) (Cavalli, 2002; Heinimann et al., 2001).

L'innovazione di processo più interessante è quella relativa alla fasciatura dei tondelli desti-nati alla produzione di legna da ardere. Si trat-ta di un procedimento operativo che prevede la formazione di fasci che costituiscono l'unità di lavoro, con dimensioni ( $\emptyset$  0,8-0,9 m) e massa standardizzate (320-400 kg). In tal modo si pos-sono impiegare mezzi meccanici nelle varie fa-si di manipolazione e trasporto e i fasci posso-no razionalizzare i successivi interventi di lavo-razione. Infatti nella fase di allestimento della legna da ardere si possono utilizzare macchine segalegna automatiche che consentono la com-pleta automazione del processo di produzione, l'impiego di un solo operatore che opera con elevata sicurezza e confort, la gestione degli or-dini just in time (Cavalli, 2001).

Nel settore forestale l'innovazione legata alle tecnologie meccaniche assume anche i connotati

di innovazione di impresa. Con questo termine si intende quella serie di cambiamenti innovativi che caratterizzano la struttura dell'impresa fore-stale finalizzate alla specializzazione funzionale delle imprese forestali o dei singoli operatori e all'allargamento dell'offerta di servizi.

Nel primo caso si fa riferimento alle conse-guenze legate all'introduzione di sistemi mec-canizzati: l'impresa forestale tende ad assumere una qualificazione sempre più elevata in alcune fasi delle utilizzazioni (per esempio esbosco con gru a cavo e allestimento con processore) e la-scia ai singoli imprenditori artigiani le fasi di ab-battimento. L'impresa forestale assume compe-tenze sempre più specialistiche, orienta adegua-tamente le sue capacità di investimento e in-centiva la formazione del proprio personale. L'imprenditore artigiano, equipaggiato con le normali attrezzature per l'abbattimento, non de-ve far fronte ad elevati investimenti e si può col-legare funzionalmente e operativamente con l'impresa forestale, la quale gli affiderà lo svol-gimento delle operazioni a più elevato impegno di manodopera.

Nel secondo caso l'allargamento e la diffe-renziamento dei servizi offerti è individuabile nella produzione di combustibili legnosi. In que-sto ambito l'impresa boschiva può divenire ele-mento attivo non solo nelle operazioni di uti-lizzazione, ma anche in quelle di trasformatio-ne del materiale legnoso (cippatura) e del con-ferimento del combustibile così ricavato all'im-pianto. In questo modo può detenere il con-trollo dell'intera filiera di approvvigionamento con indubbi effetti sulla redditività.

In alcune situazioni l'impresa forestale può assumere le funzioni di ESCo (Energy Service Company) ossia fornire direttamente l'energia prodotta dalla combustione del materiale cip-pato, gestendo anche l'ultimo segmento della fi-liera e acquisendo il valore aggiunto della tra-sformazione.

Un ultimo effetto dell'innovazione di impre-sa legato all'introduzione di innovazioni nel set-tore delle tecnologie meccaniche nel settore fo-forestale può essere ricercato nella ricaduta posi-tiva dal punto di vista sociale, poiché genera un interesse nelle giovani generazioni, che vedono nelle tecnologie un elemento di attrazione ver-so un'attività lavorativa finora giudicata poco appetibile.

#### **Bibliografia**

- Amirante P., G. Baraldi. 2004. Realizzazioni del recente passato e potenzialità della ricerca per lo sviluppo di una moderna meccanizzazione agricola. Atti della giornata "Innovazione tecnologica e ricerca per lo sviluppo di una moderna meccanizzazione agricola", Accademia Nazionale di Agricoltura, Bologna.
- Baraldi G., Berardinelli A.C., Giunchi A., Ragni L. 2003. Stato dell'arte e innovazione tecnologica nella lavorazione della frutta da consumo fresco. *Frutticoltura*, (1):7-12.
- Berzaghi P., Serva L., Ferito J. 2007. Qualità e tracciabilità. la filiera parte dal campo. *L'Informatore Agrario* (21): 40-42.
- Cavalli R., Lemessi A., Milocchi M.A. 2001. Valutazione di un sistema di macchine per l'allestimento meccanizzato della legna da ardere. *Rivista di Ingegneria Agraria*, 32 (1):54-63.
- Cavalli R. 2002. La meccanizzazione delle utilizzazioni in ambiente alpino. Atti del Convegno "Il ruolo della meccanizzazione per il rilancio della selvicoltura in Calabria", 24 aprile 2002, Reggio Calabria, Italia, 22-33.
- Cavalli R., Zuccoli Bergomi L. 2006a. Funzionalità di un *harvester* in ambiente alpino italiano. *L'Italia Forestale e Montana*, 61:181-191.
- Cavalli R., Zuccoli Bergomi L. 2006b. Productivity, costs and ecological impacts of a cable-forwarder employed under alpine conditions. Proceedings of the 39<sup>th</sup> International Symposium on Forestry Mechanization, September 24-28, Forest Research Institute, Sofia, Bulgaria.
- Heinimann H.R., Stampfer K., Loschek J., Caminada L. 2001. Perspectives on Central European Cable Yarding Systems. Proceedings of the International Mountain Logging and 11<sup>th</sup> Pacific Northwest Skyline Symposium. Schiess P., Krogstad F. (eds.), December 10-12, Seattle, Washington, 268-279.
- Stampfer K. 1999. Influence of terrain conditions and thinning regimes on productivity of a track-based steep slope *harvester*. Proceedings of the International Mountain Logging and 10<sup>th</sup> Pacific Northwest Skyline Symposium. Sessions J., Chung W. (eds.), March 28 - April 1, Corvallis, Oregon, 78-87.