

Il ruolo delle macchine agricole a fronte dei cambiamenti climatici

PREMESSA

La meccanizzazione agricola è stata ed è uno dei principali fattori che hanno consentito e consentono la crescita della produttività agricola; condizione indispensabile per fare fronte ai fabbisogni alimentari di una popolazione mondiale in continuo aumento.

L'uso delle macchine agricole in generale e, in particolare, quello connesso all'esecuzione di alcune operazioni colturali, quali la lavorazione del terreno, la fertilizzazione i trattamenti di difesa e di diserbo hanno però contribuito ad aumentare l'impatto ambientale dell'agricoltura.

Diversi studi e analisi sul ciclo di vita delle macchine agricole e per il verde, hanno dimostrato che il loro impatto ambientale è dovuto per il:

- 10-15% alla fase di produzione e commercializzazione;
- 5-8% alla fase di fine carriera;
- 77-85% alla fase di utilizzazione.

Riconoscendo, ovviamente, che si può e si deve intervenire anche nelle prime due fasi prima elencate, è però sulla terza che si è concentrato l'interesse attraverso l'introduzione di innovazioni che hanno riguardato aspetti costruttivi e operativi. Nel considerare l'impronta ecologica delle macchine, occorre distinguere tra l'impatto proprio delle macchine motrici dovuto sostanzialmente alle emissioni e quello causato dalle operazioni che le macchine sono chiamate a svolgere.

* *Università di Torino*

RIDUZIONE DELLE EMISSIONI

Le innovazioni per ridurre le emissioni riguardano anzitutto quelle relative al motore Diesel al fine di aumentarne l'efficienza e ridurre i consumi di combustibile. Si tratta di innovazioni legate alla gestione elettronica del motore e al sempre maggiore ricorso alla sensoristica. Un esempio sono i motori sovralimentati a geometria variabile e i motori *common rail*.

Vi è poi l'innovazione dovuta all'obbligo di riduzione delle cosiddette emissioni regolamentate e cioè degli ossidi di carbonio (CO), degli idrocarburi incombusti (HC), degli ossidi di azoto (NO_x) e del particolato (PM), imposto dall'EPA negli USA e dalla Commissione UE per l'Europa. A partire dal 1996 sono stati imposti *step* successivi, chiamati TIER in USA e FASI in Europa, sempre più restrittivi. In particolare, rispetto al TIER3, la soglia di NO_x per l'attuale TIER4 in vigore per le macchine da 56 a 560 kW (per le altre entrerà in futuro), è stata ridotta del 50%, mentre quella del particolato ha avuto una contrazione del 90%.

Le soluzioni costruttive adottate per rispettare le soglie fissate dalla vigente legislazione sono:

EGR - Riciclo del gas di scarico. Vengono rimossi gli NO_x con il ricircolo di parte del gas di scarico nella camera di combustione (mediamente 15-20%). La regolazione è fatta da una valvola comandata dalla centralina elettronica. È stato adottato per la rimozione degli NO_x nei motori di potenza inferiore a 75 kW.

SCR - riduzione catalitica selettiva. Riguarda essenzialmente i motori con potenza superiore a 75 kW. Si rimuovono gli NO_x con il ricircolo esterno dei gas di scarico raffreddati che vengono trattati con un additivo (ADblue), costituito da una miscela al 32% di urea pura. L'iniezione dell'additivo è comandata dalla centralina, che sulla base dei dati trasmessi dai sensori di temperatura dei gas e della quantità di NO_x , ne regola la quantità. A seconda delle condizioni il consumo di ADblue è pari al 3-8% del consumo di combustibile.

DOC - ossidazione catalitica del Diesel. Rimuove CO e HC e parte del PM. Si realizza grazie a una matrice ceramica a nido d'ape che accelera la reazione chimica per cui CO si combina con l'ossigeno e si forma anidride carbonica e vapore d'acqua. La matrice ceramica inoltre cattura gli HC e riduce anche la frazione più fine del PM (<2,5 micron).

DPF - Filtro antiparticolato. Il filtro trattiene le particelle di PM di dimensioni comprese fra i 10 e i 100 micron. Poiché la quantità di PM aumenta quando il motore lavora a un basso livello di carico (i gas hanno una

minore temperatura), il filtro tende a intasarsi. La pulizia avviene in modo automatico con l'iniezione del gasolio, grazie a un sistema di rilevazione della temperatura dei gas da cui dipende il tempo di iniezione del gasolio.

Altra strada percorsa per ridurre le emissioni è rappresentata dalle motrici ibride (motore endotermico e elettrico) e da quelle completamente elettriche, grazie all'introduzione delle batterie al litio-ione, leggere, efficienti (fino a 800 cicli) e ricaricabili in tempi contenuti. Quest'ultima soluzione è però limitata a macchine di bassa potenza. La soluzione elettrica viene sempre più frequentemente applicata anche in luogo delle trasmissioni idrauliche che, pur essendo molto funzionali, hanno bassi rendimenti.

NUOVI COMBUSTIBILI

All'innovazione del motore si è aggiunto, non solo per ridurre le emissioni ma anche per avere alternative al petrolio, l'impiego di nuovi combustibili. In particolare di biodiesel e biometano. Il biodiesel è un biocombustibile liquido, ottenuto con la transesterificazione di olii vegetali (colza, girasole, soia ecc.), che possiede proprietà di combustione simili al gasolio ricavato dal petrolio. Può essere impiegato, senza interventi sostanziali sul motore a ciclo Diesel, allo stato puro, oppure in miscela col gasolio (fino al 30-40%). Le prestazioni del motore (potenza, coppia) rimangono invariate, mentre per quanto attiene le emissioni si ottiene una riduzione

- sino al 50% degli ossidi di carbonio;
- sino al 70% degli idrocarburi aromatici, con assenza totale di diossido di zolfo;
- sino al 65% delle emissioni di particolato.

Per contro, questo biocombustibile porta a un aumento degli ossidi di azoto; inconveniente a cui si pone rimedio con le soluzioni prima esaminate.

Di sicuro interesse è anche l'impiego, come combustibile alternativo, del biometano ottenuto dal biogas. Il processo prende il nome di *upgrading* e avviene in due fasi:

- una prima raffinazione del biogas grezzo, attraverso un processo di disidratazione, rimozione di polveri, impurità e di anidride carbonica;
- una seconda raffinazione del gas per portarlo alla stessa composizione del metano fossile (la percentuale di recupero del metano presente nel biogas trattato è sempre maggiore del 95%).

All'Expo nel padiglione della New Holland, è esposto il trattore di seconda generazione *Methane Power* che può essere alimentato sia a metano e

sia a biometano. La macchina ha un motore strutturale alimentato a gas che può essere sostituito da un motore a ciclo Diesel di pari potenza, per cui gli elementi costruttivi della macchina tradizionale rimangono sostanzialmente gli stessi. Il nuovo motore è a 6 cilindri con potenza massima di 132 kW e coppia massima pari a 740 Nm. Il biometano è contenuto in 9 bombole inglobate nella struttura del trattore senza creare ingombri particolari. Rispetto all'alimentazione a gasolio, il minor costo consentito dal biometano è del 40% che, qualora gli incentivi contenuti nella legislazione già approvata ma non ancora entrata in vigore, venissero attuati, raggiungerebbe il 55%.

Altro aspetto interessante è che, per quanto attiene le emissioni, la soluzione a biometano è già allineata con lo stage successivo (TIER 5) che prevede un ulteriore abbattimento del 20% entro il 2020. Il biometano è sostenuto dall'UE ma il nostro Paese denuncia un certo ritardo a recepire le direttive. In particolare la Commissione Europea con la Direttiva 2014/94/EU ha previsto che gli Stati membri adottino, entro il 2016, dei piani di sviluppo delle diverse fonti alternative ai combustibili fossili per il settore dei trasporti.

Un ulteriore passo avanti si ottiene con la liquefazione del biometano. Il vantaggio del biometano allo stato liquido (GNL-Gas Naturale Liquefatto) è che il volume occupato è circa 600 volte inferiore a quello del gas e ciò rappresenta un risultato significativo per il trasporto e lo stoccaggio di questo combustibile.

Molto promettente è il ricorso alle tecnologie basate sull'idrogeno e sulle celle combustibili che rappresentano un grosso passo avanti nell'ottica delle riduzioni delle emissioni. Per il comparto agricolo assume particolare significato l'abbinamento di queste tecnologie con quelle della valorizzazione energetica della biomassa e, più specificatamente, di quelle relative all'uso del biogas da digestione anaerobica e all'uso del *syngas* da gassificazione di biomasse ligno-cellulosiche. I progressi in questo settore, almeno in Italia, procedono però lentamente.

INNOVAZIONE SULL'OPERATIVITÀ DELLE MACCHINE MOTRICI E OPERATRICI

Oltre agli interventi diretti sulla riduzione delle emissioni, l'innovazione di questi ultimi anni ha riguardato anche il miglioramento dell'operatività delle macchine motrici e operatrici.

Per quanto attiene le macchine motrici un ulteriore contributo alla riduzione dei consumi, oltre che dall'elettronica, deriva anche dai sistemi di navigazione satellitare.

Grazie all'elettronica e al computer di bordo è infatti possibile il controllo e il comando delle diverse funzioni della macchina. Più una macchina è tecnologicamente avanzata e più centraline elettroniche, dette ECU (*Electronic Control Unit*), sono presenti. Ciascuna di esse controlla una particolare funzione (alimentazione, trasmissione, ecc.). Le ECU di una macchina possono scambiarsi informazioni secondo procedure standardizzate che poi vengono trasmesse a un unico terminale. Il sistema prende il nome di Can-Bus (*Controller Area Network*) e consente l'ottimizzazione funzionale e operativa del mezzo. Anche le macchine operatrici accoppiate al trattore hanno le loro ECU integrate con quelle della motrice e ne utilizzano lo stesso protocollo. Il sistema viene detto Iso-Bus. Dal terminale di bordo si può quindi trasmettere il comando alle diverse tipologie di macchine operatrici accoppiate al trattore, le quali eseguono le operazioni secondo le informazioni ricevute.

Attraverso i sistemi di navigazione satellitare, grazie al GPS (*Global Positioning System*) e a ricevitori di correzione del segnale satellitare, quali i RTK (*Real Time Kinematics*), è possibile attuare con una precisione di ± 2 cm, non solo le operazioni in campo ma anche la guida automatica che, sul piano operativo, si traduce in una elevata precisione nei passaggi, evitando le sovrapposizioni delle passate e riducendo i tempi morti. Con la guida automatica infatti, i consumi di combustibile si riducono del 5-10%, mentre la riduzione dei tempi di lavoro è dell'ordine del 10-15%.

LE MACCHINE PER LE NUOVE FORME DI GESTIONE AGRONOMICA

Va evidenziato che le nuove forme di gestione agronomica e cioè l'agricoltura conservativa, l'agricoltura integrata, l'agricoltura biologica e, più segnatamente, l'agricoltura di precisione, sono state rese possibili dall'evoluzione e dall'innovazione delle macchine agricole e dalle nuove tecnologie di rilevamento, quali il telerilevamento.

L'agricoltura conservativa investe sostanzialmente la sostenibilità nella preparazione del terreno attuata attraverso la minima lavorazione e la semina su sodo, evitando così di liberare il carbonio contenuto nel suolo. Oltre all'impiego delle macchine idonee per questa gestione dell'agricoltura è anche importante evitare l'eccessiva compattazione del terreno. Questo principalmente si ottiene con l'impiego di operatrici in grado di ridurre il numero dei passaggi e aumentando l'impronta sul terreno delle stesse, con il ricorso a pneumatici di larga sessione e bassa pressione, oppure al gemellaggio dei pneumatici o, ancora, ai sistemi cingolati in gomma. In particolare gli pneu-

matici VF (*Very high Flession*), rispetto a quelli standard, hanno una carcassa più robusta per cui possono lavorare a pressioni di gonfiaggio siano a 0,8 bar con conseguente aumento della superficie di impronta sul terreno.

Il ricorso alle tecnologie avanzate investe praticamente tutti i settori. Nella concimazione con liquame, ad esempio, l'introduzione di macchine che effettuano l'interramento del fertilizzante riduce sensibilmente le dispersioni in atmosfera, non solo degli odori ma anche delle emissioni azotate e di altra natura. Da qualche anno sono proposti sistemi NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) in grado di effettuare l'analisi del liquame all'interno della cisterna fornendone la composizione in azoto, fosforo, potassio e sostanza secca. Questo consente di regolare la distribuzione in funzione della carta del suolo dell'appezzamento secondo i principi dell'agricoltura di precisione. Il sistema è stato impiegato, con ottimi risultati, su liquame suino, bovino e di loro miscele e anche del digestato degli impianti di biogas.

La riduzione degli *input* in agricoltura, in particolare di quelli chimici, viene sempre più perseguita attraverso l'adozione dell'agricoltura di precisione (AP). Localizzazione satellitare delle macchine in campo, telerilevamento e sensoristica avanzata (analisi spettrale, analisi d'immagine, termocamere, ecc.), droni, sono gli strumenti a cui si ricorre per attuare l'AP.

Con l'AP gli interventi sono effettuati in funzione della variabilità spaziale e temporale del suolo e delle colture. Per questo si parla di interventi "sito-specifici"; interventi cioè non generalizzati sull'intera coltura ma tarati in funzione di specifiche situazioni. Per evidenziarne l'importanza si ricorda, a titolo di esempio, che diversi studi hanno dimostrato che, rispetto al trattamento di diserbo effettuato uniformemente sull'intero appezzamento, il diserbo eseguito in funzione della reale intensità di infestanti, consente, sullo stesso appezzamento, risparmi dell'erbicida del 50-60%.

Per attuare l'intervento "sito-specifico" con la tecnologia denominata a rateo variabile, si può ricorrere alle mappe di prescrizione oppure ai sensori *real-time*. Le mappe sono realizzate con informazioni acquisite per telerilevamento e con rilievi da terra, prima dell'intervento (ad esempio distribuzione delle infestanti, diverso sviluppo vegetativo della coltura, ecc.). La mappa inserita nel computer di bordo, grazie alla localizzazione satellitare, gestisce l'intervento attraverso i comandi inviati dal computer alle centraline elettroniche delle macchine operatrici (Iso-Bus). Il secondo approccio utilizza sensori che consentono di regolare i tassi di applicazione durante l'avanzamento della macchina nello stesso istante in cui le informazioni vengono rilevate. I sensori cioè rilevano alcune caratteristiche della coltura o del suolo e attraverso il terminale di bordo regolano l'applicazione idonea.

Il rateo variabile può essere adottato nell'applicazione degli *input* chimici, ma anche per l'irrigazione e per la semina, nonché per pratiche come la potatura e la raccolta. Nel caso della concimazione, in particolare quella azotata in copertura, si utilizzano gli indici di vigore e cioè i cosiddetti NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), che derivano dalle diverse risposte della vegetazione alle radiazioni elettromagnetiche per più bande dello spettro. Si viene così a conoscere la variabilità vegetazionale di uno stesso appezzamento e, quindi, la diversa esigenza del fertilizzante azotato.

Nella lotta contro le erbe infestanti sono stati messi a punto sistemi a raggio laser in alternativa ai diserbanti. Attraverso una camera stereo vengono, in funzione della diversa altezza (una precisione di $\pm 3,5$ mm è stata ritenuta attendibile), individuate le infestanti che vengono poi colpite dal raggio laser. Si tratta però di una tecnica non ancora diffusa che però ha dato ottimi risultati sperimentali.

I DRONI

I droni, o meglio gli APR (Aeromobili a Pilotaggio Remoto), trovano in agricoltura uno dei principali impieghi e saranno sempre più essenziali per l'agricoltura di precisione. Il loro utilizzo è in crescita, nelle diverse versioni: quadricotteri, esacotteri e ottacotteri. L'impiego riguarda principalmente l'azione di monitoraggio effettuata con voli radenti sul terreno e sulle colture. I rilievi sono più precisi rispetto a quelli effettuati da terra e meno costosi, e anche più rispondenti rispetto a quelli eseguiti con altri sistemi di telerilevamento, come quelli da satellite e da aereo. Equipaggiati con fotocamere multispettrali o con termocamere, effettuano accurati rilevamenti relativi a *stress* idrici, indici vegetazionali (NDVI), presenza di infestanti, patologie varie, da cui ricavare mappe di prescrizione per effettuare gli interventi "sito-specifici" di irrigazione, fertilizzazione azotata in copertura, diserbo selettivo, ecc.

In particolare il recente sviluppo di sensori attivi consente, ad esempio, di elaborare direttamente le misure di riflettanza oltre a fornire gli NDVI e produrre immediatamente le mappe di vigore grazie al *software* installato nel sensore.

Oltre che come monitoraggio i droni sono stati impiegati direttamente nella lotta integrata contro la piralide del mais. Effettuando voli programmati, il drone distribuisce ovuli di cellulosa contenenti il parassita della piralide (*Trichogramma brassicae*), le cui larve depositate all'interno dell'uovo della piralide traggono nutrimento dallo stesso.

Il volo dei droni può avvenire secondo tre diverse configurazioni: manuale, semiautomatico e automatico. Nel primo caso la navigazione è radiocomandata da un operatore a terra. Nella navigazione semiautomatica è possibile utilizzare come ausilio per l'operatore il localizzatore satellitare integrato. La navigazione automatica invece, si basa su un ricevitore GPS, una bussola e uno o più giroscopi, e si attua realizzando un piano di volo impostando su un sistema cartografico i punti GPS che si vuole fare raggiungere dal drone.

L'impiego dei droni è regolamentato e richiede una serie di obblighi, quali: l'attestato di pilota di droni; il riconoscimento da parte dell'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile); il certificato medico di idoneità; l'assicurazione.

Non mancano però operatori specializzati a cui rivolgersi per potersi servire di questo mezzo a seconda delle specifiche finalità. Infatti sotto la spinta di un utilizzo crescente, negli ultimi anni sono sorte in Italia diverse aziende che hanno sviluppato soluzioni interessanti sotto il profilo professionale. Si stima che l'attuale mercato nazionale dei droni valga 350 milioni di euro con un *trend* in continua crescita.

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

L'innovazione portata nel settore delle macchine agricole può dunque consentire, insieme alla crescita della produttività e al miglioramento della qualità del lavoro, un significativo contributo alla riduzione dell'impatto ambientale del settore primario.

Non si può però non rilevare che le macchine e le tecnologie avanzate comportano investimenti di un certo impegno, spesso non alla portata di molte aziende agricole a causa della loro ridotta dimensione. Sono infatti i contoterzisti quelli che più si avvalgono di queste innovazioni. Deriva da ciò l'esigenza di una politica agricola mirata a favorire la messa in rete delle aziende di un dato territorio, al fine di aumentarne le possibilità di innovazione e di crescita.

RIASSUNTO

Gli alti livelli di meccanizzazione agricola richiedono la ricerca di soluzioni che possano consentire la protezione dell'ambiente.

La relazione analizza le migliori soluzioni offerte dalle nuove tecnologie applicabili nei paesi avanzati.

ABSTRACT

In the intensive agricultural mechanization there is a need to find solutions that could lead towards environmental protection.

The report analyze the greatest solutions about new technologies adaptable to developing country.