

GIUSEPPE PELLIZZI

SULL'EVOLUZIONE
DELLA MECCANIZZAZIONE AGRICOLA
IN ITALIA NEL XX SECOLO

I. *Le origini*

Dopo secoli nel corso dei quali i processi agricoli sono rimasti praticamente inalterati¹, l'acquisizione, nell'Ottocento, di nuove conoscenze di tipo essenzialmente agronomico, chimico e microbiologico, ha portato progressivamente a una nuova agricoltura, via via più produttiva. In questo processo innovativo ha giocato un ruolo crescente – pur se inizialmente marginale – anche la meccanizzazione agricola. Essa, infatti – specie a causa dell'elevata presenza di lavoro nonché delle condizioni strutturali e produttive nazionali basate essenzialmente su piccole aziende a conduzione mezzadrile – si è sviluppata solo molti anni dopo. La situazione all'inizio del Novecento era, in pratica, basata sul *lavoro manuale* e sulla *trazione animale*. Quest'ultima era utilizzata – in aziende fondate su antichi equilibri produttivi, tecnici e sociali molto solidi² – per le operazioni di lavorazione del terreno e per i trasporti, nonché per lo svolgimento, a livello aziendale, di alcune pratiche post-raccolta. Queste, in particolare, riguardavano la trebbiatura e la selezione dei cereali e di altre colture da seme. Le premesse allo sviluppo della meccanizzazione, tuttavia, c'erano già tutte, o quasi. Esse risaliva-

¹ Per una più estesa trattazione dell'argomento si veda: G. PELLIZZI, *Lo sviluppo tecnologico e la meccanizzazione*, Rapporto di fine Secolo, Soc. Italiana Agricoltori (in stampa).

² G. AMADEI, *Dall'agricoltura tradizionale al sistema agro industriale, 50 anni di Meccanizzazione Agricola*, Roma, 1995.

no, anzitutto, all'inventiva di alcuni illuminati agricoltori fra i quali spicca Cosimo Ridolfi³ che promosse, già nel 1824, la costruzione del moderno aratro a versoio. In metallo, ovviamente a trazione animale, era stato pensato per aumentare la produttività del lavoro umano con le vanghe, specie nei pesanti terreni della Toscana. Tale attrezzo, poi, venne da lui perfezionato qualche anno dopo, unitamente alla realizzazione degli aratri voltaorecchio⁴, insieme al Lambruschini. Altre invenzioni verificatesi attorno alla metà dell'Ottocento, riguardano macchine operatrici diverse quali: seminatrici, falciatrici, spandiconcime, mietilegatrici, le prime macchine per l'escavo di tuberi e radici, e trebbiatrici. Contemporaneamente, ma slegati dal contesto agricolo, nascevano i primi motori a combustione interna (nel 1853, quelli ad accensione per scintilla, opera di Barsanti e Matteucci, poi perfezionati, attorno al 1875, da N.A. Otto; quasi venti anni più tardi – attorno al 1893 – quelli ad accensione per compressione, merito di R. Diesel) come futura alternativa agli esistenti motori esotermici a vapore. Infatti, mentre le operazioni di campo si svolgevano con la trazione animale, quelle a punto fisso si stavano evolvendo verso l'uso di motori esotermici collegati alle operatrici mediante lunghe trasmissioni a cinghia. Essi diedero origine anche alle locomobili utilizzate, in campo, soprattutto – dato il loro grande peso – a punto fisso, per l'aratura cosiddetta funicolare.

Secondo le poche informazioni del tempo⁵ risulta, alla fine del secolo scorso, un panorama in termini di meccanizzazione, per così dire, desolante. Erano presenti su tutto il territorio nazionale solo poche decine di locomobili nonostante il motivato interesse suscitato da vari concorsi, con prove di campo, promossi specie nell'ultimo ventennio del XIX secolo. L'energia elettrica nelle aziende, poi, era in pratica sconosciuta, anche se già si iniziava a parlare di

³ C. RIDOLFI, *Di un nuovo coltro*, «Atti Accademia dei Georgofili», tomo V, Firenze, 1824.

⁴ L.L. FARINA, *Origini, sviluppi ed evoluzione della meccanizzazione agricola*, «Atti Accademia dei Georgofili», vol. 132°, Firenze, 1956.

⁵ AA.VV., *Statistica della forza motrice impiegata nell'agricoltura e nella Industria del Regno al 1° gennaio 1899*, Roma, 1900.

trazione elettrica⁶ applicata, appunto, all'aratura. Al contempo, però, nelle università già si tenevano corsi di meccanica agraria e comparivano i primi testi di settore come il prezioso manuale di M. Castelli⁷ dato alle stampe nel 1903. In esso sono presentate tutte le macchine motrici e operatrici già esistenti soprattutto all'estero: dalle ruote e turbine idrauliche, ai motori termici; dalle locomobili ai motori a vento; dalle macchine per la lavorazione del terreno, la semina e la distribuzione dei fertilizzanti, a quelle per la foraggicoltura; dalle mietilegatrici alle attrezzature per la raccolta di tuberi e radici, sino alle trebbiatrici, agli sgranatoi, alle selezionatrici di semi, infine alle macchine per la preparazione degli alimenti animali. Una panoramica, ampia e piuttosto completa, che ritroveremo molto simile alla fine degli anni Quaranta. Le macchine, in ogni caso, erano studiate per le aree di pianura e le colture erbacee di pieno campo. Una dimostrazione ulteriore del fermento esistente è data dai principali concorsi – nazionali e internazionali – meccanico-agricoli svoltisi in Italia in quest'ultimo periodo dello scorso secolo: Torino, su macchine per la lavorazione del terreno, 1884; Pesaro, su macchine trebbiatrici, 1885; Lodi, su macchine per la raccolta di foraggi e cereali, 1891; Foggia, su macchine per la lavorazione del terreno e la semina, 1894; ancora Lodi, sulla trebbiatura dei cereali, 1901 e così via. Ad essi, poi, ne seguirono molti altri, in questo secolo, promossi soprattutto dalle varie Accademie e Società di Agricoltura. Fra questi ci si limita a ricordare – a titolo puramente esemplificativo – i concorsi promossi dalla Soc. Agraria di Lombardia⁸: nel 1907, su seminatrici di mais e riso; nel 1908, su spandiconcime; nel 1912 sulle applicazioni elettriche. Ad essi fa seguito, nel 1913, il più noto concorso di motoaratura svoltosi in provincia di Parma con una grande partecipazione di pubblico. Queste manifestazioni periodiche vennero poi riprese dopo la pausa dovuta alla prima guerra mondiale e andarono sviluppandosi in tutto questo secolo (ad es. Ferrara nel 1926 e Grosseto nel 1927 sui trattori)⁹,

⁶ G. MARTINEZ, *La trazione elettrica*, Milano, 1894.

⁷ M. CASTELLI, *Macchine Agricole*, Milano, 1903.

⁸ E. CANTÙ, *La società Agraria di Lombardia: la storia e l'anima*, Pavia, 1998.

⁹ G. STEFANELLI, *Indirizzi e studi sulle trattatrici agricole*, «Atti Accademia dei Georgofili», Firenze, 1944.

pur modificandosi come organizzazione e tematiche svolte. Vanno, infine, ricordate le prove di campo organizzate sino alla fine degli anni Trenta dalla Fiera di Verona (che, dal 1938, diede vita al salone delle macchine agricole) e, dopo la guerra, le giornate di meccanizzazione collinare di Pesaro (a frequenza biennale) intercalate con quelle di Ozzano Emilia, promosse dall'Istituto di Meccanica Agraria (ora Dip. di Economia e Ingegneria Agrarie) dell'Università di Bologna in collaborazione con l'UMA. Successivamente, le manifestazioni UNACOMA come le varie "EIMA in campo" svolte su diverse realtà territoriali e produttive.

Ma l'Italia, ancora all'inizio di questo secolo, era essenzialmente dipendente dall'estero per quanto attiene l'acquisizione di tecnologie meccanico-agricole. Pochissime, infatti, erano le ditte costruttrici (spesso poco più che artigianali) e al contempo importatrici e miglioratrici delle tecnologie stesse. La maggioranza di esse – originaria delle regioni del Nord Italia, con preferenza per l'Emilia-Romagna e la Lombardia, anche se non mancavano alcune realtà nell'Italia centrale – ha cessato da tempo l'attività e si contano ormai sulle dita quelle sviluppatesi e tuttora presenti sul mercato nazionale e internazionale. L'origine di queste ultime è essenzialmente da ricercarsi nell'attività di importazione alla quale ha fatto seguito l'esigenza di adattamento dei modelli importati alle specifiche necessità dell'agricoltura nazionale in funzione delle produzioni e delle condizioni pedologiche, orografiche e climatiche proprie delle varie aree. Quindi, la costruzione diretta di modelli adatti alle necessità locali. Ciò, in particolare, è avvenuto – per citare qualche esempio – nel settore degli aratri (Dondi, 1850; Nardi, 1895; Scalmana, subito dopo il 1900), delle trebbiatrici a punto fisso (Tonutti e Feraboli) e degli sgranatoi di mais (Fenario). In parallelo, poi, attorno al 1890, iniziava, per merito di G. Landini, la costruzione dei primi motori a testa calda. Landini¹⁰ poco più tardi diede inizio a una fiorente attività nel campo trattoristico. Per mantenerci sempre nella esemplificazione, Feraboli – che iniziò a Cremona a importare trebbiatrici nel

¹⁰ G.L. BASINI, *L'industrializzazione di una provincia contadina*, Milano, 1995.

1890 dall'Inghilterra – aveva posto sul mercato italiano, all'inizio del secolo, cinquantadue di queste macchine. La ditta, poi, cominciò (a partire dal 1904) a realizzare modelli nazionali allargandosi anche ad altri comparti quali quelli delle attrezzature per la stalla e degli impianti per l'irrigazione. Dal 1912, quindi, iniziò a produrre sgranatrici per mais, poi presse imballatrici da paglia, trasportatori a catena e così via. Il tutto partendo con piccole produzioni annue. Così, pure, Tonutti iniziò, in provincia di Brescia, la sua attività artigianale attorno al 1860. Tale attività si estese, a partire dal 1900, alla costruzione di aratri a trazione animale, seguita dalla realizzazione di macchine per i lavori complementari del terreno, di sgranatrici e trebbiatrici per frumento e mais, di carri agricoli ecc. Altre ditte, invece, sono più recenti, ma si sono formate sempre svolgendo attività iniziale di importazione e gestione di macchine operatrici (in particolare, di trebbiatrici), sino a divenire industrie vere e proprie alla fine del secondo conflitto mondiale. Ciò anche nel Sud Italia ove – ad esempio – Cicoria iniziò la propria attività nel 1927, dopo aver importato e gestito per alcuni anni trebbiatrici destinate al tavoliere pugliese. In Romagna, invece, Gallignani cominciò la sua attività nel 1922 assemblando operatrici straniere, mentre in Lombardia, Castoldi diede vita alla produzione di motofalciatrici, con la *BCS*, nel 1942. Dal 1928, poi, sempre per continuare nella esemplificazione, si sviluppò – per merito di Slanzi e Lombardini – la fabbricazione di motori endotermici, evolutasi nel tempo sino all'ampia e articolata produzione attuale. Giorno dopo giorno, così, maturavano i problemi e si sviluppavano le esigenze. Si continuò ancora per alcuni anni nella fabbricazione delle macchine di Ceresa Costa per l'aratura funicolare (aratri a bilancere e locomobili) sino a che, nel 1911¹¹, Pavesi-Tolotti e Baroncelli proposero i loro primi trattori. Ad essi seguirono: *Fiat*, che presentò un primo modello nel 1918 e che passò alla realizzazione industriale dei trattori nel 1928; *Bubba* (che, dopo la costruzione nel 1896 di una sgusciatrice, passò nel 1921 alla costruzione di trattori); Landini, con la sua produzione di trattori dotati di motori a testa calda negli anni '28-'30; *SAME* che iniziò nel 1927 col primo trattore dotato di motore diesel ecc. È, comunque,

¹¹ G. MAGNANINI, *Storia della trattoria italiana*, Reggiolo (RE), 1987.

dalla fine degli anni Venti¹² che può parlarsi di inizio, lento e graduale, dello sviluppo della meccanizzazione e della motorizzazione italiane. Questo sviluppo – frenato da seri motivi socio-economici e strutturali – esploderà solo all'inizio degli anni Cinquanta quando l'esodo degli addetti agricoli – in conseguenza della crescita economica del paese – imporrà l'uso di macchine atte a sopperire, con un forte incremento di produttività del lavoro, alla carenza di manodopera. Allo sviluppo numerico della meccanizzazione, ha fatto fronte anche una analoga, graduale evoluzione delle operazioni agricole svolte meccanicamente. Queste, che inizialmente si riferivano solo alle aree di piano e alle principali colture erbacee, inclusero – una trentina di anni dopo la fine della Seconda Guerra mondiale – le produzioni arboree e orticole, nonché le aree declivi.

Per quantificare con qualche numero, l'agricoltura italiana contava nel 1928, in cifra tonda¹³, 18.000 trattori il 72% dei quali operanti nell'Italia settentrionale. Questi divennero: nel 1932, 28.000 per salire, nel 1935, a 33.000 e, nel 1940, a 42.000. Tale cifra è rimasta – come è ovvio – quasi invariata sino verso la fine di quel decennio. Il parco balzò, poi, a 300.000 unità nel 1960, a 600.000 unità nel 1970, a 1.200.000 nel 1990 e a 1.700.000 unità alla fine del 1997. I trattori nuovi di fabbrica acquistati dagli agricoltori, inoltre, erano¹⁴: 5.600 nel 1950; 14.800 nel 1952 e 25.000 nel 1954. Le macchine operatrici, invece, prodotte e vendute attorno al 1950 in quantità di poco superiori alle 4.000 t/anno, sono giunte alla fine del secolo XX a valori dell'ordine di 250.000 t di manufatti con un aumento, quindi, di circa sessanta volte i valori di cinquanta anni prima. In parallelo, i consumi di combustibile (oggi prevalentemente gasolio, ma cinquanta anni fa soprattutto benzina e petrolio) sono aumentati di venti volte giungendo a cinque milioni di tonnellate equivalenti di petrolio all'anno. Ciò mentre la superficie agraria coltivata andava, in pari tempo, quasi dimezzando-

¹² L.L. FARINA, *Origini, sviluppi ed evoluzione della meccanizzazione agricola*, cit.

¹³ G. STEFANELLI, *Indirizzi e studi sulle trattatrici agricole*, cit.; UMA, *Quarant'anni di motorizzazione agricola in Italia*, Roma, 1987; M. ZOLI, M. VIERI, *Le macchine agricole*, *Storia del XX secolo*, parte III, Ist. Enciclopedia Italiana, Roma, 1996.

¹⁴ L.L. FARINA, *Origini, sviluppi ed evoluzione della meccanizzazione agricola*, cit.

si, sino a ridursi a poco più di dodici milioni di ettari e la popolazione attiva diminuiva di oltre cinque volte. Di conseguenza, la densità trattoristica, pari, alla fine degli anni Quaranta, a 1 macchina ogni 670 ha e 235 addetti, cresceva a 1 trattore ogni 77 ha e 25 addetti nel 1960; 1 trattore ogni 6-7 ha e 1-1,2 addetti alla fine del 1997. Al contempo, dato il grande aumento della potenza unitaria dei trattori, l'utilizzazione aziendale della potenza stessa si riduceva passando dalle 40-45 h/anno per kW installato, proprie del 1950, alle attuali 8-10 h/anno per kW. Per le macchine operatrici, infine, la densità del parco è passata da 15-16 kg/ha alla fine della Seconda guerra mondiale, agli attuali 380-400 kg/ha, in cifra tonda. Nel nostro paese, ancora cinquanta anni fa la scarsa meccanizzazione esistente era basata, nella grande maggioranza dei casi, essenzialmente su pesanti trattori di bassa potenza dotati, in maggioranza, di motori a testa calda, aratri mono o bivomeri di tipo trainato, erpici, seminatrici universali a righe, trebbiatrici a punto fisso per frumento e riso con annesse imballatrici della paglia, selezionatrici. Macchine, queste, gestite in parte da "trebbiatori" e/o "motoaratori", cioè dai contoterzisti dell'epoca. Poche le falciatrici e le mietitrici. Infatti, i lavori di campagna venivano svolti quasi ovunque manualmente, dalla rottura delle zolle per la preparazione del letto di semina alla raccolta dei foraggi, dei cereali e delle altre produzioni erbacee e arboree, mentre i trasporti erano assicurati da carri a trazione animale. Le motofalciatrici, ad esempio, vennero prodotte, nel 1950, in soli 170 esemplari dalla principale ditta del settore (la *BCS*). La loro produzione, poi, esplose, raggiungendo, dieci anni più tardi, le 154.000 unità all'anno per continuare a salire sino alla fine degli anni Settanta e oltre, diminuendo, quindi, progressivamente sotto l'incalzare dell'esigenza di aumento di produttività del lavoro e di riduzione della fatica degli addetti. La mietitrebbiatrice semovente, infine, vide la sua prima introduzione alla fine degli anni Cinquanta espandendosi poi rapidamente sino a coprire l'intero territorio nazionale nel giro di poco più di un decennio. A conferma di tutto questo, può valere la pena ricordare che quando nel 1945 venne fondata l'*UNACOMA* (cioè l'Unione Nazionale dei Costruttori di Macchine Agricole), le prime ditte associate erano meno di 40. Poche di queste ditte sono oggi sopravvissute, come tali, ma molte altre sono state create. Se si effettua un confronto con la

situazione attuale che vede afferire all'UNACOMA tutte le principali 350 ditte (su un totale stimato – comprese le attività artigianali – di circa 4000 unità) e si estrapola tale dato, si può ritenere che, nel complesso, le aziende meccaniche produttrici di trattori e macchine agricole non superassero, nel '45, le 400 unità di cui la grande maggioranza a livello artigiano. Si era, infatti, in un'Italia che – su circa 26.000.000 di ettari coltivati – contava una popolazione agricola attiva di ordine superiore agli 8 milioni di unità e offriva rese produttive dalla metà a un quinto di quelle attuali. La trattorizzazione, inoltre, era basata, oltre che – come si è detto – su poche decine di migliaia di unità, su potenze unitarie così basse che, oggi, non incontrerebbero alcuna prospettiva di mercato.

Una visione sintetica dell'evoluzione della meccanizzazione in questo secolo si può dedurre dalla valutazione della produttività media del lavoro per lo svolgimento delle diverse operazioni nel corso degli anni. Mentre agli inizi del secolo le operazioni precedenti la raccolta di colture erbacee richiedevano mediamente da 250 a 350 ulh/ha all'anno (unità lavorative • ora/ettaro), questi tempi si riducevano a 60-80 ulh/ha alla metà del secolo (con un aumento medio di produttività, quindi, di 3-4 volte) per diminuire ulteriormente a 8-12 ulh/ha alla fine del millennio con un aumento medio di produttività, di 15-20 volte rispetto al 1900 e di 6-8 volte rispetto agli anni Cinquanta. Le operazioni, invece, di raccolta e post-raccolta presentavano, rispettivamente, i seguenti valori medi: per le colture cerealicole e bieticole, 150-200 ulh/ha, agli inizi del secolo, per ridursi a 70-80 ulh/ha negli anni Cinquanta; per colture tipo pomodoro, cipolla, cavolfiore ecc. da 400 a 700 ulh/ha agli inizi del secolo, per scendere a 350-500 ulh/ha negli anni Cinquanta e a 15-20 attualmente. Si sono avuti, quindi, aumenti di produttività, rispettivamente di 1,5-2 e di 20-25 volte, in cifra tonda. Segno, questo, del grave ritardo col quale si è sviluppata, per queste ultime colture, la meccanizzazione della raccolta e delle operazioni aziendali post-raccolta. Tale sviluppo, infatti (tuttora marginale in molti casi), si è verificato, in pratica, in questi ultimi trent'anni, cioè a partire dal 1970. Stesso discorso, infine, può farsi per le colture arboree le cui operazioni di potatura e di raccolta si sono evolute meccanicamente solo in questo ultimo trentennio e sono tuttora ben

lungi dall'interessare l'intero territorio. Analogamente si può dire a proposito della meccanizzazione degli allevamenti bovini, meccanizzazione sviluppatasi in questi ultimi 35-40 anni.

2. *Scopi della meccanizzazione*

Ancora agli inizi del Novecento – come già si è accennato – erano richieste molte centinaia di ore di lavoro umano per ettaro, di cui circa la metà per la preparazione del letto di semina. Benché il lavoro svolto a mano fosse in gran parte massacrante – si pensi solo, a esempio, ai lavori di falciatura specie dello strame e di mietitura dei cereali svolti nel pieno dell'estate – la paura di perdere il posto di lavoro fu molto spesso tale da far sì che gli addetti si opponessero all'uso di macchine, anche quelle più semplici. Ad esempio, l'aratro a trazione animale, di per sé, fu in grado di aumentare di 10-12 volte la produttività del lavoro umano, rispetto alla vangatura manuale. L'introduzione del trattore, invece portò a ridurre, con aratro monovomere, a poco più di 12-15 ulh/ha il tempo impiegato per la lavorazione del terreno, con un ulteriore aumento di produttività di 4 volte, sino a pervenire ai valori attuali, con aratri polivomeri, di 1-3 ulh/ha corrispondenti a un ulteriore aumento di produttività di 4 volte. Analogamente, la mietilegatrice giunse a moltiplicare di 15 volte circa la produttività del lavoro dell'uomo. Può, quindi, sostenersi che la meccanizzazione, nata più di un secolo fa, si sviluppò – dapprima molto lentamente, poi, dal 1950 in avanti, tumultuosamente – sotto l'esigenza crescente dell'aumento di produttività del lavoro umano sempre più costoso e sempre meno presente. Solo più tardi – in Italia, con inizio attorno agli anni Sessanta – si mirò anche ad altri obiettivi da raggiungere relativi: alla riduzione della fatica e all'aumento del confort e della sicurezza del lavoratore; al miglioramento della qualità del lavoro; alla diminuzione dei costi di produzione; al rispetto dell'ambiente ecc. In quegli anni immediatamente seguenti la Seconda Guerra mondiale, la ricerca pubblica svolgeva – come in precedenza – una attività di supporto alla produzione, finalizzata essenzialmente ad accertare il comportamento delle varie macchine in campo. Ci si occupava, cioè – a parte qualche attività, che pure non mancava, di tipo avve-

niristico – di studiare le macchine e le loro componenti per valutarne e migliorarne le prestazioni funzionali, con qualche attenzione per i materiali impiegati. Il che era indispensabile se si pensa a quanti “fallimenti” si riscontrarono, per cedimenti strutturali o inappropriate scelte dei materiali da parte delle ditte costruttrici. Gli agricoltori, dal canto loro, erano pure spesso assai sprovvoluti nella scelta, conduzione e manutenzione delle macchine; il cambio dell’olio del motore, ad esempio, era pratica considerata insolita e che, come tale, veniva quasi ignorata. Inoltre, non si parlava di nuovi processi di lavorazione del terreno; non erano avvertiti i problemi ambientali così come quelli legati al confort e alla sicurezza degli addetti. La macchina era un “male necessario” imposto dall’esigenza di aumentare la produttività del lavoro facendo fronte all’esodo e di ridurre la grande fatica degli operai sui campi. Da lei, pur “non capendola” appieno, ci si aspettava tutto!

È solo verso la fine degli anni Sessanta che si cominciò ad avvertire l’esigenza di studiare e risolvere altri problemi. Si introdusse, così, e poi si sviluppò il concetto di meccanizzazione. Esso era basato sulla definizione di una metodologia relativa a come valutare e scegliere razionalmente macchine, o catene di esse, in funzione delle esigenze operative ed economiche aziendali¹⁵ in base a criteri di tempestività e di rispetto dei tempi utili per lo svolgimento dei vari interventi. Al contempo, si cominciò a studiare come ottimizzare il rapporto trattore/operatrice; si mutuarono dal comparto industriale i primi concetti di moderna gestione e razionale organizzazione delle aziende e dei parchi macchine (oggi gestiti mediante rispondenti e validi modelli informatici). Ad essi si accompagnarono gli studi sull’appropriatezza dei pneumatici alle varie condizioni pedologiche. Studi che sfociarono nella individuazione di soluzioni a bassa pressione oltre che nella realizzazione – con diffusione tuttora marginale – dei cingoli di gomma e dei “trattori a carreggiata larga”. Ad essi si accompagnarono gli studi ergonomici sull’ottimizzazione del posto di guida e la sua confortevolezza, e quelli di sicurezza con l’introduzione dei telai (o cabine) di protezione; gli studi

¹⁵ G. PELLIZZI, *Meccanica e Meccanizzazione Agricola*, Bologna, 1996.

energetici; successivamente, gli studi per la definizione di modelli informatici per la gestione di problemi strategici, direttivi e operativi nella scelta della meccanizzazione agricola e nella sua gestione ottimale. Tutto questo, che ha impegnato il periodo dalla fine degli anni Sessanta sino a tutti gli anni Ottanta, è stato un grande e fruttuoso passo avanti. Esso ha portato alla moderna e attuale meccanizzazione – utilizzata su strutture progressivamente adattate, con triplicazione media della dimensione dei campi – evolutasi anche a seguito dello sviluppo dei “contoterzisti” e delle loro esigenze. Al contempo, si sono aperti i problemi dell’ottimizzazione dell’accoppiamento (anche anteriore) motrice/operatrice; dell’uso degli azionamenti idraulici; dell’introduzione dell’elettronica a controllo attivo e della sensoristica e così via. Ciò, mentre sono andati modificandosi anche alcuni dei principali processi agricoli.

Il trattore, nato e concepito eminentemente per sviluppare forza di trazione, è andato, così, allargando la sua funzione. Esso, infatti, provvede oggi a sviluppare potenza anche sotto forma di coppia a un albero ruotante e di energia di pressione idraulica. Il tutto a servizio delle varie macchine operatrici e delle funzioni che ciascuna di esse è chiamata a svolgere. Inoltre ha aumentato, negli anni, la sua utilizzazione di macchina motrice per i trasporti su strade pubbliche, creando, conseguentemente, l’esigenza di introdurre (ma siamo solo agli inizi) appropriati sistemi di sospensione e di frenatura anche in funzione dell’aumento consentito delle velocità massime; è stata progressivamente dotata di sistemi elettronici di controllo per l’ottimizzazione funzionale in rapporto alle esigenze delle macchine operative cui veniva accoppiata. Analogamente può dirsi per la crescente e recente introduzione di macchine semoventi, a operazioni riunite e dotate di sistemi elettronici di controllo, per la raccolta integrale delle varie colture. A cominciare dalle mietitrebbiatrici per cereali, per continuare, poi, con le scava-raccogliatrici a operazioni riunite di bietole e patate; le vendemmiatrici e, nel prossimo futuro, i nuovi modelli per la raccolta meccanica delle produzioni ortive e l’introduzione di sistemi robotizzati per operazioni sia di campo, sia nelle stalle a servizio della mungitura bovina e ovi-caprina. Si pensi, poi, all’evoluzione in corso nel processo di lavorazione del terreno ai fini della preparazione del letto di semina e alla progres-

siva introduzione di macchine combinate in grado, con una sola passata in campo, di lavorare il terreno, fertilizzarlo, trattarlo con erbicidi e seminarlo. Tutto questo – ma gli esempi potrebbero continuare – è certamente il frutto dell'evoluzione delle conoscenze tecnologiche e delle esigenze tecniche e socio-economiche dell'agricoltura. Evoluzione che ha portato alla progressiva introduzione delle successive innovazioni nel comparto meccanico-agricolo. A ciò è da aggiungere il portato dell'evoluzione del pensiero scientifico e delle conoscenze sui sistemi di coltivazione, nonché degli avanzamenti nel miglioramento genetico, che hanno inciso fortemente sui modi di svolgimento delle varie pratiche agricole. È, in pratica, dalla fine degli anni Cinquanta¹⁶ che, ad esempio, ci si è messi a studiare le implicazioni del lavoro meccanico sulla qualità dei prodotti raccolti, nonché delle esigenze specifiche e delle caratteristiche tecniche delle macchine in rapporto, in particolare, alla contemporaneità di maturazione delle diverse *cultivar* e alla loro resistenza ai maltrattamenti esterni. Successivo, poi, è l'aprirsi del comparto delle operazioni post-raccolta sui prodotti freschi alla meccanizzazione. Tale strada continua tuttora, restando ancora molto da fare su talune colture, ortive in particolare. Lo stesso può dirsi per quanto attiene le produzioni arboree in termini di sistemi di allevamento adatti alla meccanizzazione della potatura e, segnatamente, della raccolta onde ottimizzare le rese delle stesse. Altro esempio riguarda il già citato problema della preparazione del letto di semina combinato – o meno – con la semina stessa da attuare secondo schemi operativi totalmente modificati, da 10-15 anni a questa parte, rispetto ai classici modelli che da sempre avevano informato il settore e sono tuttora assai diffusi. L'assenza o la drastica riduzione della lavorazione del terreno, in particolare, sono state una vera e propria rivoluzione, allo stato ancora ben lungi da una generalizzata adozione. Essa ha portato a ridurre i costi, ad aumentare la produttività del lavoro, a proteggere il terreno e a migliorare il confort e la sicurezza degli addetti. Così si può dire per la distribuzione dei fitofarmaci con macchine atte a ridurre i consumi e proteggere l'ambiente dall'inquinamento, operando solo ove esiste la coltura in atto, senza ril-

¹⁶ D. MOJA, *Aspetti genetici della meccanica agraria*, «Sementi Elette», 3, 1956.

sciare residui nocivi sul terreno. Analogamente può dirsi per lo spandimento dei fertilizzanti (organici e minerali), nonché per la diminuzione del compattamento del terreno a tutto vantaggio dell'ambiente e della riduzione dei costi. Questi pochi e succinti esempi vogliono solo richiamare l'attenzione su come gli obiettivi (sociali, economici e tecnici) della meccanizzazione agricola siano andati modificandosi nel tempo, ampliandosi col passare degli anni in rapporto all'evoluzione del settore agricolo e delle sue esigenze.

3. *L'evoluzione delle macchine nei primi 50 anni*

Nonostante la accennata scarsità di macchine presenti nei primi cinquanta anni di questo secolo, il panorama meccanico agricolo era – già agli inizi del Novecento – ampio e diversificato. Infatti, si conoscevano, oltre ai motori animati¹⁷, motori idraulici ed eolici; motori termici; macchine per la lavorazione del terreno (aratri, erpici, rulli, ripuntatori); macchine per la semina, lo spandimento dei fertilizzanti, la rincalzatura e la sarchiatura delle colture in atto; macchine falciatrici e da raccolta dei foraggi, dei cereali, di tuberi e radici; macchine, infine, per la lavorazione a punto fisso dei prodotti come: le trebbiatrici, gli sgranatoi, le selezionatrici, le presse-imbaltatrici; le macchine per la preparazione degli alimenti zootecnici (trinciaforaggi, frangigrano, frangipanelli ecc.). Un panorama, quindi, sufficientemente ampio che, agli inizi del secolo, era essenzialmente di importazione. A fronte di tali proposte, lo sviluppo produttivo è stato – nella prima metà di questo secolo – lento e quasi insignificante. Tuttavia, le macchine proposte all'inizio del Novecento si presentavano assai simili a quelle offerte subito dopo la fine della Seconda Guerra mondiale.

Motori endotermici

In questo comparto, i modelli a testa calda consistevano in monocilindri dotati anteriormente di una calotta in ghisa (la testa calda, appunto) che veniva riscaldata da una fiamma esterna prima del-

¹⁷ M. CASTELLI, *Macchine Agricole*, cit.

l'avviamento del motore al fine di favorire la vaporizzazione del combustibile. Con velocità di rotazione, in genere, non superiore ai 300 giri/min. (che, alla fine degli anni Venti, crebbero a 500-600 giri/min), esprimevano una potenza per unità di cilindrata dell'ordine di 0,5-0,6 kW/dm³, offrendo rendimenti non superiori al 15%. Solo verso gli anni Cinquanta un testa calda operava a un regime di 800-900 giri/min, esprimendo una potenza per unità di cilindrata 4-5 volte superiore al valore dianzi ricordato (2-2,5 kW/dm³). Ad essi hanno fatto seguito i motori ad accensione per scintilla che vennero prodotti, in Italia, già a partire dagli anni Dieci. Nel corso degli anni questi motori a ciclo Otto si svilupparono notevolmente: nel 1920 erano montati, sui trattori Pavesi P4, motori a 4 cilindri in linea, ruotanti a 700 giri/min e sviluppati 12 kW di potenza massima, mentre alcuni esemplari già raggiungevano i 40 kW. Il rendimento era salito, così, al 18%. Alla fine degli anni '20, infine, ebbe inizio l'era dei motori a ciclo diesel il primo dei quali progettato dall'ing. F. Cassani nel 1927 e destinato ad essere montato, in primis, sui trattori Same.

Trattori

Questi, come si è detto, hanno iniziato a essere prodotti, in Italia, all'inizio del secolo ma, in termini industriali, solo dalla fine degli anni Venti. Si trattava di modelli pesanti, di bassa potenza, con modesti rendimenti, dotati di ruote metalliche sulle quali si montavano i primi organi di aggrappamento pure in metallo, oppure di cingolature. Per quanto il mercato fosse assai modesto, ancora alla fine degli anni Quaranta l'importazione superava la produzione nazionale. È della seconda metà degli anni Trenta la prima timida introduzione e sperimentazione¹⁸ di ruote gommate pneumatiche che poi si espansero dopo gli anni Cinquanta. Pure della metà degli anni Trenta è l'introduzione, da parte di *Ferguson*, del sollevatore idraulico e dell'attacco a tre punti per consentire l'uso di macchine operatrici portate e con gli organi di lavoro azionati tramite la presa di potenza (p.d.p.). Anche in questo caso, tuttavia, la trattorizza-

¹⁸ N. NERLI, *Cenni sull'evoluzione delle più importanti macchine agricole*, Agricoltura e civiltà delle macchine, Verona, 1967.

zione italiana utilizzò l'indispensabile componente solo a partire dagli anni Sessanta. Il trattore allora era pensato e progettato ai soli fini di trazione, in maniera essenziale e con scarsa o nulla attenzione agli aspetti ergonomici e di sicurezza.

Macchine per la lavorazione del terreno

Nel 1903 il Castelli¹⁹ già trattò ampiamente degli *aratri rovesciatori* mono e polivomeri. Gli aratri semplici, leggeri e di basso costo con bure e stegole di legno, richiedevano la partecipazione attiva e continua dell'operaio che ne regolava la profondità agendo sulle stegole medesime. Gli aratri ad avantreno, invece, erano portati da una coppia di ruote anteriori, la destra delle quali viaggiava sul fondo del solco. Era prevista una regolazione della profondità e della larghezza di lavoro giocando sul movimento, in orizzontale e in verticale, dell'appoggio della bure al carrello. Il fondamentale punto debole di tali aratri era costituito dai materiali impiegati per gli organi lavoranti, in semplice ferro fucinato con versoi di forma non standardizzata, a sentimento del costruttore. Un passo avanti fu poi costituito dagli aratri a telaio rigido dotati di: carrello a due ruote, terza ruota posteriore di regolazione, coltro a disco e dispositivo di regolazione meccanica governata da apposite leve. Con criteri simili erano, poi, realizzati gli aratri bivomeri e quelli doppi. Tali modelli, già costruiti in Italia agli inizi del secolo, vennero riproposti – coi dovuti miglioramenti – quaranta anni più tardi. A parte i materiali impiegati, se si confronta il disegno di questi aratri, specie a telaio rigido, con quello di modelli presenti nell'agricoltura dalla fine degli anni Venti a tutti gli anni Quaranta, a trazione animale e meccanica, si può constatare come l'evoluzione sia stata lenta e, nel complesso, apparentemente modesta. Il principale avanzamento, forse, è da individuarsi nell'uso di materiali più appropriati quali l'acciaio temperato (solo dopo gli anni '45-'50 si parlerà di acciaio "triplex": tre strati di cui i due esterni duri e l'interno in acciaio dolce); nella regolarità e standardizzazione di forma del versoio (tendenzialmente elicoidale), del vomere e del coltro; nella maggior completezza e semplicità dei comandi di regolazione meccanica del-

¹⁹ M. CASTELLI, *Macchine Agricole*, cit.

la larghezza e della profondità di lavoro. Lo stesso può dirsi per quanto attiene i *coltivatori*, gli *erpici* a denti rigidi, gli *estirpatori*, i *rincalzatori*, infine, i *rulli*. Tutte macchine, queste, già individuate e realizzate dalle solite poche ditte all'inizio del Novecento con caratteristiche funzionali – a parte, come sempre, i materiali – analoghe a quelle dei modelli che l'agricoltura italiana impiegava alla fine degli anni Quaranta. Ciò che, invece, non ebbe seguito se non alcuni decenni dopo, era la realizzazione, agli inizi del secolo, delle *zappatrici*²⁰, all'epoca chiamate fresatrici con denti elastici. Queste, introdotte da *von Meyenburg*, vennero poi abbandonate e riprese negli anni Cinquanta quando la produzione degli acciai al silicio-manganese consentì la realizzazione di organi lavoranti non fragili e resistenti all'usura. Tali operatrici vennero applicate, agli inizi degli anni Cinquanta, prevalentemente ai nuovi motocoltivatori.

Macchine per la semina

Già all'inizio del secolo, queste macchine, del tipo a righe, erano dotate di organi di distribuzione a tazze, o a cilindri scanalati, o a dischi ad asse orizzontale, con possibilità di distribuzione forzata del seme. Tali seminatrici presentavano larghezze di lavoro sino a 2,80 m con capacità di carico di circa 30 dm³ per metro lineare di tale larghezza. A trazione animale, erano in grado di seminare, mediamente, 2-2,5 ha al giorno per metro di larghezza di lavoro. Ad esse si affiancavano le seminatrici a cespi e quelle alla volata. A parte il già accennato problema di progressiva introduzione di materiali migliori, si trovano modelli del tutto simili a questi, proposti negli anni '45-'50.

Macchine per la distribuzione dei fertilizzanti

Gli spandiliquame già allora erano proposti in modelli con distribuzione pneumatica o, in alternativa, a noria. Analogamente può dirsi per gli *spandiletame* proposti con modelli simili a quelli poi realizzati dai nostri costruttori alla fine degli anni Quaranta. Unica innovazione incrementale era dovuta al fatto che mentre agli inizi

²⁰ M. PITANZA, *Dalla zappa alla zappatrice*, in *L'industria della meccanica agraria italiana: origini e sviluppi* (Atti del Convegno), Roma, 1994.

del Novecento gli organi distributori derivavano il moto dalle ruote portanti della macchina, nel dopoguerra iniziò la tendenza a derivare il movimento dalla presa di potenza del trattore cui venivano accoppiati. Gli *spandiconcime* per fertilizzanti minerali, invece, erano presenti nella versione a spandimento diretto.

Macchine per la foraggicoltura

Una macchina già affermata a inizio secolo era costituita dalla *falciatrice* a semplice lama oscillante con larghezza di lavoro sino a 2 m, pur venendo preferiti modelli con larghezza massima di 1,35 m, se accoppiati ad attiragli di due cavalli. Capacità di lavoro sino a 4 ha/giorno. Lo schema di una falciatrice a trazione animale offerta sul mercato alla fine degli anni Quaranta rispecchia bene le caratteristiche dei modelli originali. Nel 1927, poi, cominciarono ad apparire le *motofalciatrici*²¹, il cui mercato esplose alla fine degli anni Cinquanta. Ma fra la macchina del 1927 e quella proposta da Castoldi nel 1942 la differenza – nel suo disegno complessivo – appare limitata, ancorché notevoli passi avanti fossero stati fatti in termini tecnici e funzionali. Lo stesso può dirsi per gli *spandifieno*, i *voltafieno* e i *rastrelli* assai vicini alle soluzioni di quaranta anni dopo. Tutte le macchine per la foraggicoltura, infine, si limitavano a quei pochi modelli, sempre a trazione animale, di bassa capacità di lavoro e di limitato impiego.

Macchine da raccolta delle produzioni erbacee

Anche macchine più complesse, quali le *mietilegatrici*, erano già proposte sul mercato agricolo del 1900. Si trattava di modelli con larghezza di lavoro sino a 1,50 m. Pure in questo comparto²², mietilegatrici analoghe – pur migliorate – si ritrovano alla fine della Seconda guerra mondiale; esse furono usate ancora, in Italia, per tutti gli anni Sessanta venendo, poi, gradualmente sostituite – tranne che nelle aree a elevata declività – dalle mietitrebbiatrici. Analogo discorso può farsi per le macchine per *l'estrazione di tuberi e radici*, macchine semplici a trazione animale i cui organi escavatori risul-

²¹ A. ALPE, *Motofalciatrici*, in Atti Ist. Sperim. Meccanica Agraria, Milano, 1927.

²² G. PELLIZZI, *Meccanica Agraria*, Bologna, 1962.

tano del tutto simili a quanto prodotto nel periodo a cavallo degli anni '40-'50. All'inizio del secolo, infatti, erano offerti estirpatori di bietole a due denti ma, nella maggioranza dei casi si operava con semplici apparecchi che sollevavano leggermente le radici dal terreno, provvedendosi poi alla loro completa estrazione a mano.

Macchine e attrezzature operanti a punto fisso

In proposito vanno ricordate, anzitutto, le *trebbiatrici* azionate, agli inizi del secolo, mediante locomobili a mezzo di trasmissioni a cinghia. Gli organi di separazione, di selezione e pulitura, di scarico e insaccamento, erano già tutti presenti e rispecchiano, quindi, quanto proposto nell'Italia di mezzo secolo dopo. Lo stesso può dirsi per i dispositivi di protezione degli addetti in fase di alimentazione del prodotto. Tutto questo si ritrova, in pratica, nei modelli prodotti cinquantanni più tardi, incluso l'accoppiamento, a valle, con presse imballatrici della paglia a legatura metallica. Anche qui, ovviamente, con maggiore attenzione alla scelta di materiali migliori e con qualche interessante innovazione nelle trasmissioni interne. Analogo discorso, infine, va fatto per le attrezzature relative alla *cernita dei cereali* (svecciatori ecc.), alla *trinciatura dei foraggi* e alla *preparazione degli alimenti zootecnici*. Dove, invece, si continuava durante tutta la prima metà del secolo con l'esecuzione manuale, era per quanto riguardava le varie operazioni di stalla, dalla mungitura, al governo e alla distribuzione degli alimenti.

4. *L'evoluzione delle macchine negli ultimi cinquanta anni*

Contrariamente a quanto avvenuto nella prima metà del secolo, con gli anni Cinquanta ha avuto inizio la forte evoluzione ed espansione delle macchine agricole (motrici e operatrici) nell'agricoltura nazionale. Macchine che, progressivamente, erano di costruzione nazionale. Mentre, infatti, nel 1950 la commercializzazione dei trattori era coperta, per il 57%, da produzioni straniere, tale rapporto si è rapidamente invertito sino a portarsi già nel 1960 al 79% di prodotti nazionali per poi superare il 90% dal 1980 in avanti e assestarsi su tali valori anche in seguito. La produzione italiana, tuttavia, tendeva a espandersi progressivamente anche all'estero. Nel

1997, l'esportazione nazionale di trattori e macchine agricole raggiungeva 452.000 tonnellate di prodotti di cui il 59% trattori e il 41% macchine operatrici. Il tutto con un saldo attivo della bilancia commerciale di oltre 5.000 miliardi di lire. Tuttavia, i numeri in gioco erano ancora, agli inizi del periodo considerato, piuttosto limitati. Nel 1950 le nuove immatricolazioni di trattori arrivarono solo a poco più di 18.000 unità, mentre la produzione annua di operatrici coprì poco più di 5.000 t di manufatti che aumentarono a quasi 100.000 t già dieci anni più tardi. Con la fine degli anni Cinquanta comparvero le mietitrebbiatrici che già nel 1960 erano presenti in 5.000 esemplari, ammontando, venti anni dopo, a un parco di 47.000 unità in cifra tonda. I motocoltivatori erano poco meno di 3.000 unità, mentre le motozappatrici si contavano in 2.400 unità. I motori endotermici, invece, erano diffusi già in 130.000 esemplari di cui quasi il 90% con ciclo ad accensione per scintilla e con potenza media dell'ordine di 4 kW.

Motori

Nel 1950 si commercializzavano all'anno, per l'agricoltura italiana, poco più di 6.000 *unità*, inizialmente a scoppio, nella gamma di potenza compresa fra 4 e 20 kW e, successivamente, in modelli a 4 tempi a ciclo diesel anche per le piccole potenze. Nel periodo intercorso, inoltre, grandi sono stati i progressi compiuti sui motori endotermici per l'agricoltura grazie sia a un migliorato disegno, sia all'introduzione di nuovi materiali che hanno consentito di aumentare le temperature di combustione, la pressione interna, i rapporti di compressione ecc. Il rapporto potenza per unità di cilindrata che alla fine degli anni Quaranta si aggirava attorno ai 5-6 kW/dm³ si è progressivamente portato verso i 15 kW/dm³ nei motori a ciclo Otto e ai 12 kW/dm³ in quelli a ciclo Diesel per poi salire ancora sino alla soglia attuale, rispettivamente, di 28 e 26 kW/dm³ con quasi una quadruplicazione, quindi, dei valori iniziali. I consumi specifici sono, al contempo, diminuiti sino a giungere agli attuali valori di 230 g/kWh propri dei diesel aspirati. Le innovazioni più interessanti, relativamente recenti, riguardano: la modifica della curva di potenza (più piatta in corrispondenza del regime di rotazione compreso fra il valore di coppia massima e quello di potenza massima); l'introduzione della pompa a iniezione rotativa (più precisa di quel-

la convenzionale a pistoncini multipli) e, soprattutto, l'applicazione del sistema di sovralimentazione in grado di aumentare del 25-30% il rendimento complessivo dei motori, consentendo la costruzione di esemplari più leggeri con minori consumi energetici e più bassa fumosità allo scarico. Altro fondamentale contributo riguarda la diffusione di sistemi elettronici di controllo attivo dell'apparato di alimentazione.

Trattori

Buona parte di detti motori, come è noto, è ora applicata sui trattori che, verso la fine degli anni Cinquanta, si sono decisamente orientati verso una motorizzazione diesel ed equipaggiati di: ruote gommate pneumatiche; sollevatori idraulici; attacco a tre punti; presa di potenza posteriore. In alternativa, venivano prodotti mezzi cingolati. 10-12 erano, alla fine degli anni Cinquanta, le industrie produttrici di trattori, se si escludono i casi di piccole imprese artigianali assemblatrici di uno o due esemplari all'anno. All'inizio, si è trattato di trattori a due ruote motrici con potenza inferiore ai 25 kW all'albero motore, oltre che di un certo numero – mediamente il 10% del parco totale – di modelli a cingoli. Ma già nel 1951 vennero presentati i primi modelli a quattro ruote motrici (isodiametriche o meno) il cui successo sarà crescente nel tempo. Infatti, i trattori 4RM, che nel 1960 rappresentavano il 10% del parco complessivo, coprono ora oltre il 50% del totale. Su 85.000 trattori prodotti e venduti nel 1997, l'80% è a quattro ruote motrici, il 14% a due ruote motrici e il restante 6% a cingoli. Analogamente, è cresciuta la potenza media unitaria. Nei trattori esistenti nel 1960 essa era mediamente pari a 25 kW, mentre nel 1998 essa è risultata di oltre 45 kW, calcolata sul totale del parco, e di circa 57 kW calcolata sulle vendite dell'anno. Le principali innovazioni attuate in questi ultimi dieci lustri nel comparto trattoristico, oltre all'impiego di nuovi materiali, sono individuabili nell'introduzione progressiva, in ordine temporale, di: doppia trazione; prese di potenza a doppio regime; pneumatici a basso rapporto di forma; accoppiamento portante di tipo a rapido aggancio; accoppiamento portante anteriore; guida reversibile; elettronica di controllo attivo e sensoristica a servizio delle trasmissioni, dei collegamenti con le macchine operatrici, del sistema di alimentazione del motore, degli impianti

idraulici ecc.; trasmissioni idrauliche e servo-assistite con cambi a funzionamento sincrono e automatico anche sottocarico; sistema frenante sulle quattro ruote; sospensioni. Tutto ciò, oltre al già accennato progresso relativo a confort e visibilità del posto di guida; riduzione del rumore; sicurezza e introduzione recentissima dei cingoli in gomma atti a garantire, oltre a un basso carico specifico sul terreno, grande versatilità di comportamento a questi mezzi, in campo e su strada. Il tutto ha portato, in pratica, a una nuova macchina capace di sviluppare diverse e molteplici funzioni, con ben più elevate prestazioni di campo, consumi più ridotti, maggiore confort e facilità di guida, disegno più funzionale. Una macchina, quindi, più rispondente alle varie esigenze tecniche ed economiche dell'agricoltura e dell'ampia gamma di macchine operatrici a essa accoppiabili, prodotta in una sempre più ampia gamma di potenze. Ciò anche se, specie per il complicarsi delle trasmissioni, si è andata progressivamente riducendo la parte della potenza sviluppata dal motore, disponibile per le macchine operatrici. Nei più recenti modelli di elevata potenza (sino a 250 kW), infatti, quasi il 50% della potenza stessa viene assorbita dagli organi interni del trattore contro il 25-30%, in media, proprio dei trattori di 10-15 anni fa. Il tutto a scapito (economico) dell'agricoltura. Il trattore attuale, tuttavia, può essere valutato con prestazioni complessive, rispetto a quelle di cinquanta anni addietro, migliori probabilmente, di un fattore 8 e, rispetto ai modelli della fine degli anni Settanta, almeno di un fattore 2. Basta pensare all'effetto positivo offerto dalla doppia trazione e dai pneumatici a basso rapporto di forma, nonché ai vantaggi propri degli accoppiamenti portanti, anche anteriori. A ciò sono da aggiungere: la riduzione dei consumi specifici; i vantaggi operativi offerti dalla guida reversibile, dai cambi – anche automatici – a elevato numero di marce, dall'aumentata velocità di avanzamento, dai controlli elettronici. Tutte queste innovazioni hanno fatto fare enormi passi avanti nella versatilità di conduzione, nella facilità di guida e nella possibilità di economica utilizzazione a servizio dello svolgimento dei processi agricoli.

Macchine per la lavorazione del terreno

Questo comparto è stato caratterizzato, in questi ultimi cinquanta anni, sia da innovazioni sugli aratri, sugli erpici e sulle altre mac-

chine per i lavori complementari, sia dall'introduzione di macchine nuove. Il tutto allo scopo di migliorare l'efficienza delle soluzioni pre-esistenti, consentire lo svolgimento di processi di lavorazione anche fortemente modificati rispetto agli originali e ridurre i costi di svolgimento delle diverse operazioni. Nel caso, in particolare, degli *aratri*, le innovazioni migliorative si sono soprattutto incentrate sulla utilizzazione di nuovi materiali più idonei alla bisogna (dall'acciaio triplex a quello al boro microlegato); su modelli di macchine di tipo portato dal trattore, a larghezza di lavoro variabile, anche operanti fuori solco; su soluzioni idrauliche per il comando a distanza dei diversi movimenti degli aratri stessi (sollevamento, interrimento, regolazione della profondità e della larghezza della fetta). Inoltre, molti sono stati i tentativi fatti – alcuni dei quali con buon successo mercantile – per realizzare modelli a minor resistenza di trazione (versoi fenestrati, aratri a losanga ecc.) o, addirittura, atti a sostituire gli organi di lavoro fissi con organi ruotanti mossi dalla presa di potenza del trattore. L'aratro attuale, comunque, continua a seguire l'impostazione tecnica datagli²³ nel secolo scorso, avendo gradualmente aumentato la larghezza di lavoro (si usano comunemente aratri a 4 o a 6 corpi), essendo di tipo portato e destinato a lavori tanto più superficiali quanto maggiore è il numero di corpi. Ad essi, poi, si sono andati affiancando i modelli a dischi concavi ruotanti attorno ad assi orizzontali e mossi dalla p.d.p., così come succedanei costituiti, in particolare, dalle *vangatrici* in grado di operare sino a 30-35 cm di profondità con buon sminuzzamento del terreno, lavorando con successo su terreni asciutti con pochi residui colturali. In parallelo, ci si è orientati verso macchine a operazioni riunite, cioè idonee ad arare, erpicare e rullare il terreno sino a ottenere, con una sola passata in campo, letti di semina rispondenti alle specifiche esigenze. L'obiettivo di ottimizzare il letto di semina ha poi portato alla definizione di erpici di diverse tipologie (rigidi, snodati, a denti ruotanti od oscillanti, a dischi ecc.). Infine, si è anche sviluppata la costruzione di *zappatrici* a denti rigidi, in acciaio legato, ruotanti su assi orizzontali, realizzate con dimensioni

²³ E. MANFREDI, *Agricoltura e Tecnologia meccanica*, Reggiolo, 1995.

crescenti (4 m e oltre) di tipo portato, con regimi di rotazione variabili a mezzo del diverso regime della p.d.p. Ad esse vengono accoppiate seminatrici, a righe o di precisione, di tipo anche combinato. I processi di lavorazione del terreno sono, specie in questi ultimi venti anni, profondamente cambiati e si tende oggi a differenziare le periodiche lavorazioni che si svolgono prima o all'atto della semina, nonché, come è ovvio, quelle effettuate in copertura. Infatti, le varie colture manifestano, nei differenti terreni anche in rapporto alle condizioni climatiche, esigenze diverse e, quindi, richiedono profili colturali differenziati. Una tendenza generale, comunque, sembra potersi individuare nella diminuzione della profondità di lavoro sino alla cosiddetta lavorazione minima e nell'uso di macchine a operazioni riunite.

Seminatrici

Altro comparto che si è fortemente evoluto – specie in questi ultimi trent'anni – è quello delle seminatrici. Queste macchine, negli anni Cinquanta, erano realizzate in tre modelli base (applicabili al trattore) per la semina a righe, per la semina di precisione con distribuzione meccanica e per la semina a spaglio. Col passare del tempo, mentre i modelli a spaglio sono andati scomparendo, si sono realizzate macchine combinate con la fertilizzazione; seminatrici a distribuzione pneumatica o liquida; seminatrici combinate con la lavorazione ridotta del terreno. Il tutto allo scopo di ottenere una distribuzione più omogenea del seme (accuratamente selezionato) alla giusta profondità; un minor maltrattamento del seme stesso, assicurandosi, così, più alta germinabilità; una crescente produttività del lavoro; una progressiva riduzione della quantità di semi distribuita per ettaro. Le seminatrici attuali presentano larghezze di lavoro anche superiori a 6 m e velocità di lavoro sino a 12 km/h come tali mediamente quattro volte superiori a quelle di cinquanta anni addietro. Particolare cura, inoltre, è applicata alla scelta dei materiali al fine di garantire una buona qualità dell'operazione e un minore pericolo di microlesioni alle sementi. Recentemente, poi, si sono andate sviluppando anche nuove *macchine per il trapianto* con notevoli innovazioni rispetto ai modelli di agevolatrici presenti agli inizi degli anni Cinquanta. Si tratta di modelli atti a distribuire piantine con le radici avvolte in zolle in terra (anziché con radici

nude). A tale innovazione di processo si è risposto con nuove, appropriate macchine. Questi modelli – operanti a una o più file – sono, al momento, tuttora in maggioranza di tipo agevolatore. Tuttavia, in questi ultimi 10-15 anni sono andate proponendosi soluzioni a migliorata produttività, nonché soluzioni automatizzate. Queste ultime si basano sulla preventiva preparazione, in vassoi appositi, di piantine avvolte in zolle di terra. Tali vassoi vengono, poi, montati sulle macchine trapiantatrici, alimentando autonomamente e automaticamente gli organi di distribuzione.

Macchine per la fertilizzazione

In questo settore, si sono mantenute le caratteristiche di base degli *spandiletame* le cui principali innovazioni incrementali sono consistite: nel comando degli organi di lavoro tramite la presa di potenza del trattore; nell'uso di materiali di maggiore resistenza all'attacco elettrochimico; nella semplificazione e unificazione degli organi di frantumazione e distribuzione; nell'aumento della capacità di carico del cassone anche per merito dell'impiego di pneumatici a basso rapporto di forma. Nel complesso, analoghe innovazioni si sono avute anche sui carri *spandiliquame* nei quali si è introdotto un migliore sistema di distribuzione del prodotto. Negli ultimissimi anni, poi, tali macchine²⁴ sono state dotate di dispositivi elettronici di controllo attivo della distribuzione in campo nonché di organi distributori che interrano il refluo. Inoltre, si è iniziato a parlare di mezzi "intelligenti" collegati a sistemi di posizionamento geografico (GPS), così da poter distribuire, in ogni momento, la giusta quantità di fertilizzante, nel modo più corretto. Nel comparto, invece, dello *spandimento di fertilizzanti minerali*, si è vista la progressiva affermazione²⁵ dei modelli a doppio disco ruotante atti a spandere il prodotto per reazione centrifuga su grandi larghezze di lavoro e con curve di distribuzione di ottima qualità. Tutti questi mezzi, infine, possono essere dotati di sistema di collegamento della quantità distribuita alla velocità di avanzamento in campo (DPA) la cui efficacia reale, tuttavia, non è ancora stata appieno dimo-
stra-

²⁴ F. SANGIORGI, *Advancements on the technologicis for animal slurries distribution*, in Atti X meeting Club of Bologna, Roma, 1999.

²⁵ P. BALSARI et al., *Spandiconcime*, Bologna, 1994.

ta. Infine, vanno ricordati i mezzi a distribuzione pneumatica, quelli per i concimi liquidi e le tecnologie per la distribuzione interrata dell'ammoniaca anidra, cinquant'anni addietro completamente sconosciute.

Macchine per l'irrigazione

Per quanto le prime attrezzature risalgano agli inizi del secolo, l'irrigazione ha preso sviluppo, nelle sue versioni di distribuzione per aspersione generalizzata (o a pioggia) e localizzata (o a goccia), dagli anni Cinquanta in poi con la diffusione, anche, dei motori elettrici. La tecnologia relativa era basata, inizialmente, su opere di presa, reti di erogazione in tubi rigidi posti superficialmente o interrati e irrigatori statici o dinamici a bassa o media pressione con gittate sino a 40 m su aree circolari. In questi ultimi venti anni, invece, ci si è orientati verso soluzioni di tipo automatizzato anche governate da elaboratori elettronici di controllo attivo. Esse sono atte a offrire una più elevata produttività di lavoro sia per la ridotta presenza di addetti, sia per la possibilità di irrigare ampie superfici con gittate di qualche centinaio di metri. Le varie soluzioni, operanti a pioggia lenta, consentono di ridurre l'impiego della manodopera, rispetto ai modelli con reti basate su tubi rigidi spostabili manualmente, a 1/12 circa, con conseguente vantaggio economico anche se l'investimento iniziale risulta maggiore di 4-5 volte. Dagli anni Sessanta, poi, ha avuto inizio la realizzazione e diffusione degli impianti per l'irrigazione localizzata, con tubazioni erogatrici in gomma sintetica, normalmente a servizio di colture arboree nelle versioni interrata, rasoterra o sospesa.

Macchine per la distribuzione dei fitofarmaci e la manutenzione delle piante

Le macchine irroratrici, da sempre presenti – pur in forma assai semplice – nell'agricoltura nazionale, erano, negli anni Cinquanta, basate su irroratrici a bassa pressione nelle quali il liquido da distribuire veniva compresso mediante pompe alternative ad azionamento manuale o rotative comandate da piccolo motore endotermico, facendolo poi uscire dagli ugelli con polverizzazione grossolana. Solo verso la fine degli anni Sessanta cominciarono a diffondersi le irroratrici a polverizzazione meccanica a getto proiettato, di impiego

limitato alla distribuzione di diserbanti. Esse sono state seguite dalle irroratrici a polverizzazione meccanica a getto portato e dai modelli a polverizzazione pneumatica pure a getto portato destinati a operare essenzialmente su colture arboree. Con ciò, inviando una popolazione di gocce di diametro medio variabile da 200 a 300 (μ), se si opera con principi attivi agenti per contatto (come nel caso della irrorazione coprente), o di diametro di 300-500 (μ utili per la cosiddetta irrorazione bagnante mediante principi attivi agenti per azione sistemica). Più recentemente²⁶, infine, le macchine sono state dotate di microcalcolatori elettronici nonché di sistemi di visione tali da far sì che il trattamento venga limitato alle zone ove la vegetazione è presente evitando, così, la dispersione di prodotto attivo nell'ambiente. Con tali soluzioni si realizzano risparmi medi del 25% rispetto alla tecnologie convenzionali con punte sino oltre il 45%. Il terzo grande gruppo per lo sviluppo e la manutenzione delle piante riguarda le *macchine per la potatura* degli alberi e per il *diradamento meccanico* dei frutti. L'evoluzione in questo settore è stata avviata pure negli anni Cinquanta con l'introduzione di strumenti agevolatori quali forbici pneumatiche; seghe meccaniche di tipo portato azionate da motorino endotermico incorporato; barre falcianti pure portate e governate da motorino endotermico. Ciò, oltre al dispositivo basato su un carrello a quattro ruote che porta una o più postazioni a gabbia spostabili verticalmente e orizzontalmente mediante dispositivi idraulici. Su tali postazioni prendono posto gli addetti facilitando così l'operazione, aumentando la produttività del lavoro e garantendo loro una maggiore sicurezza. Alla fine degli anni Settanta, poi, sono state introdotte le macchine potatrici vere e proprie, applicate a trattori e azionate dalla loro p.d.p. Ovviamente, tali macchine²⁷ non sono in grado di operare una potatura selettiva, effettuando tagli su piani verticali e orizzontali, in qualche caso anche inclinati. I loro interventi richiedono, quindi, un successivo lavoro di rifinitura manuale. Abbandonata dalla fine degli anni Sessanta l'operazione meccanica di diradamento delle

²⁶ P. BALSARI et al., *Macchine per la distribuzione dei fitofarmaci e il controllo delle malerbe*, San Giuliano Milanese (Mi), 1993.

²⁷ E. BALDINI et al., *Possibilità di sviluppo della produzione di macchine per la raccolta e la potatura delle produzioni arboree*, Reggio Emilia, 1986.

barbabietole e di altre colture erbacee seminate a file per merito dello sviluppo della semina di precisione, si è aperta la possibilità di operare il *diradamento meccanico sugli alberi da frutto* mediante l'uso – introdotto alla fine degli anni Settanta – delle stesse scuotitrici utilizzate per la raccolta meccanica delle produzioni arboree. Tutte queste soluzioni meccaniche sono in grado di aumentare di 7-15 volte la produttività del lavoro propria degli interventi manuali.

Macchine per la raccolta dei foraggi

In questo comparto²⁸, si è assistito spesso, in questi ultimi cinquanta anni, a una serie di innovazioni di grande rilievo, mirate a ottenere migliori produzioni, con più basse perdite di valore nutritivo delle foraggere trattate. Al contempo, sono stati approfonditi gli argomenti relativi alla ottimizzazione dell'intera filiera di raccolta e conservazione dei prodotti. Le innovazioni riguardano sia il taglio dei prodotti, sia la fienagione e la raccolta. In merito, quelle più interessanti si riferiscono alla falciatura effettuata con sistemi a doppia barra oscillante e/o a lame ruotanti su asse orizzontale; il condizionamento dei foraggi freschi con dispositivi cilindrici schiacciatori spesso combinati con falciatrici; la ranghinatura con macchine atte, in generale, a svolgere anche operazioni di spandimento e rivoltamento del fieno; i dispositivi caricatori a nastro dei foraggi raccolti in andane; le raccogli-imballatrici per piccole balle prismatiche. Tutte queste innovazioni sono state proposte a partire dalla fine degli anni Cinquanta. Ad esse hanno fatto seguito, nel ventennio '60-'80: le falcia-condizionatrici a flagelli ruotanti; le falcia-arieggiatrici; le falcia caricatrici per foraggi freschi; i carri autocaricanti; nuovi modelli di ranghinatori; le raccogli imballatrici per balle cilindriche e per balle prismatiche "giganti"; i carri raggruppatore per la raccolta e il trasporto di dette balle dal campo al centro colonico. Alla metà degli anni Ottanta, poi, sono state introdotte²⁹ le fasciatrici di balle cilindriche con film di plastica sì da ridurre drasticamente le perdite di valore nu-

²⁸ A. GUIDOBONO CAVALCHINI, P. PICCAROLO, *Macchine per la raccolta e fienagione dei foraggi*, Roma, 1982.

²⁹ G. PELLIZZI, *Meccanica e Meccanizzazione Agricola*, cit.

tritivo. A valle, infine, grande evoluzione si è avuta nei processi di conservazione dei foraggi.

Macchine per la raccolta dei cereali

La raccolta meccanica nacque, in Italia, agli inizi del Novecento. Tuttavia, essa si diffuse, mediante la metilegatrice a trazione meccanica con barra falciante disposta lateralmente al trattore, dopo la fine della Seconda Guerra mondiale. Dapprima gli organi operatori erano mossi da un complesso sistema di trasmissioni meccaniche derivanti da una delle due ruote portanti metalliche, quindi dalla p.d.p. del trattore. Subito dopo il 1955 tali macchine vennero sostituite da mietilegatrici semoventi ad accovonatura verticale. Tali macchine, tuttora in uso e in commercio, sono attualmente limitate a operare nelle aree ove la mietitrebbiatrice, dapprima accoppiata al trattore poi semovente, non era e non è in grado di lavorare. La macchina, quindi, che ha segnato una grande svolta nel panorama della raccolta dei cereali è stata fatta rapidamente propria da tre-quattro importanti ditte italiane di antica tradizione fra cui la *La-verda*. Dai primi esemplari di cinquanta anni fa ad oggi, molti sono stati i perfezionamenti introdotti per migliorare le caratteristiche di lavoro aumentando nel contempo le prestazioni. Le macchine realizzate agli inizi – in massima parte di tipo trainato – presentavano³⁰ larghezze di taglio massime di non più di 3 m (con tendenza a valori inferiori). Allo stato attuale, invece, si commercializzano macchine semoventi con: larghezze di taglio doppie, potenze installate che superano i 30 kW/m di barra, velocità di avanzamento di 5-6 km/h, organi di separazione più ampiamente dimensionati ecc. Tutte queste innovazioni, cui sono da aggiungere i dispositivi elettronici di controllo attivo delle perdite, dei flussi di prodotto ecc., si sono sviluppati in questi ultimi quaranta anni ponendo a disposizione, oggi, delle imprese operanti in conto terzi macchine completamente diverse dalle originali, con capacità di lavoro da due a tre volte superiori, e qualità di lavoro pure migliori di almeno tre volte. Nel contempo, si sono andate proponendo, nel 1987³¹, le te-

³⁰ E. MANFREDI, *Elementi di tecnologia della mietitrebbiatrice*, «Macchine e Motori Agricoli», 5 (1960).

³¹ M. LAZZARI et al., *Analisi delle prestazioni della testata stripper su riso*, «Rivista Ingegneria Agraria», 3 (1990).

state *stripper* atte a raccogliere la sola granella, idonee per cereali autunno vernini e per il riso, con velocità di avanzamento non inferiori a 12 km/h e le macchine, dal 1963, per la *raccolta del mais* sia da granella (raccogliispighe-sgranatrici), sia a destinazione zootecnica (falcia andanatrici; falcia trinciatrici). Infine, una menzione particolare meritano le *mietitrebbiatrici di tipo autolivellante* atte a operare su terreni declivi, sviluppatesi in Italia anche a seguito di ampie azioni di ricerca promosse dal CNR agli inizi degli anni Sessanta. Esse hanno avuto larga diffusione, consentendo, in pratica, la raccolta in ogni area del paese.

Macchine per la raccolta di tuberi e radici

Nel comparto si è assistito a una forte spinta evolutiva con orientamento, da un lato, verso la realizzazione di macchine a operazioni riunite per patate e barbabietole; dall'altro, verso la copertura delle esigenze di raccolta meccanica di colture ortive, quali la carota, l'aglio, la cipolla, con l'adozione di soluzioni talvolta originali. In particolare, per quanto riguarda *patate e barbabietole*, le innovazioni principali – realizzate a partire dalla metà degli anni Sessanta – riguardano sia l'aumento di capacità di lavoro essenzialmente dovuto all'ampliamento del fronte di raccolta, sia il miglioramento della qualità della raccolta stessa con la diminuzione delle perdite di prodotto e della tara terra. Nel comparto bieticolo, in particolare l'introduzione di vomerini autocentranti, di dispositivi defogliatori e scollettatori di nuova concezione, supportati da sistemi elettronici di controllo attivo, ha portato a significativi risultati. In quaranta anni, le perdite di prodotto si sono praticamente dimezzate, così come la tara terra, mentre la produttività di lavoro si è più che raddoppiata. Passi avanti, ancorché non definitivi, sono stati compiuti anche nella raccolta delle *produzioni ortive* da mercato fresco per le quali si è passati attraverso l'uso di soluzioni meccanizzate agevolatrici³² del lavoro dell'uomo con aumento di produttività dello stesso di 1,2-1,4 volte rispetto alla raccolta manuale, fino a giungere a soluzioni meccaniche, addirittura automatizzate o robotizzate. Queste innovazioni di prodotto hanno richiesto lo sviluppo di ri-

³² G. PELLIZZI, *Meccanica e Meccanizzazione Agricola*, cit.

cerche sul miglioramento dei processi agricoli (genetica, agronomia) al fine di pervenire a produzioni a maturazione, la più possibile contemporanea.

Macchine per la raccolta delle produzioni arboree

Un comparto risvegliatosi solo con la seconda metà degli anni Settanta, è quello delle macchine per la raccolta delle produzioni arboree³³, con particolare riguardo all'uva, alle olive, alla frutta polposa. In particolare, nel settore *viticolo* la *raccolta meccanica dell'uva da vino* è ormai divenuta una realtà per i vigneti a contropalliera e a doppia cortina purché con interfilari $\geq 3,50$ m. Se si escludono le aree collinari e con sestri di impianto non adatti, si può stimare che circa 300.000 ha siano tali da consentire una raccolta meccanica. A ciò si aggiungono i tendoni che, se opportunamente adattati, possono pure venire raccolti meccanicamente. Tale operazione avviene, nei primi due sistemi di allevamento, per scuotimento, rispettivamente orizzontale e verticale. Per i tendoni, invece, la raccolta si effettua per pettinamento. Le macchine relative, oggi di tipo semovente, sono state in questi ultimi venti anni notevolmente migliorate riducendo le perdite (palesi e occulte) di prodotto di quasi la metà rispetto ai primi modelli. Tali perdite, quindi, rappresentano oggi meno del 10% del frutto pendente. Le macchine attuali, inoltre, offrono una produttività del lavoro circa quindici volte superiore a quella delle tecniche manuali e circa dodici volte maggiore di quella propria dei sistemi meccanizzati mediante cesoie servo-assistite e carri raccolta. Nel comparto *olivicolo*, invece, la raccolta meccanica delle olive avviene, attualmente, mediante l'impiego di cantieri di lavoro basati su dispositivi scuotitori (semoventi o applicati a trattori) degli alberi e sistemi intercettatori. Con l'azione dei primi, si inducono azioni dinamiche che tendono a far cadere le drupe in misura, a secondo delle *cultivar*, comprese fra il 55 e l'85% dei frutti pendenti. Queste vengono poi raccolte da teli intercettatori più o meno meccanizzati e/o automatizzati. Tali soluzioni consentono produttività di lavoro sino a 120 kg/ul·h come ta-

³³ E. BALDINI et al., *Possibilità di sviluppo della produzione di macchine per la raccolta e la potatura delle produzioni arboree*, cit.

li superiori anche di dieci volte a quelle proprie dei sistemi tradizionali per brucatura o per pettinamento degli alberi e raccattatura delle drupe cadute al suolo. Il tutto, con notevole miglioramento della qualità e senza alcuna conseguenza negativa sulle piante. Più recentemente, poi, sono state realizzate pettinatrici ad azione meccanica vibrante che esplorano l'intera chioma delle piante. Esse sembrano di particolare interesse per operare su oliveti vecchi e con strutture inadatte all'uso delle macchine scuotitrici. Diverso è il caso della raccolta della *frutta* e degli *agrumi* causa le oggettive difficoltà di raccogliere prodotto per il mercato fresco non danneggiato dall'impatto dovuto alla caduta delle produzioni pendenti. Nel caso della frutta, in particolare, soluzioni basate su sistemi scuoti-intercettatori semoventi hanno fornito ottimi risultati tecnici e operativi (raccolta sino al 95-98% dei frutti pendenti), con danni, tuttavia, che possono giungere a interessare anche sino al 40% del raccolto. Ciò pure con produttività del lavoro che, su percoche, possono giungere anche a 1000 kg/ul·h con un aumento di produttività rispetto a soluzioni meccanizzate basate sull'uso di carri agevolatori (spesso ad azionamento elettrico) di 7-9 volte. Nel caso, infine, degli *agrumi*, si è tuttora orientati verso la raccolta meccanizzata mentre da qualche anno, in Italia e all'estero, si va studiando l'applicazione di *robot* con organi di visione tali da individuare i frutti fra le chiome.

Macchine per le operazioni a punto fisso

In questo comparto l'evoluzione e lo sviluppo della meccanizzazione sono stati particolarmente vivaci. Tuttavia, alcune macchine fondamentali, come le trebbiatrici e le selezionatrici delle cariossidi, sono andate rapidamente sparendo dal panorama della meccanizzazione agricola aziendale. Questo cambiamento della meccanizzazione è derivato anche dall'evoluzione e dalla modifica dei processi e del loro svolgimento all'interno del centro aziendale. Lo sviluppo si è, conseguentemente, concentrato sulle operazioni legate agli allevamenti animali (mungitura, alimentazione e governo degli animali), per le quali si è passati a impianti e macchine sempre più automatizzate, assistite da sensori e richiedenti la presenza dell'addetto tendenzialmente per pura attività di controllo del lavoro svolto e della salute degli animali stessi, con particolare riguardo ai bovini.

Ciò è stato reso possibile soprattutto per la diffusione progressiva dell'*elettificazione agricola* i cui consumi sono quadruplicati in questi ultimi cinquanta anni. Al contempo, notevoli sono stati gli sviluppi negli *impianti di mungitura* per bovini, oggi divenuti automatizzati e capaci di produttività del lavoro (nelle soluzioni cosiddette "in sala") dell'ordine di 150 capi munti/ul·h, con un aumento, quindi, di 12-15 volte quella propria delle stalle degli anni Cinquanta, quando le operazioni si svolgevano manualmente. Al contempo, a partire dalla fine degli anni Settanta si sono andati sviluppando impianti di mungitura per pecore e capre – di tipo sia fisso, sia trasportabile – offrenti produttività del lavoro sino a 200 capi/ul·h. Lo sviluppo del settore, cui ha notevolmente contribuito l'introduzione dell'elettronica e dell'informatica³⁴, è stato tale da richiedere l'esigenza di definire standard di dimensionamento ottimale delle componenti delle macchine e degli impianti a livello mondiale. Nel comparto specifico, infine, si è andata sviluppando recentemente la messa a punto, da parte di alcune case costruttrici europee, di veri e propri robot di mungitura³⁵, ancora da ottimizzare, ma comunque tali da consentire lo svolgimento di 3-5 mungiture al giorno con conseguente aumento della produzione di latte di ciascun animale e riduzione dei costi di produzione. A valle di tutto ciò, poi, si è enormemente sviluppata la tecnologia di *refrigerazione e conservazione del latte* alle stalle, sì da contribuire alla salubrità dello stesso. I sistemi adottati, basati oggi soprattutto su soluzioni a raffreddamento indiretto, vengono tendenzialmente completati con pompe di calore in grado di recuperare il calore ceduto dal compressore del gruppo frigorifero utilizzato. Un'analogia forte evoluzione è da segnalare per le operazioni di *governo e pulizia delle stalle*. In merito sono state messe a punto – a partire dalla fine degli anni Cinquanta – macchine e attrezzature, oggi in qualche caso robotizzate, che provvedono all'asporto della lettiera e/o delle deiezioni mediante sistemi raschiatori che si muovono scorrendo sul pa-

³⁴ L. BODRIA, *Elettronica e automazione per un'agricoltura efficiente*, «Mondo Macchina», 5 (1993).

³⁵ G. VENTURA, *Robot di mungitura: avanti tutta*, «L'Informatore Agrario», n. 42 (1998).

vimento. Essi sono spesso collegati con soluzioni idrauliche di lavaggio dei pavimenti e, a valle, con pompe ed ossigenatori per il trattamento aerobico dei liquami raccolti. Ancor più spinta l'evoluzione da rilevare nel comparto delle macchine per la *preparazione e distribuzione degli alimenti*. Queste sono passate dai semplici trinciaforaggi e dai mulini frangitutto, propri degli anni '50-'55, a complete catene per lo svolgimento delle operazioni di prelevamento, miscelazione, valorizzazione, aggregazione e distribuzione degli alimenti alla mangiatoia. In questo ambito, sono da ricordare, unitamente alle attrezzature fisse a coclea o a nastro, la cui introduzione ha avuto inizio dalla fine degli anni Cinquanta, le più recenti attrezzature mobili basate su complessi carri – in genere semoventi – atti a prelevare i diversi alimenti e a miscelarli, preparando diete uniformi da distribuire lungo tutta l'arco dell'anno ai bovini. Si tratta dei cosiddetti *carri unifeed* che, assistiti da opportuni sensori, operano con ottima qualità di lavoro, offrendo una produttività ancora una volta circa dieci volte superiori a quella propria delle tecniche convenzionali. A ciò è da aggiungere il richiamo ai sistemi di conservazione dei foraggi. Nati agli inizi degli anni Settanta, sono basati, da un lato, sull'essiccazione in due tempi con aria riscaldata anche a mezzo di energie rinnovabili³⁶ e, dall'altro, ai cosiddetti silo a trincea per insilati di mais, opportunamente meccanizzati.

³⁶ G. RIVA, F. MAZZETTO, *Le tecniche di conservazione dei foraggi*, Roma, 1985.