



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento di AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE
NATURALI E AMBIENTE

Corso di laurea in Scienze e tecnologie agrarie

Il trattore agricolo ieri e oggi, non solo uno
strumento da lavoro

Relatore
Prof. Francesco Marinello

Laureando
Antonio Reffellato
Matricola n. 172095

ANNO ACCADEMICO

2021-2022

ai miei genitori Luigina e Mario, per l'esempio di vita.

Indice

Riassunto	pag. 7
Abstract	pag. 8
Introduzione	pag. 10
Capitolo 1 Alcuni aspetti del trattore agricolo	pag. 12
1.1. Struttura	pag. 12
1.2. Sovrastrutture	pag. 12
1.3. Motore	pag. 13
1.5. Trasmissione	pag. 13
1.6. Accoppiamento con le macchine operatrici	pag. 13
1.7. Prese di potenza	pag. 14
1.8. Elettronica	pag. 14
1.8.1. <i>Sensori</i>	pag. 15
1.8.2. <i>Informatica</i>	pag. 15
1.8.3. <i>Elementi particolari</i>	pag. 15
Capitolo 2 Il trattore agricolo e le innovazioni	pag. 16
2.1. Le innovazioni della John Deere	pag. 17
2.2. Le innovazioni del gruppo CNH Industrial	pag. 19
2.3. Le innovazioni del gruppo SAME	pag. 20
2.4. Altre innovazioni	pag. 21
2.4.1 <i>Sistemi elettronici di interazione trattore / macchina operatrice</i>	pag. 21
2.4.2 <i>Il controllo di emissioni dei motori endotermici</i>	pag. 22
2.5. Trattori elettrici ed ibridi	pag. 22
2.5.1. <i>Le scelte della John Deere</i>	pag. 25
2.5.2. <i>La proposta della Fendt</i>	pag. 27
2.5.3. <i>Altre soluzioni di trattori elettrici</i>	pag. 27
2.5.4. <i>Esempi di trattori ibridi</i>	pag. 34
Capitolo 3 Il trattore agricolo ed il mercato	pag. 37
3.1. Il trattore come strumento di reddito	pag. 37
3.2. La produzione	pag. 38
Capitolo 4 Il trattore agricolo e l'ambiente di lavoro	pag. 42
4.1. L'aderenza	pag. 43
4.2. Lo sforzo di trazione	pag. 45
4.3. La costipazione del suolo	pag. 45
4.4. Ruote e cingoli	pag. 46
4.4.1. <i>Le ruote</i>	pag. 46
4.4.2. <i>Gli pneumatici</i>	pag. 48
4.4.3. <i>Pneumatici per ruote di sostegno e sterzanti</i>	pag. 49
4.4.4. <i>I cingoli</i>	pag. 52
4.4.5. <i>I cingoli di gomma</i>	pag. 54
4.4.6. <i>I diversi rapporti col terreno dei trattori a ruote rispetto a quelli a cingoli</i>	pag. 57
Capitolo 5 Rapporti della macchina con l'operatore	pag. 61

5.1.	La sicurezza	pag. 62
5.2.1.	<i>Gli incidenti da ribaltamento</i>	pag. 62
5.2.2.	<i>Gli incidenti per interferenza con organi in movimento</i>	pag. 67
5.2.3.	<i>Altri rischi</i>	pag. 69
5.2.4.	<i>La scheda sicurezza</i>	pag. 71
5.3.	Ergonomia	pag. 73
5.3.1.	<i>Il sedile di guida</i>	pag. 75
5.3.2.	<i>La cabina di guida</i>	pag. 77
5.4.	Il comfort	pag. 78
Capitolo 6 Il trattore agricolo e le normative		pag. 82
6.1.	La “Mother Regulation”	pag. 83
6.2.	Aspetti tecnici della “Mother Regulation”	pag. 85
6.3.	La Circolare emessa il 21.07.2020 dal MIT n. 0019962 in relazione al Regolamento UE 167/1	pag. 86
6.4.	La normativa del Codice della Strada	pag. 87
6.4.1.	<i>L’articolo 57 del Codice della Strada (Macchine agricole)</i>	pag. 88
6.4.2.	<i>L’articolo 104 del Codice della Strada (Sagome e masse limite delle macchine agricole)</i>	pag. 89
6.4.3.	<i>L’articolo 107 del Codice della Strada (Accertamento dei requisiti di idoneità delle macchine agricole)</i>	pag. 89
6.5.	Altre norme	pag. 91
6.6.	La conduzione del trattore agricolo	pag. 92
6.7.	Carta di circolazione, targa e revisione ed assicurazione del trattore agricolo	pag. 93
6.7.1.	<i>La carta di circolazione</i>	pag. 93
6.7.2.	<i>La revisione</i>	pag. 94
6.7.3.	<i>La targa</i>	pag. 95
6.7.4.	<i>L’assicurazione</i>	pag. 96
6.7.5.	<i>Impianti ottici</i>	pag. 96
Capitolo 7 Il trattore agricolo nell’immaginario collettivo		pag. 98
7.1.	Il trattore nell’arte e nella grafica	pag. 98
7.2.	Il trattore ed il mondo del cinema	pag.107
7.2.1.	<i>I film tratti dai racconti di Guareschi</i>	pag.107
7.2.2.	<i>Un film comico del 1956</i>	pag.110
7.2.3.	<i>Film commedia degli anni ’80</i>	pag.111
7.2.4.	<i>Un film in cui compare un trattore antico</i>	pag.117
7.2.5.	<i>Trattore e mondo del cinema statunitense</i>	pag.117
7.3.	Il trattore ed il mondo della musica	pag.119
7.4.	Una storia italiana di trattori	pag.121
7.5.	Il trattore nell’editoria	pag.123
7.6.	Il trattore, modellini e giocattoli	pag.128
7.7.	Il trattore e lo sport	pag.130
7.8.	Una curiosità	pag.132
Conclusioni		pag.133
Bibliografia e Sitigrafia		pag.134

Riassunto

Circolando fuori dalle città siamo abituati a vedere spesso i trattori, all'opera sui campi e sulle strade, tanto da considerarli parte del paesaggio, una presenza costante e scontata.

In realtà, senza nulla voler togliere ai grandi progressi agronomici, questa macchina rappresenta una rivoluzione che ha permesso di ottenere una produzione agricola in grado di alimentare miliardi di persone.

Prima del trattore, le coltivazioni erano affidate solo alle braccia dei contadini ed alla forza degli animali da lavoro, nell'ambito di un'agricoltura di sussistenza.

Ebbene il trattore agricolo ha rappresentato una vera rivoluzione nel campo agrario, non solo tecnologica ed economica, ma anche sociale, con riflessi su tutta la popolazione mondiale considerato l'importante incremento delle produzioni agricole che è stato in grado di realizzare: prima del suo avvento, una famiglia contadina poteva coltivare al massimo un ettaro e mezzo di terra.

Il presente elaborato intende fornire un punto di vista diverso sui rapporti di questa macchina con quanto la circonda, a fronte di una sconfinata bibliografia e delle continue e sempre più frequenti innovazioni che la riguardano.

Questo lavoro non ha quindi alcuna pretesa enciclopedica, divulgativa o specialistica né vuole affrontare aspetti storici o indagini statistiche riguardanti il trattore agricolo, considerato che ne esistono monografie e testi ben più specifici e completi dal punto di vista tecnico.

Abstract

Driving outside the cities, we are used to often seeing tractors working on fields and roads, so much so that we consider them part of the landscape, a constant and obvious presence.

In reality, without wanting to take anything away from the great agronomic advances, this machine represents a revolution that has made it possible to obtain agricultural production capable of feeding billions of people.

Before the tractor, the crops were entrusted only to the arms of the peasants and the strength of the working animals, as part of subsistence agriculture.

Well, the tractor represented a real revolution in the agricultural field, not only technological and economic, but also social, with repercussions on the entire world population considering the important increase in agricultural production that it was able to achieve: before his advent, a peasant family could cultivate a maximum of one and a half hectares of land.

In the face of a boundless bibliography and considering the continuous and increasingly frequent innovations, this work has no encyclopedic, popular or specialist claim since there are handouts, monographs and texts much more pregnant and complete from a technical point of view, but intends to provide a different point of view on the relationship of this machine with what surrounds it.

Introduzione

Nell'arco di un secolo, il trattore agricolo è passato da semplice sostituto dell'animale da lavoro a fornitore di energia (come nel caso della trebbiatura), a centrale energetica multifunzione, a laboratorio di innovazione; esso è una macchina che viene da recente passato ed è proiettata verso il futuro.

Naturalmente, il trattore agricolo rappresenta un *business*; a livello mondiale, moltissimi sono i costruttori, spesso associati in gruppi di rilevanti dimensioni.

Nella produzione di trattori, l'Italia ha una posizione di assoluto rilievo, come emerge nell'elenco dei marchi, divisi per nazioni che segue (in ordine alfabetico):

Argentina: Mancini, Pauny, Promi, Tortone, Zanello.

Austria: Köpfli, Lindner, Steyr (gruppo CNH), Vevey, Reform.

Bielorussia: Belarus.

Canada: Cockshutt Plow Company, Massey Ferguson (gruppo AGCO), Versatile (gruppo CNH Industrial).

Danimarca: Bukh.

Francia: Austin, Babiole, Le Percheron, Renault Agriculture (della tedesca Claas), Someca (ex filiale Fiat Trattori), Vierzon.

Germania: Allgaier, Bautz, Claas, DDR, Deutz, Deutz-Fahr (gruppo Same), Eicher, Fahr, Fendt (gruppo AGCO), Güldner, Hanomag, Hatz, Hela, Holder, Kramer, Lanz, Lanz-Bulldog, MAN Traktoren, Normag, Porsche Traktor, Schlüter, Zettelmeyer.

Giappone: Kubota.

Gran Bretagna: Champion, David Brown, Massey Ferguson (gruppo AGCO), Field Marshall, JCB, McCormick Tractors International (gruppo Argo Tractors), Nuffield Universal tractor.

Italia: Agrifull, Agritractor, Andreoli Engineering, Antonio Carraro Trattori, BCS Group, Bubba, Carraro Agritalia, Fiatagri (gruppo CNH), Ferrari Agri, Goldoni, Itma - Galamini, Lamborghini (gruppo Same), Landini (gruppo Argo Tractors), Lesa, Lugli, Nibbi, OM, Oto-Melara, Orsi, Pasquali, Pierre trattori, Prandi e Scavarelli, Raimondi, SAME, Valpadana (gruppo Argo Tractors).

Polonia: Ursus.

Repubblica Ceca: Zetor.

Romania: UTB.

Stati Uniti: Allis-Chalmers (gruppo AGCO), Case (gruppo CNH), Cockshutt, Farmall, Ford Tractor (già New Holland, gruppo CNH), Fordson, Hart-Parr, Hesston (gruppo AGCO), John Deere, Massey-Harris (già Massey Ferguson, gruppo AGCO), McCormick-Deering (gruppo Argo), Minneapolis-Moline, Oliver, Rumely OilPul.

Svezia: BM/Volvo, Bolinder-Munktell (BM), Valtra (già Valmet, del gruppo AGCO), Volvo.

Svizzera: Hürlimann (gruppo Same), Rigitrac, Bucher, Schilter, Bühler.

Ungheria: HSCS.

Nel corso degli anni, ma soprattutto negli ultimi due decenni, il trattore agricolo si è evoluto enormemente, come dimensioni, dotazioni e sicurezza.

Lo scrivente esprime a questo riguardo una considerazione personale: fermo restando il problema della sicurezza, che va affrontato inderogabilmente ed in modo rigoroso e se è giusto rendere il lavoro dell'operatore il meno defaticante possibile, il sottoscritto non ritiene che la continua corsa all'aumento delle dimensioni ed alle dotazioni del trattore non strettamente legate alla sicurezza sia la strada più adatta da percorrere nella realtà italiana, fatta di piccoli appezzamenti, giaciture spesso in pendenza, terreni a consistenza spesso variabile, ecc., per di più con personale spesso non adeguatamente preparato trattandosi dei piccoli proprietari di fondi o coltivatori diretti, molto presenti nella realtà agricola italiana.

Gli enormi trattori ipertecnologici, condotti da operatori altamente specializzati, sono indubbiamente utili in un contesto di coltivazioni su ampie superfici, estensive ed a monocultura: in questo caso la produttività trae indubbi vantaggi dall'impiego di tali macchine.

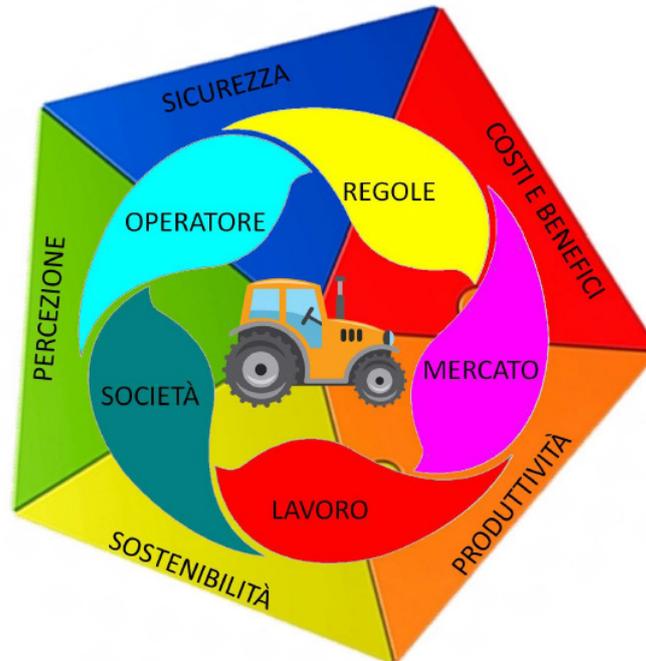
Secondo lo scrivente, in Italia, per i motivi sopra esposti i trattori più adatti sono di dimensioni medie o piccole, con dotazioni meccaniche ed elettroniche di facile uso, soprattutto questi ultimi spesso non è utilizzabile al massimo delle loro potenzialità da parte di operatori non adeguatamente preparati, soprattutto se anziani.

Risulta quindi importante adeguare il trattore (per tipologia, potenza e versatilità) all'azienda (per superficie coltivata, giacitura, frazionamento, tipi di coltivazioni) ed all'operatore (per età, preparazione e disponibilità all'innovazione nel modo di conduzione della macchina).

Inoltre, la scelta del trattore agricolo dev'essere necessariamente economica in relazione ai parametri sopra esposti.

Lo scopo della presente tesi non è tanto quello di esaminare il trattore agricolo in sé, ma quello di studiare la corrispondenza biunivoca esistente fra esso e quanto ad esso attiene ovvero poter cogliere nei vari aspetti l'inserimento di questa macchina nei contesti in cui viene ad operare rispetto a costi e benefici / produttività, sostenibilità e percezione; il tutto

nell'ambito delle sue relazioni rispetto all'operatore, alle regole, al mercato, al lavoro ed alla società, come sinteticamente illustrato nel seguente grafico:



I molteplici aspetti del trattore agricolo sono quindi diverse sfaccettature fra loro strettamente connesse.

Il laureando intende quindi approfondire alcune prospettive, fra le più pregnanti nella realtà presente, cercando di fornire una visione globale del progresso di questa macchina e, nel contempo dell'immagine che di essa viene percepita al di fuori del suo campo di lavoro.

Capitolo 1

Alcuni aspetti tecnici del trattore agricolo

Come accennato, nell'elaborato non si intende descrivere i dettagli del trattore agricolo, ma tratteggiare solo alcuni aspetti rilevanti della macchina, tenendo conto del suo sviluppo.

Come esplicito nel suo nome, il trattore nasce per tirare, *in primis* l'aratro, i carri, ecc.; segue nel tempo il suo impiego come centrale energetica, con prese di potenza, dapprima pulegge per trasmissione a cinghia (in postazione fissa), per diventare successivamente la macchina polivalente che conosciamo oggi, con attacchi, sollevatori, prese di potenza di vario genere, utilizzabili con il trattore in movimento.

1.1. Struttura

Il telaio del trattore può essere unico o articolato.

Il tipo unico, più diffuso ed economico, costituisce un tutt'uno con il motore e la trasmissione.

Un breve *excursus* storico: nel 1915, Henry Ford ha messo in produzione il trattore Fordson, il primo ad utilizzare il telaio unico integrato con le parti meccaniche per "... formare una struttura rigida e sufficientemente resistente, tanto da rendere inutile il ricorso ad un telaio di acciaio a sé stante" (Bedosti, 1984).

Risultano poco diffusi i telai unici separati dagli organi meccanici, indicati per impieghi particolari.

Come riferito, più avanti, la trazione del trattore agricolo viene attuata con vari sistemi: a ruote o cingoli, singoli o doppi, ecc.

1.2. Sovrastrutture

Il trattore è dotato di cofano motore e parafanghi posteriori (a volte anche anteriori); la cabina di guida è sempre più diffusa (sicurezza, comfort); in alternativa, esso dev'essere munito di telaio di sicurezza del posto di guida.

1.3. Motore

Il motore adottato dal trattore agricolo nella stragrande maggioranza dei casi è endotermico a ciclo diesel, con specifiche per l'uso agricolo.

In particolare, il motore deve avere:

- capacità di funzionamento prolungato in condizioni ambientali gravose (alte temperature, postazione statica o bassa velocità di avanzamento, ecc), con regimi e carichi prossimi a quelli massimi;
- potenza e coppia massime elevate con regimi di rotazione ridotti;
- affidabilità;
- elasticità, nel senso che ad una diminuzione della velocità di rotazione del motore conseguente ad un aumento del carico, si assiste ad un aumento della coppia motrice, senza necessità di scalare marcia.

Si tratta quindi di motori sovradimensionati quanto a cilindrata, oggi dotati di sistema di alimentazione con *common-rail*, con elementi standardizzati per “famiglie” dai costruttori.

Recentemente, cominciano ad essere posti in commercio trattori con motori elettrici (come esposto più avanti), caratterizzati da elevate potenze e coppie motrici, manutenzione ridotta, ecc.; il tempo dirà se questa è una via praticabile per la motorizzazione dei futuri trattori agricoli.

1.5. Trasmissione

Il cambio consente di fornire coppie variabili alla trazione ed alle prese di potenza (se sincro) collegate in funzione dei carichi variabili, trovando un equilibrio fra energia fornita ed assorbita.

L'innovazione è data dai cambi a variazione continua dei rapporti di trasmissione.

1.6. Accoppiamento con le macchine operatrici

Il primo trattore ha solo un gancio per tirare; l'innovazione, forse più importante, consiste nel renderlo uno strumento polivalente interfacciato con macchine operatrici di vario genere.

Gli accoppiamenti possono quindi essere:

- in campo;
- a postazione fissa;
- trainante;
- portante.

Quest'ultimo tipo di accoppiamento consiste a sua volta in:

- un dispositivo di sollevamento a comando oleodinamico;
- un dispositivo di attacco detto “a tre punti”.

Il sistema di sollevamento più diffuso è a forza e posizioni (dell'attrezzo o della macchina operatrice) controllate.

Attuatori remoti dislocati nelle macchine operatrici richiedono l'installazione sul trattore di un impianto idraulico con olio in pressione per il loro azionamento.

L'attacco a tre punti consiste in due bracci porta-attrezzi, un puntone superiore e due tiranti inferiori.

Sono sempre più diffusi sistemi di sollevamento analoghi disposti anteriormente al trattore per renderlo più versatile, spesso dotati di agganci rapidi.

1.7. Prese di potenza

Oltre allo sforzo di trazione, il trattore deve fornire potenza sotto forma di:

- coppia motrice, tramite albero rotante;
- pressione idraulica.

Nel primo caso si parla di presa di potenza meccanica, sempre presente nei trattori, anche nei più vecchi ancora in uso, abbinata all'attacco a tre punti.

Il comando della presa di potenza può essere derivato meccanicamente dal motore oppure da sistema idraulico (messo in pressione da pompa azionata dal motore).

La presa di potenza è definita:

- indipendente, quando è connessa direttamente al motore, per cui il suo regime varia con quello di quest'ultimo;
- sincronizzata, quando deriva il moto dalla trasmissione.

I regimi di rotazione della presa di potenza sono normalizzati in:

- 540 giri/minuto, normalmente con 80-90% di potenza motore;
- 1000 giri/minuto, per trattori con elevata potenza;
- 540 e 1000 giri/minuto economici, con regime del motore al minimo consumo (solo il primo valore per trattori con potenza < 30 kW).

Le prese di potenza idrauliche possono essere più d'una, disposte sia anteriormente che posteriormente.

Poiché la forza di reazione centrifuga è proporzionale al quadrato della velocità, gli organi delle macchine operatrici operanti con il regime di 1000 giri/minuto devono essere adeguatamente dimensionati per poter assorbire le superiori sollecitazioni.

1.8. Elettronica

Seguendo i moderni orientamenti, anche nel trattore agricolo l'elettronica sta prendendo sempre più piede (secondo chi scrive, anche in modo sovrabbondante).

Le linee di sviluppo sono molteplici, come illustrato nel seguito.

1.8.1. Sensori

Forniscono al sistema misure fisiche (forza, pressione, velocità, ecc.).

1.8.2. Informatica

Per l'elaborazione dei dati ed azioni conseguenti.

1.8.3. Elementi particolari

- sistema di controllo elettronico del sollevatore, con sensori di sforzo e posizione, con precisione, rapidità di risposta e controllo dello slittamento delle ruote motrici;
- riscontro della velocità effettiva di avanzamento del trattore, valore inviato al computer di bordo, dati i parametri impostati per la macchina operatrice accoppiata, fornendo una notevole quantità di informazioni (capacità di lavoro, superfici lavorate, tempo impiegato nella lavorazione, tempo residuo, consumi, autonomia residua, ecc.);
- controllo dei parametri di funzionamento del motore tramite microprocessore di gestione di un sottosistema ECU (*Electronic Control Unit*) per l'inserimento ed il disinserimento, quando necessario, di organi azionati dal trattore (blocco dei differenziali, doppia trazione, ecc.);
- azionamento di trasmissioni del tipo "power-shift" oppure a variazione continua del rapporto di trasmissione;
- salvataggio delle sequenze di comando, con ripetizione automatica dei medesimi nel riutilizzo;
- BUS, sistema di linee elettriche sulle quali vengono scambiati pacchetti digitali di dati relativi a parametri di funzionamento e di azionamento, con codice del sistema trasmittente;
- CAN-BUS (*Controller Area Network*), struttura semplice costituita da una linea elettrica a due fili, capace di funzionare anche in presenza di disturbi elettrici, che permette di includere componenti aggiuntive e può coordinare più ECU.

Capitolo 2

Il trattore agricolo e le innovazioni

Si è parlato prima in generale di cambiamenti nel trattore e forse nessuna macchina semovente, neppure l'automobile, è stata soggetta a tante innovazioni, talora radicali e stravolgenti, in tempi molto brevi, come il trattore agricolo.

Più di tante parole, è significativa la seguente immagine, tratta da un depliant pubblicitario della John Deere:



Fig. 2.1: Due trattori prodotti ad un secolo di distanza

Fra i due trattori c'è circa un secolo, ma nel confronto tra il vecchio trattore e quelli del secondo dopoguerra non c'è, apparentemente, quasi nessuna differenza e, a ben vedere, ce n'è ben poca con quelli degli anni '50, '60 o addirittura '70.

Oggi esistono macchine che effettuano lavorazioni con precisione migliore di quella dell'operatore più capace, a guida autonoma con sistema GPS, a rateo variabile, con mappature digitali, ecc.

In questo enorme progresso, però, non vi sono solo aspetti positivi, ma anche negativi, quali la complessità della macchina che genera problemi di costi, ammortamento, manutenzione, modalità di impiego, affidabilità.

L'introduzione dei cambiamenti comporta, infatti, una normativa sempre più complessa e stringente (v. capitolo relativo) e la produzione di macchine sempre più complicate, potenti e costose, certamente rispondenti alle esigenze delle coltivazioni di tipo industriale, ma poco adatte all'agricoltura frammentata della realtà italiana, soprattutto considerando i più recenti orientamenti sulla lavorazione del suolo (*minimum tillage, no tillage, ecc.*).

E' comunque certo che è passata l'età "eroica" dei trattori tutti aperti, senza protezioni di sorta né attenzione all'ergonomia ed al comfort.

L'elenco delle innovazioni è lungo e viene continuamente aggiornato, come è logico nell'evoluzione della macchina. Vediamone alcune delle case costruttrici più all'avanguardia.

2.1. Le innovazioni della John Deere

Partiamo dalla casa dell'immagine iniziale. La John Deere è sempre stata molto sensibile su questo argomento, attuando una vera e propria rivoluzione non solo a livello meccanico (basta esaminare la gamma dei trattori), ma anche digitale, volta a migliorare le prestazioni, ridurre i tempi morti e controllare i costi con tecnologia wireless; si citano:

- il "Go Operations Center" su "MyJohnDeere.com", che permette il collegamento fra macchine, campi ed operatori, consistente in un portale per la raccolta e la visualizzazione di informazioni agronomiche e relative alle macchine, connettendosi a queste ultime ed ai campi da un unico punto centrale; il portale permette anche lo scambio di informazioni con il concessionario della casa, con contoterzisti o altri partner; Riduci i tempi di impostazione sul campo fino al 90%! AutoSetup è uno strumento facile da usare che ti aiuta a pianificare tutti i lavori principali del trattore;
- il sistema "AutoPath", che crea automaticamente linee guida su tutto il campo, partendo dalle file già seminate;
- il quaderno di campagna digitale, su cui si possono aggiungere i lavori completati in una app;
- il sistema di importazione "ISOXML" dei dati di documentazione dai terminali Claas, Case IH, New Holland, Fendt Vario, CCI e Kverneland, visualizzati in un'unica piattaforma e trasferimento dati multi-marca grazie allo standard comune "Data

Connect”, con possibilità di visualizzazione delle macchine degli altri costruttori nel *“John Deere Operations Center”*.

- la guida automatizzata per tutti i modelli, tramite il sistema *“RTK”* che garantisce precisione, ripetibilità e tempi ottimali di acquisizione del segnale, eliminando la deriva del sistema satellitare di navigazione globale; con esso si registrano i confini del campo su cui si opera una sola volta;
- i ricevitori ed i display, che forniscono l'infrastruttura fisica per sfruttare i vantaggi dell'agricoltura moderna di precisione;
- i sistemi di guida integrati, dal controllo manuale a quello totalmente automatico, con adattabilità a trattori e automazioni di trattori di altri costruttori;
- un’ampia gamma di display integrati *“Gen4”* con la stessa interfaccia utente e compatibilità certificata ISOBUS AEF;
- il sistema *“John Deere ConnectedSupport”*, che in caso di problemi con il trattore monitora le condizioni della macchina per risolverli, in collegamento col concessionario di fiducia;
- applicazioni agricole specifiche, nelle quali con i dati forniti dai sensori in tempo reale e la documentazione specifica di un campo offrono informazioni utili per decisioni rapide ed efficaci sugli interventi da effettuare;
- il sistema *“Machine Sync”*, che consente la sincronizzazione basata su GNSS di velocità e sterzata tra mietitrebbia e trattore con rimorchio durante lo scarico della granella nel campo;
- la funzione di Automazione trattore-attrezzo (TIA), che permette alla rotopressa di indicare al trattore quando arrestarsi per procedere alla legatura;
- il controllo riempimento attivo John Deere, che utilizza una telecamera stereoscopica per controllare automaticamente la trinciatura senza perdite;
- il sistema *“John Deere iGrade”*, che permette di livellare il terreno, basato su RTK Radio più affidabile dei sistemi laser;
- il sistema *“Manure Sensing”*, che permette la riduzione dei costi dei fertilizzanti con rilevamento del concime erogato.

2.2. Le innovazioni del gruppo CNH Industrial

Appartengono al gruppo CNH Industrial i marchi Case IH, New Holland Agriculture e Steyr. Le ultime innovazioni sono:

- i trattori ad alimentazione alternativa come il New Holland “Methane Power” alimentato solo con metano ed in grado di ridurre le emissioni di CO₂ senza limitare le sue prestazioni e con vantaggi economici consistenti: la macchina è rifornibile sia dalla rete che da stazioni a biomassa;
- il riduttore a due velocità “*SmartShift*” che migliora la protezione degli organi di trasmissione del trattore;
- il sistema di telemetria “*AFS Connect*” nei trattori Quadtrac e Steiger per la gestione ottimale dei dati e cabina dotata di connettività 4G per la visualizzazione remota del display e contribuire a migliorare la produttività; il sistema consente il trasferimento bidirezionale dei dati tra la macchina ed azienda;
- il monitor AFS Pro 1200, che fornisce dati operativi ed incorpora la visualizzazione del display in remoto;
- il sistema operativo “*AFS Vision Pro*”, con funzionamento tipo smartphone / tablet, controllabile con *touchscreen* o selettore rotativo;
- il ricevitore “*AFS Vector Pro*”, che ottimizza la correzione della guida automatica ad ogni livello di precisione;
- il bracciolo “*Multicontroller*” con pulsanti di comando, manopola encoder per controllo e joystick “*Multicontroller*” con tasti di funzione programmabili;
- il portale online “*Case IH AFS Connect*”, che fornisce il *gateway* per controllare i trattori da un PC desktop in azienda o laptop localizzato altrove, per scambio di dati agronomici, esigenze di manutenzione o assistenza, ecc.
- la trasmissione “*Powershift PowerDrive*”, che permette riduzioni dei consumi ed accelerazioni più rapide al cambio marcia, specialmente nei trasferimenti;
- la trasmissione “*CVXDrive*” dei trattori Steiger e Quadtrac, di facile uso e rapida in accelerazione;
- il controllo adattivo dello sterzo ASC, sistema di sterzata a velocità variabile, che consente di modificare il rapporto tra il numero di rotazioni del volante e l’angolo di sterzata in base alle esigenze del momento.

- la sospensione anteriore idropneumatica tipo *“Terraglide”* dei trattori New Holland, che consente la regolazione automatica dello smorzamento tramite sensore;
- il sistema PLM -Precision Land Management dei trattori New Holland, che permette di scaricare e analizzare i dati delle rese;
- la piattaforma della New Holland *“MyPLM Connect”*, che consente la lavorazione del terreno con l’ausilio di mappe di prescrizione nell’agricoltura di precisione, con possibilità di sovrapposizione dei dati geospaziali.

2.3. Le innovazioni del gruppo SAME

Il gruppo Same Deutz-Fahr comprende i marchi Lamborghini, Gregoire e Hürlimann.

Alcuni prodotti innovativi della multinazionale sono:

- la piattaforma *“SDF Data Platform”*, che impiega le capacità combinate di intelligenza artificiale e *internet of things* con la *IBM Watson IoT Platform*; ha lo scopo di rendere più efficiente la manutenzione dei trattori; questi forniscono la connessione digitale alla piattaforma, diventando un *hub* per la raccolta dei dati, migliorando operatività, pianificazione e gestione dei processi delle aziende agricole nonché contemporanea conoscenza in tempo reale dello stato della macchina;
- la nuova tecnologia delle quattro ruote sterzanti, introdotta con il trattore Frutteto CVT ActiveSteer; con questo sistema, le ruote del retrotreno possono variare l’angolazione di 20° da entrambi i lati e la loro posizione viene controllata da una centralina elettronica, a sua volta controllata dall’operatore; in modalità proporzionale, la sterzata delle ruote posteriori è correlata a quella delle ruote anteriori consentendo di ridurre in modo consistente il raggio di curvatura senza problemi per la stabilità della macchina; la modalità *“a granchio”* permette di orientare le ruote posteriori in senso opposto rispetto a quelle anteriori ed è vantaggiosa nel lavoro in pendenza o con spazi angusti; in modalità *“delayed”*, la sterzata avviene proporzionalmente rispetto a quella delle ruote anteriori con leggero ritardo;
- il sistema *“Hydraulic engine brake concept”*, che consente la frenata del trattore con dissipazione di energia a mezzo del sistema idraulico della macchina; questo crea una

dissipazione modulata a controllo elettronico integrato, con vantaggi nel controllo del trattore durante i trasporti;

- la presa di potenza “Automatic PTO¹ speed change” abbinata ad una trasmissione CVT, con lo scopo di ridurre i consumi tramite il passaggio automatico dalla modalità normale a quella ECO; il sistema permette di cambiare i rapporti automaticamente per mezzo di un continuo dialogo tra motore, trasmissione e presa di potenza.

2.4. Altre innovazioni

Vi sono altre novità importanti che non sono appannaggio dei singoli produttori e riguardano specifici settori.

2.4.1. Sistemi elettronici di interazione trattore / macchina operatrice

Con tempi che corrono, si rende sempre più necessaria la comunicazione fra trattore, attrezzature ed ambiente in modo che possano interagire ed integrarsi, con vantaggi tanto per l'economia (maggior produttività) quanto per l'ergonomia (minori dispositivi di controllo e quindi minori perdite di tempo per l'operatore).

L'avvento in forma massiccia dell'elettronica ha comportato difficoltà di connessione, ci ha inizialmente, ed in parte, posto rimedio il sistema Canbus (Controller Area Network), che permette il collegamento fra una centralina e più sensori con una singola connessione (a due fili).

Ciò è stato ottenuto con la standardizzazione ISO 11783 detta anche Isobus, consistente in un sistema di scambio di informazioni trattore-attrezzo e derivante dal Canbus, una linea di connessione fra le centraline ECU.

L'Isobus è una linea di comunicazione più stabile del Canbus in quanto con esso si evitano perdite di segnale e si riducono gli errori.

La connessione del bus con l'attrezzatura è attuata con connettori in modo da trasferire il flusso di dati dal trattore all'attrezzo e viceversa.

L'Isobus, sviluppato in base alla normativa SAE J1939, necessita per la gestione di un unico monitor in cabina.

¹ Acronimo di “Power Take Off”

La nuova tecnologia Isobus è stata subito implementata dalla Fendt (del gruppo AGCO) nei trattori 900 Vario (oltre che dei carri auto caricanti Tigo PR-XR e degli atomizzatori trainati Rogator 300 TIM ready); questi trattori dispongono di Inbus in grado di modificare determinati parametri su richiesta degli attrezzi per una maggiore efficienza grazie all'adattamento macchina / attrezzatura.

Ulteriori sviluppi dell'Isobus sono attesi dalla versione ad alta velocità, con comunicazione basata su sistema Ethernet, oltre che dall'impiego di reti wireless.

2.4.2. Il controllo di emissioni dei motori endotermici

Le polluzioni del motore del trattore, nella stragrande maggioranza dei casi un diesel, finora non hanno destato molta attenzione, soprattutto perché la macchina il più delle volte lavora isolata, sui campi.

Oggi, il problema si pone anche per i trattori e sono state introdotte varie tecnologie, importate dal settore automobilistico.

Le emissioni inquinanti dei motori diesel sono essenzialmente NO_x, CO, PM (particolato) e HC (idrocarburi incombusti); questi ultimi ed il monossido di carbonio sono in minima quantità per le caratteristiche termodinamiche di questo tipo di propulsore mentre gli altri due inquinanti sono controllati con:

- il sistema SCR (Selective Catalyst Reduction), introdotto sui trattori in adempimento della normativa “Stage IV” e consistente nel trattamento dei gas di scarico con una soluzione acquosa di urea, e con il sistema EGR (Exhaust Gas Recycling) che fa reimmettere nella camera di combustione parte dei gas di scarico, entrambi con lo scopo di ridurre i NO_x;
- il sistema FAP (Filtro Anti Particolato), un filtro di ceramica atto a trattenere le polveri sottili (da rigenerare mediante combustione delle medesime).

2.5. Trattori elettrici ed ibridi

Più che di innovazione, qui si parla di rivoluzione: dalla sua nascita, il trattore agricolo è stato dotato di motori a combustione, prima esterna (a vapore), poi interna.

Oggi domina il diesel, ma un numero sempre più grande di costruttori sta proponendo dei trattori in cui la propulsione è, in tutto o in parte, elettrica.

Le cause alla base di questo fenomeno sono molteplici, solo in parte coincidenti con quelle del settore auto.

Il problema del controllo dell'inquinamento è evidente quando il trattore opera in ambienti chiusi, come i depositi, le stalle e le serre, laddove si presenta come un rischio per la salute.

Il diffondersi di colture biologiche è un'altra forte motivazione.

Anche gli enti pubblici sono sempre più sensibili all'argomento, soprattutto quando il trattore deve lavorare in giardini ed orti pubblici.

Un altro elemento a favore delle macchine di questo tipo deriva dall'adozione da parte di molte aziende agricole di sistemi di autoproduzione elettrica (pannelli fotovoltaici, impianti a biogas, ecc.), in vista dell'autosufficienza energetica.

I vantaggi del motore elettrico sono noti e molteplici, rispetto ad un motore termico, il problema sta nell'alimentazione: se la fonte di energia è vicina al motore, come nel caso delle applicazioni statiche, non ci sono problemi nel suo impiego.

Nel caso dei veicoli, e quindi anche in quello del trattore, la fonte dev'essere a bordo, cioè le batterie, oppure si deve attuare l'alimentazione con un cavo.

Oggi sono presenti sul mercato motori elettrici performanti, batterie con grande capacità e sistemi alternativi (abbinamento ad un motore termico, uso di speciali cavi, condensatori ad alta capacità, ecc.). Un fattore positivo è rappresentato dal peso delle batterie, che non è un problema per il trattore, ma anzi può rappresentare un'utile zavorra.

I settori R&S delle case costruttrici si sono da tempo attivati per produrre trattori alimentati elettricamente, investendo cifre cospicue e procedendo a realizzazioni non solo sperimentali, ma anche con modelli proposti commercialmente sul mercato.

Tale approccio sta andando addirittura oltre la sola costruzione della macchine, con applicazione della guida satellitare o priva di conducente, con controllo automatico della velocità, con attuatori elettrici al posto di quelli idraulici, e l'applicazione di tutte le innovazioni elettriche descritte nei precedenti paragrafi.

Sostanzialmente, i trattori di questo genere possono essere di tre tipi:

- 1) elettrici a batterie;
- 2) elettrici con cavo;

3) ibridi.

Nel primo caso, il problema è disporre di batterie in grado di garantire alla macchina un'adeguata autonomia in fase operativa o, in altre parole, che la densità di energia sia bastante per i lavori da eseguire.

Si deve, infatti, evidenziare che con le batterie attualmente disponibili, si possono avere le seguenti densità:

- al litio (le più impiegate): circa 0,2 MJ / Kg;
- al solfuro di litio: circa 1,5 MJ/kg;
- al litio e cloruro di tionile: circa 2,5 MJ/kg.

Pur con l'elevatissimo rendimento dei motori controllati elettricamente (~ 90%), la densità di energia disponibile per essi resta comunque bassa; al confronto, con il buon rendimento termodinamico dei moderni motori diesel (~ 30%), si arriva invece a disporre di circa 15 MJ / Kg di gasolio di energia meccanica utile.

Un altro elemento a sfavore dell'elettrico è il costo elevato delle batterie (attualmente sui 400 ÷ 500 €/kW), anche se in calo costante.

In ogni caso, va considerato che il trattore agricolo deve funzionare spesso per molte ore con elevato assorbimento di potenza, a meno che non si tratti di macchine piccole, dedite a lavori con scarso assorbimento di energia (v. esempi più avanti).

Per quanto esposto, emerge che al momento non è prevedibile la sostruzione dei trattori con motore endotermico (nella quasi totalità dei casi, di tipo diesel) con macchine solo elettriche; una soluzione può invece essere rappresentata dai trattori ibridi, che abbinano i vantaggi delle due tecnologie, del termico unito all'elettrico; in questo caso, quando è necessario il motore elettrico, può dare a quello termico il soprappiù di potenza, mentre con bassi carichi il motore a gasolio cede una parte della sua energia per ricaricare le batterie dell'elettrico.

Un esempio è dato dalla John Deere, casa costruttrice in prima linea nel settore, che ha proposto trattori dotati del "*Battery Boost*", una batteria ad alta capacità posta anteriormente sul trattore, di tipo *plug-in*, fungente anche da zavorra anteriore, in grado di fornire un surplus temporaneo (*boost*) di potenza pari a 106 kW.

Senza contare che, fra l'altro, con tale tecnologia, il consumo del motore endotermico diminuisce perché lavora con il massimo della coppia e spesso resta la possibilità di utilizzare la macchina in modalità solo elettrica, quando necessario.

Una soluzione alternativa del sistema ibrido è rappresentata dall'impiego del motore diesel (che in questo caso lavora a regime di coppia massima costante, con massimo di rendimento) per azionare un generatore, che a sua volta alimenta i motori elettrici del trattore (come nel caso dei locomotori ferroviari diesel-elettrici). In questo caso, le batterie non c'entrano e si presentano interessanti possibilità, quali il controllo di trazione delle singole ruote, l'azionamento del cambio CVT e degli utilizzatori, non più idraulici (migliorando la velocità di esecuzione ed il rendimento di essi).

Vediamo ora alcune delle soluzioni proposte sul mercato, partendo da quelle più impegnative quanto a Ricerca & Sviluppo ed impegno economico.

2.5.1. Le scelte della John Deere

Nel 2016 la casa presenta il trattore SESAM (Sustainable Energy Supply for Agricultural Machinery) (v. fig. 2.2), con due motori elettrici da circa 150 kW ciascuno, dei quali normalmente uno utilizzato per la propulsione e l'altro per l'azionamento della PTO e delle altre funzioni del trattore; esiste poi la possibilità di collegare i due motori per avere piena potenza; le batterie sono al litio da 130 kW/h, con ciclo di ricarica di 3 ore; l'autonomia dichiarata è di 4 ore operative sul campo.



Fig. 2.2: *Il trattore elettrico John Deere SESAM*

Nel 2019, il produttore presenta un altro trattore elettrico, questa volta alimentato via cavo e senza cabina, denominato GridCON (v. Fig. 2.3).

Questa macchina presenta contemporaneamente i vantaggi dell'assenza delle batterie e dell'impiego di potenti motori elettrici con ingombri limitati; per contro, si presenta il problema dell'alimentazione a causa del cavo e della fonte di energia cui attingere.



Fig. 2.3: *Trattore elettrico John Deere GridCON*

La potenza totale è di circa 300 kW; la fonte di energia elettrica è da 2,5 kV a corrente alternata, con connessione sita a bordo campo; la macchina impiega un bus da 700 V in corrente continua per i sistemi di bordo ed eventuali attrezzature.

Il cavo, lungo fino ad oltre 1000 metri, viene utilizzato a mezzo di un arrotolatore con braccio robotizzato ed un sistema di guida intelligente, che fa coprire dal trattore uno schema di lavoro predefinito, in modalità completamente automatica; è anche possibile la guida manuale, con telecomando.

Un altro trattore elettrico della John Deere, che definire fantascientifico è poco, è il Monoasse cingolato completamente elettrico (v. Fig. 2.4).



Fig. 2.4: *Trattore elettrico John Deere Monoasse*

che sintetizza autonomia, robotica e sostenibilità; è senza cabina e dotato di sensori per lavorare da solo in campo.

In più, questo trattore presenta la caratteristica (come dice il nome) di essere monoasse, con cingoli triangolari, formando un sistema di sterzo articolato con l'asse dell'attrezzo accoppiato posteriormente (necessariamente studiato per unirsi a tale macchina).

La potenza è di 500 kW e l'alimentazione avviene con batterie al litio.

2.5.2. La proposta della Fendt

Questa casa ha presentato nel 2017 il modello e100 Vario (v. Fig. 2.5), un trattore *full electric* con motore da 100 kW ed autonomia operativa sul campo di circa 2,5 ore col massimo sfruttamento della potenza.

Le batterie agli ioni di litio sono da 650 V con capacità di circa 100 kWh e sono in grado di accumulare elevate correnti in ricarica, attuabile fino all'80% in 40 minuti con alimentazione a 400 V / 32 A (capacità = 22 kW circa); la ricarica completa richiede circa 5 ore.



Fig. 2.5: *Trattore elettrico Fendt e 100 Vario*

Per regolare velocità, funzioni ed autonomia della macchina, si può ricorrere allo smartphone.

2.5.3. Altre soluzioni di trattori elettrici

Praticamente in tutto il mondo si moltiplicano le proposte di trattori elettrici, alcuni a livello di prototipo, altri già in commercio; trattori di potenza adeguata a compiere i normali lavori dell'azienda agraria, trattori molto specializzati, piccoli trattori per lavori leggeri o di uso hobbistico, trattorini specializzati.

Quella che segue è una rassegna di alcuni modelli assolutamente non esaustiva, ma in grado di dare un'idea del fermento che c'è nel settore.

- La casa Kubota ha presentato due prototipi di trattore elettrico, uno con conducente ed uno a guida autonoma.

Il primo è un trattore leggero (v. fig. n.2.6), solo elettrico, adatto a lavori specializzati e del quale non sono note le caratteristiche tecniche.



Fig. 2.6: *Trattore elettrico leggero Kubota a 2RM*

L'altro, denominato "X tractor cross" (v. Fig. 2.7) è addirittura fantascientifico per forme e tecnologia.



Fig. 2.7: *Trattore elettrico Kubota X tractor cross*

Esso è infatti dotato di batterie agli ioni di litio e di pannelli solari per la ricarica; è completamente autonomo, con impiego di intelligenza artificiale (AI) in grado di valutare un gran numero di informazioni, come ad esempio il tasso di crescita della coltura o i dati meteorologici, condivisibili con altre macchine ed il centro di gestione.

Dal punto di vista meccanico, è dotato di quattro cingoli triangolari, a forma modificabile per la regolazione dell'altezza da terra, ciascuno dotato di un motore regolabile in funzione delle condizioni del terreno, dell'angolo di sterzata richiesta, della potenza da erogare, ecc.

Il design è decisamente d'avanguardia.

- Un altro esempio di trattore elettrico statunitense è lo *"eUtility Tractor"* della casa californiana Solectrac (v. Fig. 2.8).

Siamo ben lontani dagli sforzi economici e progettuali della John Deere, qui siamo in presenza di un trattore elettrico leggero, a due ruote motrici, di stile retrò (sembra un Ford degli anni '70), dotato di un unico motore da poco più di 18 kW.

Le batterie hanno capacità di carica di 25 kWh, in grado di dare un'autonomia da cinque ad otto ore.



Fig. 2.8: Trattore elettrico Solectrac *"eUtility Tractor"*

La stessa casa ha poi proposto il trattore elettrico *"eFarmer"* (v. Fig. 2.9), senza sovrastrutture, guidabile con joystick, dotato di un motore elettrico da circa 18 kW e batteria da 20 kWh; l'autonomia va da 3 a 6 ore.



Fig. 2.9: *Trattore elettrico Soletrac “eFarmer”*

- Un trattore medio-piccolo elettrico europeo già in commercio è lo “SKE 50” (assieme al consimile “SKE 40”) della casa svizzera Rigitrac (v. Fig. 2.10).



Fig. 2.10: *Trattore elettrico Rigitrac “SKE 50”*

E' una macchina dotata di cinque motori elettrici: due da 50 kW per l'azionamento rispettivamente delle ruote all'avantreno e di quelle al retrotreno; due da 23 kW rispettivamente per unità PTO frontale e quella posteriore; uno per il sistema idraulico.

L'autonomia in normali condizioni d'uso è di cinque ore; il mezzo è dotato di un sistema di recupero di energia in frenata.

- Un prototipo di trattore elettrico più convenzionale è stato finanziato dal governo turco (senza marchio – v. Fig. 2.11). Rispetto all'innovazione, si tratta di una macchina abbastanza convenzionale e spartana, a quattro ruote motrici, con un motore da 70 kW ed autonomia di circa 7 ore.



Fig. 2.11: *Prototipo di trattore elettrico costruito in Turchia*

- Anche la Cina ha presentato un prototipo di trattore elettrico a guida autonoma, chiamato “NC Epoch” (v. Fig. 2.12). Non si hanno dati tecnici, si notano solo le quattro ruote motrici, l’assenza di cabina di guida ed il design d’avanguardia.



Fig. 2.12: *Prototipo di trattore elettrico cinese a guida autonoma*

- Un altro esempio di trattore elettrico a guida autonoma è il “Bakus” della casa ViTiBOT (v. Fig. 2.13), detto “il trattore dello champagne” in quanto utilizzato nei vigneti dell’omonima regione. Il motore elettrico è di tipo “brushless” e le batterie sono da 80 kWh.
La velocità operativa è bassa (massima = 6 km/h), ma adatta ai lavori tra i filari delle vigne; l’autonomia è elevata, pari a 10 ÷ 12 ore, con ricarica in 2 ore.



Fig. 2.13: *Trattore elettrico a guida autonoma ViTiBOT “Bakus”*

Il trattore è munito di 8 sensori con telecamera che permettono di rilevare gli ostacoli grazie al sistema computerizzato che si interfaccia con l’ambiente dove opera.

- Un altro trattore agricolo elettrico francese è l’ “Alpo” della casa di Sabri Agri (v. Fig. 2.14); è una macchina leggera proposta nelle versioni da 18 o 36 kW, batterie da 8 kWh ed autonomia da 8 ore.



Fig. 2.14: *Trattore elettrico Sabri Agri “Alpo”*

- Parlando di trattori elettrici leggeri, si citano:
 - il modello “e-Tractor” della casa indiana Celestial E-Mobility, (v. Fig. 2.15), piccola macchina per lavori leggeri con motore da soli 4,4 kW, batterie estraibili e recupero dell’energia in frenata;



Fig. 2.14: *Trattore elettrico Celestial "e-Tractor"*

- un altro piccolo trattore elettrico indiano chiamato "Farmtrac 25G" della casa Escorts (v. Fig. 2.16), dotato di un motore principale per la locomozione da 15 kW ed uno più piccolo per azionare l'impianto oleodinamico; le batterie sono agli ioni di litio, con autonomia di circa 6 ore e ricarica in 5 ore;



Fig. 2.16: *Trattore elettrico Escorts "Farmtrac 25G"*

- esiste anche un esempio italiano di piccolo trattore elettrico, specializzato nel diserbo, il "Rino" della casa Del Morino (v. Fig. 2.17), con due motori da 6 kW distinti fra locomozione e lavoro; le batterie sono da 22 kWh ricaricabili in 4 ÷ 8 ore.



Fig. 2.17: *Trattore elettrico Del Morino "Rino"*

2.5.4. Esempi di trattori ibridi

Restando nell'argomento dell'introduzione della tecnologia elettrica sui trattori, si propongono tre esempi di trattori ibridi.

- La Landini, storica marca italiana che oggi fa parte della multinazionale Argo Tractors, ha il trattore ibrido REX4 (v. Fig. 2.18), indicato per frutteti e vigneti, con caratteristiche tecniche particolari.



Fig. 2.18: *Trattore ibrido Landini "REX4"*

La macchina è dotata di:

- un motore diesel da 81 kW; tramite un generatore alimenta, passando per un pacchetto batterie due motori elettrici da 16 kW azionanti le ruote anteriori;

- del sistema “*Electra Evolving Hybri*”, a sua volta gestito dal “*Power Management System*”, che supervisiona il funzionamento di tutti i dispositivi;
 - del sistema “*Brake Energy Recovery*” di recupero dell’energia in frenata e decelerazione;
 - di sterzo ad azionamento elettrico integrato con l’avantreno a trazione elettrica.
- Un altro trattore ibrido è il modello “*Frutteto*” proposto dalla casa Carraro (v. Fig. 2.19).



Fig. 2.19: *Trattore ibrido Carraro “Frutteto”*

Secondo il costruttore, la scelta dell’ibrido è stata dettata dall’attuale insufficiente autonomia per il trattore delle batterie in commercio. In ogni caso, la macchina può operare in modalità solo elettrica.

Un motore diesel da 56 kW è abbinato a quello elettrico da 20 kW, per un totale di 76 kW; la coppia diesel-elettrica aziona la trasmissione meccanica, con possibilità di utilizzare, a seconda del caso, i motori assieme o singolarmente (quello elettrico in ambiente protetto).

La batteria al litio-ferro-fosfato (LiFePO₄) da 340 V ha una capacità di 25 kW

- Il terzo trattore proposto è lo Steyr Konzept (v. Fig. 2.20).



Fig. 2.20: *Trattore ibrido Steyr “Frutteto”*

La macchina ha un sistema ibrido seriale, con un motore diesel, non collegato alle ruote, che aziona un generatore di carica delle batterie.

Quattro motori elettrici nei mozzi delle ruote garantiscono la trazione e sono collegati in rete in modo tale che la potenza venga sfruttata in modo ottimale; inoltre, il sistema di propulsione “*eTorque*”, alimentato da una batteria centrale, fornisce l’ulteriore energia richiesta in picchi di potenza; non sono quindi presenti trasmissioni meccaniche o idrauliche, a vantaggio del rendimento complessivo del trattore.

Gli altri sistemi oleodinamici come la presa di potenza sono azionati elettricamente.

La macchina può essere comandata tramite un display integrato nel cristallo laterale destro della cabina ed un display “*Head-Up*” frontale proietta tutte le informazioni necessarie.

Il trattore può operare in modalità solo elettrica negli ambienti chiusi.

Capitolo 3

Il trattore agricolo ed il mercato

L'argomento economia in relazione al trattore agricolo è complesso, sia da punto di vista della produzione che dell'acquisto, per cui in questa sede si effettuano considerazioni di carattere generale, con poche osservazioni di tipo statistico.

E' evidente che il trattore è la macchina più importante dell'azienda agraria, alcuni numeri sono sufficienti a dimostrarlo: in Italia i trattori sono passati da circa 50.000 nel 1950 a 1.800.000 nel 2010, crescendo di 36 volte.

3.1. Il trattore come strumento di reddito

Questa macchina agricola fa parte del capitale agrario, nella ripartizione del capitale di scorta (scorte morte) ed essendo il trattore alla base della meccanizzazione aziendale, considerati costo ed importanza, dev'essere sfruttato razionalmente, ma il suo utilizzo va spesso ben oltre i tempi di ammortamento, tenuto conto della sua robustezza e conseguentemente, dei suoi ridotti costi di esercizio.

Ciò vale soprattutto per le piccole e piccolissime aziende agrarie, nelle quali restano operativi trattori con diversi decenni di servizio.

Tenendo quindi conto dell'elevato numero di tali aziende, risulta che l'età media dei trattori in Italia è alta, pur a fronte del considerevole rinnovamento del parco macchine nelle aziende medie e grandi.

Si osserva che, in base agli ultimi dati disponibili, il 2,8% delle imprese con più di 50 ettari detiene il 44,3% della SAU e che il restante 97,2% è costituito per oltre tre quarti da aziende con dimensione inferiore ai 5 ettari e che, conseguentemente, nelle piccole aziende, dotate comunque di almeno un trattore, esiste un sovradimensionamento quanto a potenza disponibile per unità di superficie lavorata.

3.2. La produzione

Nel sistema di classificazione ATECO 200749, la produzione di macchine agricole fa parte delle attività manifatturiere, con netta preponderanza della costruzione di trattori.

Nell'Unione Europea, l'Italia è il secondo produttore per fatturato ed esportazioni, preceduta dalla Germania e seguita, a distanza, dalla Francia.

A livello mondiale, va sottolineata la dinamicità sui mercati degli altri Paesi, non solo quelli storicamente affermati ed evoluti, come gli USA, ma anche dei Paesi asiatici, in primis la Cina, con una politica dei prezzi aggressiva, e ciò senza perdere di vista l'innovazione.

Conseguentemente, i costruttori nazionali continuano a rivestire un ruolo di primaria importanza a livello mondiale, ma devono continuamente evolversi per rispondere alla crescente concorrenza, sia interna all'Europa, che esterna.

A fronte di tale situazione, si osserva che la produzione dei trattori in Italia ha mantenuto un buon livello soprattutto grazie alla domanda estera, mentre la situazione in Italia mostra segnali ambivalenti.

Le seguenti tabelle illustrano i recenti orientamenti del mercato, ovvero:

- la variazione delle immatricolazioni dei trattori in Italia nel periodo gennaio – dicembre degli anni 2018 e 2019 con relativi scarti, divisa per regioni (tab. 3.1);

REGIONE	IMMATRICOLAZIONI TRATTORI		
	2018	2019	Δ%
ABRUZZO	492	426	-13,4
BASILICATA	284	340	+19,7
CALABRIA	575	636	+10,6
CAMPANIA	1.329	995	-25,1
EMILIA ROMAGNA	1.984	2.408	+21,4
FRIULI V.G.	511	556	+8,8
LAZIO	921	1052	+14,2
LIGURIA	135	90	-33,3
LOMBARDIA	1.761	1.941	+10,2
MARCHE	488	482	-1,2
MOLISE	128	122	-4,7
PIEMONTE	2.021	1.913	-5,3
PUGLIA	1.525	1.479	-3,0
SARDEGNA	399	466	+16,8
SICILIA	1.113	912	-18,1
TOSCANA	1.175	1.186	+0,9
TRENTINO A. A.	1.024	985	-3,8
UMBRIA	412	420	+1,9
VALLE D'AOSTA	63	47	-25,4
VENETO	2.102	2.123	+1,0
TOTALI	18.442	18.579	+0,7

Tab. 3.1 – Fonte Ministero dei trasporti – Elaborazioni Ufficio Statistico FEDERUNACOMA

- la variazione delle immatricolazioni dei trattori in Italia nel periodo gennaio – giugno degli anni 2019 e 2020 con relativi scarti, divisa per Regioni (tab. 3.2):

REGIONE	IMMATRICOLAZIONI TRATTORI		
	2019	2020	Δ%
ABRUZZO	214	189	-11,7
BASILICATA	183	191	+4,4
CALABRIA	282	268	-5,0
CAMPANIA	555	428	-22,9
EMILIA ROMAGNA	1.381	1.319	-39,0,4
FRIULI V. G.	331	222	-32,9
LAZIO	576	381	-33,9
LIGURIA	40	57	+42,5
LOMBARDIA	1.955	1.895	-6,3
MARCHE	219	195	-11,0
MOLISE	79	36	-54,4
PIEMONTE	1.120	1.070	-4,5
PUGLIA	723	657	-9,1
SARDEGNA	247	206	-16,6
SICILIA	497	452	-9,1
TOSCANA	645	452	-23,4
TRENTINO A. A.	584	507	-13,2
UMBRIA	213	192	-9,9
VALLE D'AOSTA	25	22	-12,0
VENETO	1.217	956	-21,4
TOTALI	10.024	8.222	-18,7

Tab. 3.2 – Fonte Ministero dei trasporti – Elaborazioni Ufficio Statistico FEDERUNACOMA

- la variazione delle immatricolazioni dei trattori in Italia negli anni 2019 e 2020 con relativi scarti, divisa per marchi (tab. 3.3):

MARCHIO	IMMATRICOLAZIONI TRATTORI				
	Immatricolazioni complessive			% Quota di mercato	
	2019	2020	Δ%	2019	2020
ANTONIO CARRARO	1.484	1.698	+14,42	7,99	9,46
CLAAS	620	570	-8,06	3,34	3,18
➤ Fendt - Challenger	1.105	1.253	+13,39	5,95	6,98
➤ Massey Ferguson	684	681	-0,43	3,80	3,68
➤ Valtra	356	355	-0,28	1,98	1,92
GRUPPO AGCO	2.145	2.291	+6,80	11,55	12,77
➤ Lovol – Arbos - Foton	251	188	-25,10	1,35	1,05
➤ Goldoni	730	210	-71,23	3,93	1,12
GRUPPO ARBOS	981	398	-59,23	5,28	2,3
➤ Landini	1.438	1.533	+6,60	7,74	8,54
➤ McCormick	289	323	+11,78	1,56	1,80
➤ Valpadana	135	143	+5,92	0,3	0,80
GRUPPO ARGO	1.862	1.999	+7,35	10,02	11,14
➤ BCS	315	271	-13,97	1,70	1,51
➤ Ferrari	244	220	-9,83	1,31	1,23
➤ Pasquali	96	3	-13,54	0,52	0,46
GRUPPO BCS	655	574	-12,37	3,53	3,20
➤ New Holland	3.904	3.670	-6,37	21,01	20,45
➤ Case	469	447	-4,92	2,52	2,49
➤ Steyr	61	73	+16,44	0,33	0,41
GRUPPO CNH	4.434	4.190	-5,50	23,87	23,35
➤ SAME	1.434	1.472	+2,58	7,72	8,20

➤	Immatricolazioni complessive			% Quota di mercato	
	2019	2020	Δ%	2019	2020
MARCHIO					
➤ Lamborghini	796	703	-11,68	4,48	3,92
➤ Deutz - Fahr	989	1105	+11,73	5,32	6,16
GRUPPO SDF	3.219	3.280	+1,89	17,33	18,28
JOHN DEERE	1.698	1.601	-5,71	9,14	8,92
KUBOTA	1.121	932	-16,86	6,03	5,19
ALTRI MARCHI	360	409	+13,61	1,94	2,28
TOTALI	18.579	17.944	-3,41	100,00	100,00

Tab. 3.3– Fonte: *macchinemotoriagricoli.edagricole.it*

Il diagramma che segue mostra l'andamento delle immatricolazioni in Europa confrontando gli anni 2019 e 2020

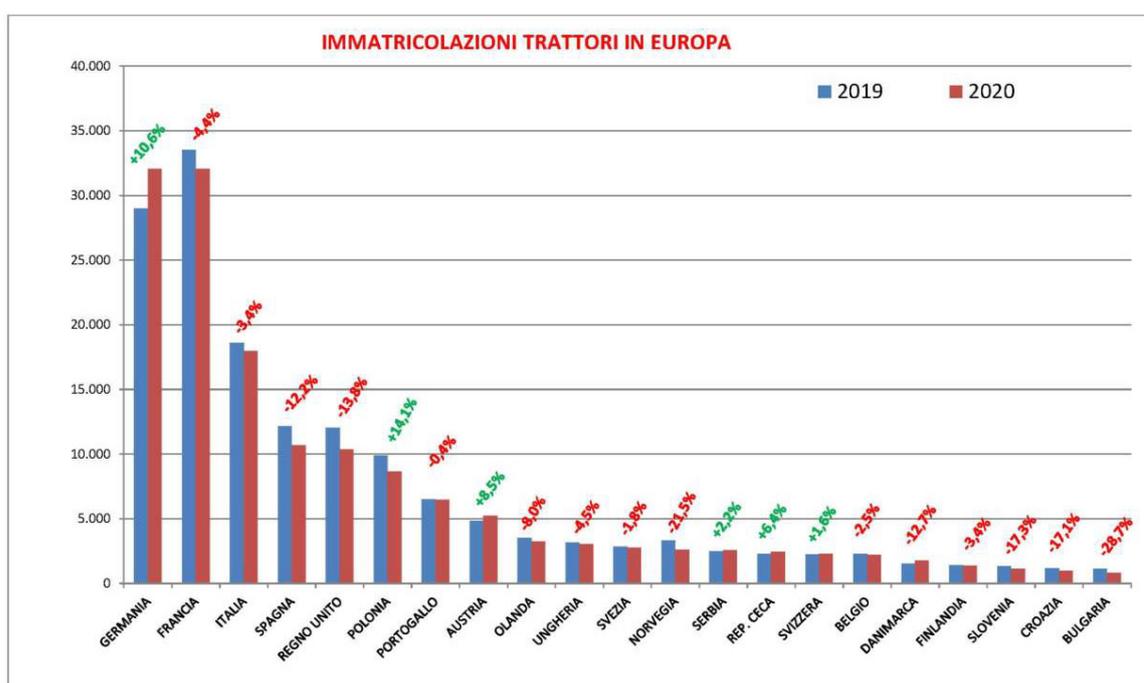


Diagramma 3.1– Fonte: *macchinemotoriagricoli.edagricole.it*

Dai dati raccolti si evidenziano:

- fra il 2018 ed il 2019, un modesto incremento dello 0,7%; considerando in numero di macchine immatricolate (attorno alle 2000 unità) si hanno, nell'ordine, Emilia Romagna (+21,4%), Veneto (+1%), Lombardia (+10,2%) e Piemonte (-5,5%);
- fra il 2019 ed il 2020, il trend è diventato negativo, con un -18,7% nel primo semestre del 2020, con parziale recupero nel secondo semestre, con un risultato finale del -3,41% con un totale di 17.944 macchine.
- considerando i marchi, hanno avuto risultati positivi il Gruppo Argo e Antonio Carraro, subentrato al John Deere al secondo posto; fra i marchi che hanno avuto risultati

negativi, si evidenzia quello del Gruppo Arbos con un -59,23% (con crollo del suo marchio Goldoni, al -71,23%);

- per quanto riguarda gli Stati, si evidenzia nel passaggio 2019 – 2020, il superamento della Francia (al primo posto) ai danni della Germania, mentre l'Italia resta stabile al terzo posto, pur con il calo segnalato.

Pur a fronte di un risultato complessivo non lusinghiero, si sottolinea che mostrano interesse sul mercato italiano i trattori specializzati (vigneto, frutteto, ecc.), di dimensioni limitate, adatti a molti contesti aziendali.

Si segnala, a tale proposito, quanto emerso dalla conferenza stampa del 27 aprile 2021 di presentazione di RIVE (Rassegna Internazionale di Viticoltura ed Enologia), durante la quale il Presidente di FederUnacoma Alessandro Malavolti ha riferito: *“Cresce nel totale delle trattrici immatricolate la quota relativa a quelle specifiche per frutteto e vigneto, che coprono quasi il 40% del mercato e che nel primo trimestre dell'anno registrano un incremento del 63%. La rassegna internazionale RIVE di Pordenone - organizzata in partnership con FederUnacoma - come punto di riferimento per le tecnologie più avanzate destinate alla filiera viticola ed enologica”*.

In effetti, i trattori specializzati hanno un peso sempre maggiore: negli ultimi venti anni hanno quasi raddoppiato la propria quota, dal 20% a quasi il 40%.

Ultimamente, a fronte di un totale di circa 18.000 trattori immatricolati annualmente, ben 7.000 sono specifici per lavorare in vigna o in frutteto.

Dal confronto tra l'andamento delle immatricolazioni di trattori specializzati nel primo trimestre 2021 con quello analogo del 2020, si riscontra un incremento del 63%, quasi dieci punti percentuali al di sopra della crescita delle altre macchine.

Il fenomeno si spiega considerando che, nell'ottica di un più vantaggioso utilizzo del terreno agrario e, quindi, del suo rendimento, si stanno sempre più sviluppando colture di qualità che approfittano del clima favorevole dell'Italia rispetto agli Stati del nord.

Capitolo 4

Il trattore agricolo e l'ambiente di lavoro

Il rapporto del trattore con il terreno su cui opera è di fondamentale importanza in termini di sostegno, dislocamento, locomozione e trazione, traino.

Per il solo sostegno della macchina, sono normalmente deputate a tale funzione, nei trattori a trazione semplice, le ruote anteriori, sterzanti, il cui rotolamento avviene per attrito con il terreno.

Per l'avanzamento del trattore, è essenziale considerare l'aderenza della macchina, che consiste nella resistenza prodotta fra organo di movimento e superficie di contatto nella fase di spostamento del trattore; in questo caso si hanno due tipologie di organi: le ruote motrici ed i cingoli.

Esistono quindi tre tipologie base del trattore agricolo:

- a 2 ruote motrici (2 RM), v. esempio di Fig. 4.1:



Fig. 4.1: *Trattore con 2 ruote motrici*

- a 4 ruote motrici (4 RM), v. esempio di Fig. 4.2:



Fig. 4.2: *Trattore con 4 ruote motrici*

- a cingoli, v. esempio di Fig. 4.3:



Fig. 4.3: *Trattore con cingoli*

4.1. L'aderenza

L'aderenza dipende essenzialmente dalla frazione di forza peso della macchina insistente sulle ruote motrici o sui cingoli e dall'efficacia del contatto tra il terreno ed è formulata dalla relazione

$$F_a = N_m \cdot c_a \text{ [N]} \quad (1)$$

con

- N_m = peso gravante sulle ruote motrici o sui cingoli,

- c_a = coefficiente di aderenza.

Esprimendo il peso N_m in funzione:

- della superficie A_m dell'area d'impronta degli organi di propulsione sul terreno (nel caso di ruote gommate, dipendente dal loro numero e dalla pressione di gonfiaggio degli pneumatici);
- della pressione specifica σ dell'organo sul suolo, l'espressione (1) diventa:

$$F_a = A_m \cdot \sigma \cdot c_a \text{ [N]} \quad (2)$$

Assunto come unitario [-] il valore del coefficiente di aderenza corrispondente alla marcia su strada normale aperta al traffico, esso assume valori inferiori nelle fasi operative del trattore, come indicato nella tabella seguente:

Il coefficiente di aderenza c_a assume valori (adimensionali) in funzione del tipo di terreno e dell'organo di propulsione utilizzato.

Assegnato il valore 1 al coefficiente di aderenza esercitato dal trattore su strada asfaltata, esso varia nelle diverse condizioni del terreno agricolo come prospettato nella tabella che segue, ovviamente con valori inferiori a quello unitario.

		con ruote gommate	con cingoli
valori di c_a [-]	su terra battuta	0,60 0,70	0,85 0,95
	su cotica erbosa	0,45 0,60	0,70 0,75
	su stoppie di grano	0,35 0,50	0,80 0,85
	su letto di semina	0,25 0,40	0,50 0,60
	su terreno bagnato	0,15 0,25	0,60 0,40

Tabella 4.1: Valori del coefficiente di aderenza

4.2. Lo sforzo di trazione

Lo sforzo di trazione è pari all'aderenza solo in assenza di slittamento. Quando quest'ultimo si verifica, la velocità del trattore rispetto al terreno diminuisce ed è all'incirca proporzionale allo sforzo di trazione esercitato dal trattore.

A parità di slittamento, i trattori cingolati possono incrementare fino al 40% lo sforzo di trazione rispetto a quelli con ruote gommate; per questi ultimi sono ammissibili slittamenti fino al 25%, per quelli con cingoli fino al 10%.

Nei vecchi trattori il rilievo dello slittamento in fase di sforzo di trazione era affidato alla sensibilità ed all'esperienza dell'operatore; nelle macchine moderne, più dotate, la rilevazione della loro velocità assoluta e quindi dello slittamento del trattore viene eseguita con rilevatori radar e, con tale dato, si può attuare il governo elettronico dello sforzo applicato al sollevatore.

In base a quanto riferito in merito all'aderenza, lo sforzo di trazione può essere crescere se si aumentano il valore del coefficiente di aderenza c_a (agendo sulle caratteristiche degli organi di locomozione e del terreno) oppure se si incrementa N_m , cioè il peso gravante sulle ruote motrici o sui cingoli, ottenuto con il carico totale o parziale sul trattore dei rimorchi, delle attrezzature o delle macchine operatrici oppure con adeguate zavorre, applicate sul telaio (di solito anteriormente) o direttamente sulle ruote motrici.

Lo sforzo di trazione sia in fase di trasporto su strada che operativa sul campo, è anche funzione della pendenza del terreno e della velocità assoluta di avanzamento del trattore e l'insieme di tutti i fattori indicati definisce l'indice di trazione, dato dal rapporto tra potenza esercitata in trazione e potenza massima che si può utilizzare.

4.3. La costipazione del suolo

La costipazione (o compattamento) consiste nella riduzione permanente (fino a nuova lavorazione) del volume del terreno per la compressione esercitata dagli organi di appoggio e propulsione del trattore e dipende, oltre che da detti organi, ovviamente anche dal peso della macchina.

Dalla sua nascita, il trattore agricolo è soggetto ad aumentare di dimensioni; considerando il periodo del secondo dopoguerra, mediamente la massa dei trattori è passata dalle 2 ÷ 3 t nel

1950 a 6 ÷ 7 t nel 1990 a più di 9 t nel 2006, per cui il compattamento è diventato più problematico e si è cercato di trovare modo per ridurlo tramite riduzione dello slittamento; ove possibile, con aumento della velocità di avanzamento; riduzione della pressione specifica esercitata sul suolo con aumento della superficie di contatto, con impiego di pneumatici o cingoli ad hoc.

4.4. Ruote e cingoli

Gli organi che permettono di esercitare lo sforzo di trazione possono essere ruote o cingoli, in entrambi i casi con diverse tipologie.

4.4.1. Le ruote

Le ruote possono essere di sostegno o motrici, con o senza pneumatici.

Quelle di sostegno solo per i trattori a 2 RM, sono libere ed hanno anche la funzione sterzante.

Le ruote possono essere interamente metalliche; i primi trattori avevano ruote solo di tale tipo: quelle anteriori di sostegno e sterzanti, con costolatura centrale longitudinale per conferire direzionalità e quelle posteriori motrici, con costolature trasversali.

Oggi, si utilizzano ruote di acciaio solo per ruote motrici nel caso di impieghi particolari: a gabbia per ridurre la costipazione del terreno (v. fig. 4.4) oppure speciali per trattori operanti nelle risaie, anche in quelle in asciutta (v. fig. 4.5); in questo caso, il peso del mezzo e quindi lo sforzo di trazione vengono scaricati su uno strato di terreno più compatto e profondo, sul quale queste ruote penetrano per diverse decine di centimetri.



Fig. 4.4: *Moderna ruota metallica a gabbia*



Fig. 4.5: *Ruota metallica a denti*

Si hanno anche casi ibridi, con costolature trasversali di acciaio retraibili, accoppiate a normali ruote motrici dotate di pneumatici (v. fig. 4.6).



Fig. 4.6: *Ruota gommata accoppiata a gabbia ribaltata*

Si evidenzia che sono sempre più diffusi trattori a trazione integrale, a differenza del passato quando erano quasi tutti a 2 RM, per cui le ruote, sia di sostegno che motrici, sono costituite da cerchi metallici su cui sono montati pneumatici (v. unto seguente).

I cerchi sono normalmente dotati di fori per l'eventuale montaggio su di essi di zavorre e sono bombati, in modo da poter variare la carreggiata della macchina o permettere l'accoppiamento di ruote gemellate (v. più avanti) tramite la semplice inversione degli pneumatici rispetto al senso di marcia normale.

4.4.2. Gli pneumatici

Come si è detto, la ruota gommata del trattore agricolo è costituita da:

- un cerchio metallico, normalmente di acciaio, viste le ottime proprietà meccaniche di questa lega e considerato che il suo elevato peso specifico nel caso del trattore agricolo non è uno svantaggio, ma, come sopra evidenziato, un fattore positivo;
- una camera d'aria di gomma (non presente negli pneumatici *tubeless*);
- uno pneumatico di varie fogge e misure, a seconda della destinazione d'uso e delle dimensioni della macchina cui è destinato.

Ne paragrafo parliamo di questi ultimi.

A seconda di come è costruita la carcassa, come per gli autoveicoli gli pneumatici possono essere:

- a tele incrociate, obsoleti, disperdenti molta energia per attrito e lavoro di deformazione elastica;
- radiali, con struttura metallica periferica e tele di armatura.

4.4.3. Pneumatici per ruote di sostegno e sterzanti

In questo caso si hanno ruote di diametro inferiore rispetto a quelle motrici e pneumatici dedicati, piuttosto rigidi con battistrada costituito da costolature longitudinali, eventualmente con tasselli laterali (v. Fig. 4.7), gonfiati a pressione elevata di 2 ÷ 3 bar, il tutto per conferire una buona direzionalità al trattore.

Per i motivi indicati e per la ridotta impronta di appoggio, con questi pneumatici la compressione del terreno è superiore sia a quella delle ruote motrici.



Fig. 4.7: Ruota direzionale

Le ruote motrici hanno la triplice funzione di sostegno, propulsione e trazione. Sono costituite da cerchi di acciaio con pneumatici flessibili, con battistrada caratterizzato da costolature a spina di pesce, di solito disposte a 45° rispetto all'asse longitudinale.

In base all'impiego, esistono ruote motrici di vari diametri e sezioni.

Con questo tipo di ruote, lo pneumatico ha generalmente sia il diametro esterno che la larghezza (detta corda) di misure maggiori rispetto a quelli delle ruote non motrici e presenta costolature a spina di pesce al fine di aumentare il coefficiente di aderenza migliorando l'aggrappamento.

La pressione di gonfiaggio è inferiore a quella degli pneumatici delle ruote di sostegno e può scendere fino a 0.6 bar.

La sezione è variabile, in base all'area di impronta richiesta ed alla superficie calpestabile in mezzo alle coltivazioni, come si vede negli esempi che seguono (v. fig. 4.8).



Fig. 4.8: Ruote con pneumatici di diverse sezioni

Esistono anche pneumatici per ruote motrici di trattore agricolo con battistrada più specialistico, come illustrato nella figura seguente (4.9):



Fig. 4.9: Ruota con pneumatico a sezione molto larga e disegno battistrada speciale

Come si è accennato, con questo tipo di pneumatici, per controllare la costipazione del terreno ed ottimizzare la trazione, la pressione di gonfiaggio è piuttosto bassa, mediamente attorno ad un bar.

Va considerato, infatti, che il peso dei trattori, sempre più grossi, è notevole per cui si ricorre a sistemi in grado di far variare a distanza la pressione degli pneumatici (e quindi l'area di

impronta), adeguandola alle condizioni di lavoro, ovvero bassa per le operazioni in campo (limitando la costipazione del suolo), alta per il trasporto su strada (laddove non si voglia ricorrere a mezzi cingolati, trattati più avanti).

Tali sistemi, sono da annoverare fra le innovazioni (alle quali è dedicato un capitolo a parte).

Un esempio di essi è rappresentato nella seguente Fig. 4.10.



Fig. 4.10: Sistema di regolazione della pressione degli pneumatici Fendt

Sempre con i medesimi scopi, vi sono anche altre tecniche, come l'impiego di:

- ruote motrici gemellate (v. esempio di fig. 4.11):



Fig. 4.11: Trattore John Deere con otto ruote gemellate

Si evidenzia che con questa configurazione si riducono il carico sul terreno e lo slittamento, mentre aumenta il coefficiente di aderenza; per contro, in presenza di terreno bagnato lo spazio fra le due ruote si riempie di fango, con effetti controproducenti.

- trattori a più di due assi, con ruote tutte motrici (v. esempio di fig. 4.12)



Fig. 4.12: *Trattore Fendt (Trisix Vario) con sei ruote motrici, delle quali quattro sterzanti (due all'avantreno e due al retrotreno)*

4.4.4. I cingoli

L'obiettivo è di ottenere la massima aderenza col terreno ed il massimo sforzo di trazione, cui si abbina una minore costipazione del terreno.

L'apparato di un sistema a cingolo è costituito:

- dal cingolo stesso, una catena modulare chiusa (catenaria) formata da maglie di acciaio unite da perni e recanti costolature trasversali (v. fig. 4.3), oppure, più recentemente, da un cingolo di gomma continuo con costolature analoghe a quelle degli pneumatici delle ruote di trazione sopra citati (v. Fig. 4.13);



Fig. 4.13: *Trattore con cingoli di gomma*

- una ruota dentata motrice, che ingrana fra le maglie del cingolo e la cui coppia è conferita dal motore attraverso la trasmissione;
- una ruota di rinvio, sita estremità opposta del sistema rispetto alla ruota motrice, folle e collegata al meccanismo tendicingolo;
- ruote di appoggio e guida, folli ed in numero variabile a seconda della lunghezza del cingolo, site sul lato inferiore dello stesso internamente al sistema, tra la ruota motrice e quella di rinvio;
- eventuali ruote di ritorno di sostegno del cingolo, site sul lato superiore dello stesso internamente al sistema, tra la ruota motrice e quella di rinvio;
- un telaio che collega gli elementi sopra indicati.

Con i cingoli l'aderenza al terreno è massima, con distribuzione del peso del trattore quasi del tutto uniforme, per cui la pressione sul terreno è modesta rispetto ad un trattore a ruote, con valori medi di 0.3 ÷ 0.5 bar.

Rispetto ai trattori a ruote, quelli cingolati presentano vantaggi e svantaggi.

Fra i vantaggi si riscontrano:

- la bassa o nulla costipazione del terreno (in funzione del tipo e dello stato del medesimo);
- l'elevato sforzo di trazione esercitabile, superiore del 30% su fondo agricolo asciutto e del 60% su quello umido (a parità di potenza applicata), con maggiore capacità di avanzamento su terreni molli;
- un baricentro più basso rispetto ai trattori a ruote, elemento tutt'altro che secondario ai fini della sicurezza, soprattutto per lavorazioni da effettuare sui terreni agricoli in pendenza in zone collinari o montane.
- una maggiore manovrabilità (il trattore cingolato può arrivare a girare su se stesso);
- una elevata durata (circa 3500 ore operative, per i cingoli metallici).

Fra gli svantaggi, si citano:

- il più rilevante peso della macchina;
- la maggiore complicazione meccanica, derivante sia dall'apparato dei cingoli medesimi sia dai distinti sistemi di azionamento dei cingoli per permettere la sterzata (tranne il caso dei trattori snodati con due coppie di cingoli);
- la maggiore difficoltà di spostamento su fondi duri o rocciosi;

- la ridotta velocità massima, fra l'altro condizionata da proprie norme stradali (v. paragrafo specifico);
- i maggiori disagi derivanti da rumori e vibrazioni.

4.4.5. I cingoli di gomma

Questi cingoli (v. Fig. 4.14) sono stati ideati allo scopo di rimediare a parte dei difetti dei cingoli metallici; essi presentano, al posto delle catenarie di acciaio, dei nastri deformabili di gomma sintetica con inserti trasversali costituiti da larghi pattini e costole di aderenza piccole e leggere, comunque di forma ottimizzata a seconda dell'uso della macchina.



Fig. 4.14: *Cingoli di gomma*

Le ruote motrici non sono dentate ed hanno una fascia periferica di poliuretano, mentre quelle anteriori tendicingolo possono anche essere rialzate per superare meglio eventuali ostacoli.

I cingoli di gomma sono adatti sia per trattori completamente attrezzati con tale sistema sia per trattori semicingolati, con cingoli al retrotreno e ruote motrici all'avantreno (v. Fig. 4.15), nei quali la ruota motrice del cingolo sostituisce quella gommata ed è posta superiormente alle ruote tendicingolo e di sostegno in uno schema a triangolo oppure con sistema cingoli in configurazione classica (v. fig. 4.16):



Fig. 4.15: *Trattore Case semicingolato con cingoli triangolari di gomma al retrotreno*



Fig. 4.16: *Trattore Claas con normale cingolatura in gomma*

In alternativa, esistono trattori di elevata potenza con due coppie di cingoli di gomma, due all'avantreno e due al retrotreno, con telaio unico o snodato (v. figg. nn. 4.17 e 4.18):



Fig. 4.17: *Trattore John Deere con doppi cingoli di gomma*



Fig. 4.18: *Trattore Case con doppi cingoli di gomma*

L'impiego di questi cingoli si sta diffondendo in quanto sono impiegabili con elevate potenze (anche oltre i 250 kW) e permettono di applicare uno sforzo di trazione superiore rispetto ai trattori a 4 RM, a quelle di trattrici a 4 ruote motrici di pari potenza e la loro diffusione è in crescita, seppure ancora ostacolata dagli elevati prezzi di vendita.

Inoltre, è stato riscontrato che i trattori con cingoli di gomma a configurazione triangolare consumano anche il 20% in meno rispetto a trattori a ruote a trazione integrale con peso analogo.

Per contro, si devono segnalare il maggior costo e la minore durata di questo tipo di cingoli.

Un caso particolare è costituito dai sovracingoli leggeri, applicabili a trattori con ruote isodiametriche, congiungenti le ruote dello stesso lato della macchina.

E' interessante osservare che progenitori dei moderni cingoli di gomma sono stati già negli anni Sessanta del secolo scorso i cingoli gommati tubolari Bonmartini, costituiti da un tubolare rinforzato con fili di acciaio, montato su una normale catenaria, con la sola differenza dell'azionamento effettuato dalla ruota motrice non dentata ed ottenuto per aderenza.

4.4.6. I diversi rapporti col terreno dei trattori a ruote rispetto a quelli a cingoli

Per le caratteristiche sopra descritte, rispetto al trattore a ruote quello cingolato è più indicato nella lavorazione di terreni scoscesi e umidi, in ambiti ristretti, per cui trova

maggiore applicazione in montagna e collina e, in generale, in condizioni del suolo particolarmente sfavorevoli.

Si ribadisce, inoltre, che con il trattore cingolato è sempre minore la costipazione del terreno rispetto a quella del trattore a ruote, mentre sono indubbiamente preferibili questi ultimi laddove non c'è questo rischio.

Un impiego particolare in cui vengono preferiti i trattori cingolati (di potenza elevata) è l'aratura da scasso, con cingoli sia metallici (v. Fig. 4.19) che di gomma (v. Fig. 4.20).



Fig. 4.19: *Trattore con cingoli d'acciaio ed aratro da scasso*



Fig. 4.20: *Trattore con cingoli di gomma ed aratro da scasso*

Anche quando la velocità è importante, soprattutto quando sono previsti trasporti su strada, sono preferiti i trattori gommati a quelli a cingoli metallici.

In alternativa, i trattori con ruote possono essere sostituiti da quelli con cingoli di gomma, che possono circolare su strada come i primi, senza i limiti delle macchine con cingoli metallici, e sono molto più veloci potendo raggiungere con tale sistema i 40 km/h.

Sono interessanti alcune soluzioni proposte in passato per far circolare su strada i trattori cingolati.

Una consisteva semplicemente nell'installazione da ambo i lati della macchina (di solito un trattore leggero) di due coppie di ruote gommatae di sezione ridotta (per limitare lo slittamento laterale), come illustrato nella seguente Fig. 4.21:

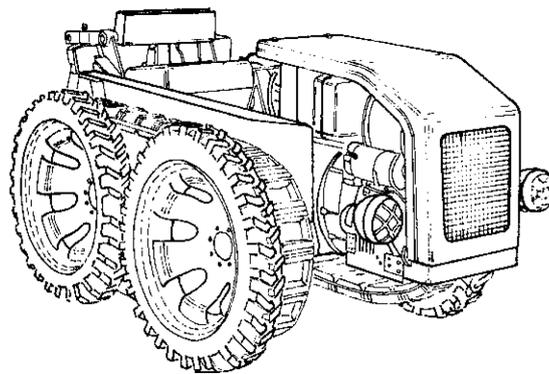


Fig. 4.21: *Trattore cingolato con ruote ausiliarie gommatae*

Alternativamente, per permettere una sterzata più agevole, si ricorreva ad una configurazione a triciclo con due ruote ausiliarie gommatae posteriori, calettate su cingoli.

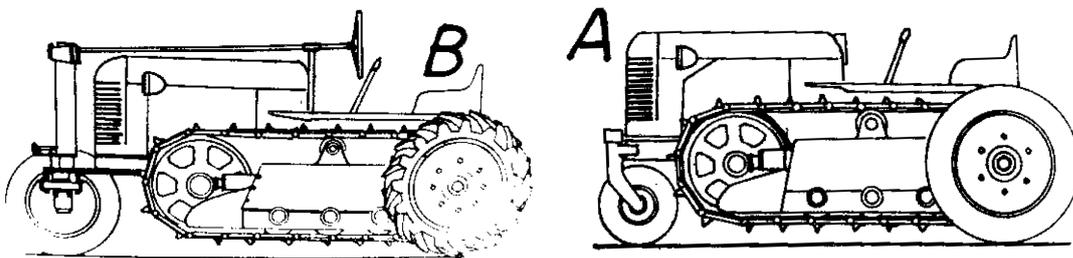
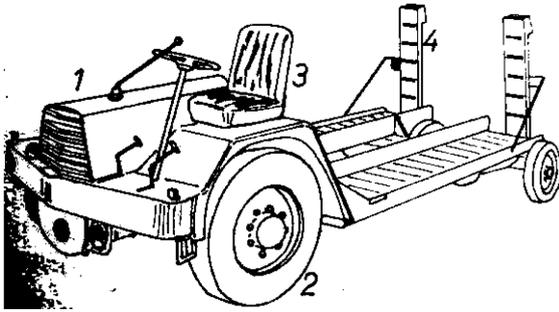


Fig. 4.22: *Trattori cingolati dotati di ruote gommatae*

Posteriormente, con sterzata fornita dall'azionamento dei cingoli medesimi e ruota anteriore folle piroettante (v. Fig. 4.22 lettera A) o dotata di dispositivo di sterzo, con volante aggiunto al posto di guida (v. Fig. 4.22 lettera B).

Alternativamente, per spostamenti più veloci del trattore si ricorreva a carrelli porta-trattici semoventi, come quello illustrato in fig. 4.23:



Legenda:

1 gruppo cambio-trasmissione

2 ruote motrici e direttrici

3 posto di guida

4 scivoli per carico e scarico

Fig. 4.23: Carrello porta-trattori cingolati

Esso era costituito da un pianale come quello di un autocarro, dotato anteriormente di un posto di guida con tutti i dispositivi connessi (sterzo, freni, ecc.) e posteriormente di rampe di salita/discesa del trattore.

Il trattore cingolato saliva in retromarcia, veniva bloccato e la sua presa di potenza veniva collegata al cambio di cui era dotato il carrello, a trazione anteriore.

Durante il trasporto, il motore del cingolato, in moto, permetteva il movimento del carrello.

In pratica, si risparmiava un motore.

Oggi il trasporto dei cingolati viene effettuato più convenientemente ed in modo più veloce con carrelli trainati o autocarri.

Sempre nell'ambito del rapporto macchina / suolo si osserva che:

- su terreni ad elevato attrito interno e non coesivi sia per i trattori a ruote sia per quelli cingolati lo sforzo di trazione applicabile cresce col peso della macchina;
- discorso analogo vale per il movimento su strada e su fondi duri;
- su terreni cedevoli ad elevata coesione e con attrito interno praticamente nullo come quelli argillosi saturi d'acqua, per limitare l'affondamento dei trattori a ruote è consigliabile l'impiego di ruote di diametro elevato piuttosto che inferiore e pneumatici a sezione elevata per ridurre l'attrito volvente.

Capitolo 5

Rapporti della macchina con l'operatore

Il rapporto fra l'operatore e il trattore agricolo è senz'altro quello che più è cambiato, soprattutto negli ultimi anni.

Dal punto di vista meccanico, la struttura della macchina non è cambiata radicalmente, basti vedere l'esempio visibile nell'immagine che segue (Fig. 5.1): è un Landini a testa calda del dopoguerra, con un motore, oggi ormai obsoleto, di tipo monocilindrico, a due tempi con ciclo Sabathé, di elevata cilindrata, prodotto già dagli anni Trenta del secolo scorso; ebbene si evidenzia che nonostante l'età, la sua impostazione meccanica è del tutto simile ad un moderno trattore a 4 ruote motrici.



Fig. 5.1: *Trattore Landini con 4 ruote motrici di inizio anni '50*

Oggi, sia per motivi tecnici sia per cause normative (alle quali si rinvia), i trattori agricoli hanno subito un'evoluzione impensabile solo poco tempo fa.

Al di là di particolari innovazioni tecnologiche (v. capitolo precedente), i settori che maggiormente hanno interessato la conduzione della macchina, sono stati:

- la sicurezza;
- l'ergonomia;
- il comfort.

5.1. La sicurezza

Si riportano alcuni interessanti dati statistici riguardanti la sicurezza:

- dal *“Report annuale infortuni mortali in agricoltura”* dell’Osservatorio INAIL riguardante il 2015, risulta che il 56% dei casi di infortunio in agricoltura avviene con i trattori;
- contemporaneamente, emerge che nel 2020 il tasso di infortuni e di decessi sul lavoro registrati tra gli agromeccanici ha subito una riduzione del 50%.

Risulta evidente che il miglioramento è dovuto alla maggiore attenzione per la sicurezza dei trattori, con l’applicazione di norme stringenti per le nuove macchine e l’adeguamento di quelle più vecchie, unite alla maggiore consapevolezza degli operatori.

Le cronache riportano spesso notizie di incidenti con trattori, spesso con esiti mortali.

Le casistiche dei sinistri sono essenzialmente: da ribaltamento della macchina; da interferenza con parti in movimento del trattore o con macchine operatrici azionate dal medesimo; da contatto con parti calde; da salita/discesa da scale di accesso alla macchina pericolose; da avarie di impianti idraulici o elettrici.

5.2.1. Gli incidenti da ribaltamento

Risulta che il 77% degli infortuni mortali o gravi relativi alla guida di un trattore in Italia riguardano il capovolgimento del mezzo ed una buona fetta di tale percentuale è determinata dalla mancata messa a norma delle macchine ovvero dal mancato rispetto dei RES - Requisiti essenziali per la sicurezza.

E’ interessante uno studio sull’argomento tratto da una tesi di laurea², nel quale si legge:

“A partire dagli anni 70 fino alla fine degli anni 80. gli infortuni in ambito agricolo hanno avuto una continua crescita fino a raggiungere oltre 200.000 casi all’anno.

Dagli anni 90 questo andamento è stato però invertito fino ad arrivare ad oggi. La stessa tendenza si può riscontrare nei dati sugli infortuni mortali in agricoltura.

Negli ultimi 5 anni addirittura, le morti verdi sono in continuo calo.”

Con riferimento ai decessi, la stessa tesi riferisce che *“nella maggior parte dei casi sono da attribuire ad un problema attuale: il ribaltamento del trattore agricolo”*.

² Tesi di Laurea *“Analisi degli infortuni mortali dovuti al ribaltamento dei trattori agricoli e misure di prevenzione”* – Università degli Studi di Milano – Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari – Corso di laurea in Valorizzazione dell’Ambiente e del Territorio Montano – Laureando Fontana Marco – Anno Accademico 2019/2020.

Il ribaltamento della macchina è dovuto a sforzi di trazione applicati in modo irregolare o marcia in presenza di dislivelli tali da portare la perpendicolare del baricentro del trattore al di fuori dell'area di appoggio oppure cedimenti del terreno in pendenza.

La Commissione Agricoltura del Senato ha riferito³ che in Italia *“si è stimata la presenza di 1.600.000 trattatrici con età media di 20 anni:*

- di questi circa 668.000 sprovvisti di strutture di protezione in caso di ribaltamento;

- di questi circa 1.240.000 sprovvisti di sistemi di ritenzione (cintura di sicurezza)”.

Inoltre si ritiene che a partire dal 2009 “di queste macchine circa 80.000 siano state oggetto di adeguamento per quanto riguarda l'installazione dei telai di protezione del posto di guida ed un numero maggiore sia stato oggetto di installazione della cintura di sicurezza”.

Ovviamente, sta alla prudenza ed all'esperienza del trattorista evitare che simili situazioni si verificino, ma non sempre ciò accade.

Con i vecchi trattori, il posto di guida consisteva (e consiste) in un semplice sedile con i comandi davanti ed è evidente che tale configurazione è estremamente pericolosa in caso di ribaltamento, spesso senza lasciare via di scampo per l'operatore, visto che si trova sopra una macchina pesante, rigida e massiccia.

Non che il problema non fosse sentito: già nell'immediato dopoguerra erano stati proposti vari sistemi attivi per evitare il ribaltamento: trattori con assi snodati atti a tenere la macchina sempre a piombo durante il lavoro su declivi; sistemi di segnalazione o di spegnimento del motore in caso di avvicinamento al limite di ribaltamento, impiego di barre orizzontali estraibili automaticamente al superamento del limite.

Tutti tali sistemi hanno però sempre presentato limiti di affidabilità, di costi o di praticità.

A fronte del fallimento di queste soluzioni, negli anni successivi si è tentato di implementare la sicurezza non cercando di impedire il ribaltamento, ma di eliminarne o ridurne le conseguenze ovvero con l'impiego di sistemi passivi.

A questo riguardo si ritiene doveroso accennare, a Pio Manzù.

Figlio dello scultore Giacomo Manzù, è noto per la realizzazione della Fiat 127, “Auto dell'anno 1972”, che però non ebbe modo di vedere su strada perché morto giovanissimo, a soli trent'anni, nel 1969.

³ Risoluzione n. 449 del 13 maggio 2015

Ebbene, Pio Manzù studiò presso la Hochschule für Gestaltung HfG di Ulm⁴, dove si laureò nel 1965 con la tesi dal titolo *“Design di un trattore da 80 CV”* che tiene conto dell'uomo, delle sue esigenze e della sua sicurezza (il modello della tesi è visibile nella Fig. 5.2); il trattore progettato prevede una cabina a protezione dell'operatore dal ribaltamento della macchina e costituisce uno dei primissimi studi ergonomici del posto di guida del trattore agricolo.



Fig. 5.2: Il *“trattore sicuro”* di Pio Manzù

Oggi, dopo vari tipi di prove statiche e dinamiche, la soluzione è stata individuata nei ROPS (Roll-Over Protective Structure), dispositivi di protezione in caso di capovolgimento, obbligatori per legge, consistenti in una struttura di protezione per evitare o perlomeno ridurre i rischi di infortunio per il conducente in caso di capovolgimento del trattore, mantenendo l'operatore all'interno di un volume di sicurezza o di zona libera per evitare che rimanga schiacciato tra parti del trattore o tra questo ed il suolo.

I ROPS possono essere formati da:

- struttura di sicurezza posteriore a due montanti (v. Fig. 5.3);
- struttura di sicurezza anteriore abbattibile a due montanti (v. Fig. 5.4)
- telaio a quattro montanti con o senza piattaforma (v. Fig. 5.5);
- cabina sospesa (v. Fig. 5.6).

⁴ Scuola superiore di progettazione grafica e di disegno industriale, attiva dal 1953 al 1968, quando venne accorpata all'Università di Stoccarda; l'istituto prevedeva lo studio dell'ergonomia fra le materie insegnate.



Fig. 5.3



Fig. 5.4



Fig. 5.5



Fig. 5.6

E' evidente che le suddette strutture cambiano a seconde dell'equipaggiamento, del peso e della potenza del trattore nonché del clima in cui viene ad operare.

Naturalmente, i trattori di nuova omologazione sono già rispondenti alle esigenze di sicurezza antiribaltamento.

I dispositivi ROPS rispondono infatti alla Direttiva macchine 2006/42/CE.

Per la marcatura CE, i requisiti dell'Allegato I sono contemplati nel punto 3.4.3.

I trattori meno recenti devono adeguarsi, come indicato nelle già citate linee guida dell'INAIL, codificati come indicato nella tabella che segue:

Tipologia di trattore	Classe di massa [kg]	Telaio di protezione
Carreggiata stretta	$600 \leq M \leq 2000$	Due montanti anteriore abbattibile/fisso
		Due montanti posteriore abbattibile/fisso
	$M > 2000$	Due montanti anteriore abbattibile/fisso
		Due montanti posteriore abbattibile/fisso
Carreggiata standard	$600 \leq M \leq 3000$	Due montanti posteriore abbattibile/fisso
	$3000 \leq M \leq 5000$	Quattro montanti
		Due montanti posteriore abbattibile/fisso
	$M > 5000$	Quattro montanti
A cingoli	$600 \leq M \leq 3000$	Due montanti anteriore abbattibile/fisso
		Quattro montanti
	$3000 \leq M \leq 5000$	Due montanti anteriore abbattibile/fisso
		Quattro montanti
$M > 5000$	Quattro montanti	

Indubbiamente, quindi, l'adozione di sistemi protezione ROPS dell'operatore rappresenta un importante progresso per la sicurezza di trattore agricolo.

Ai ROPS va abbinata la cintura di sicurezza, un sistema di ritenzione ormai obbligatorio come sulle auto.

Predisposta all'origine per i nuovi trattori, nei trattori necessitanti di adeguamento alle normative la cintura di sicurezza, normalmente del tipo a due punti (v. Fig. 5.7), dev'essere

ancorata a sedile di guida; se questo non è predisposto, va sostituito con uno adatto a garantire il fissaggio; in altre parole, se il sedile è fisso la cintura va assicurata allo stesso oppure a parti fisse della macchina; se il sedile è mobile va fissata solo ad esso.



Fig. 5.7: Cintura di sicurezza a due punti con arrotolatore

Un cenno all'eventuale sedile dell'accompagnatore: esso non deve essere esposto a pericoli nel raggio di azione di sicurezza, non deve intralciare il guidatore, deve inoltre essere dotato di cintura di sicurezza omologata ed il suo uso è limitato al trasferimento su strada essendo il ROPS omologato per una sola persona.

Nota: in questa sede non vengono trattati i dispositivi FOPS (*Falling Object Protective Structure*), obbligatori per le macchine movimento terra e consistenti in telai atti a non esporre gli operatori al rischio di caduta di materiale dall'alto; per quanto riguarda i trattori agricoli, i FOPS sono obbligatori per quelli dedicati alla silvicoltura e molti trattori agricoli moderni ne sono comunque dotati.

5.2.2. Gli incidenti per interferenza con organi in movimento

Osservando foto o documentari riguardanti antiche macchine agricole in azione colpiscono grandi pulegge e cinghie che lavorano oppure alberi di trasmissione che ruotano senza alcuna protezione,

Oggi, le protezioni dagli organi del trattore in movimento sono (quasi) sempre presenti, ma gli incidenti, sia pure con minore frequenza, continuano a verificarsi, con esiti più o meno gravi, talora mortali.

In questo caso il sinistro può derivare direttamente da interferenza con parti del trattore medesimo (cinghie, ventole, prese di potenza, alberi cardanici, ecc.) o indirettamente da interferenza con macchine operatrici azionate dal trattore.

La difesa dal rischio di avvolgimento su tali parti organi in movimento consiste in ripari conformi alle direttive CE.

Ovviamente, la causa di tali sinistri non è individuabile solo nella conformazione della macchina, ma anche nel comportamento dell'operatore che indossa indumenti che possono impigliarsi negli organi in movimento o si avvicina incautamente a detti organi senza spegnere il motore.

Va sottolineato che gli infortuni di questo tipo hanno esiti molto spesso gravi o mortali.

Nella fattispecie, i principali dispositivi di protezione del trattore da questo tipo di rischio consistono:

- in una protezione fissata sul trattore a copertura almeno della parte superiore e dei due lati della presa di potenza posteriore ed anteriore del trattore quando operative (v. fig. 5.7) o nella protezione terminale della stessa in caso di inutilizzo (v. fig. 5.8);

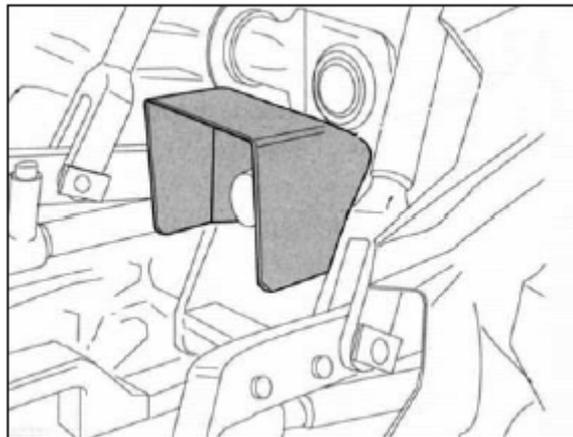


Fig. 5.8

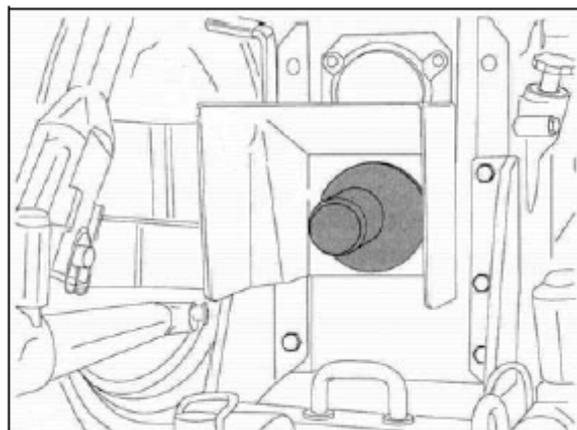


Fig. 5.9

- nella predisposizione di un sistema atto ad impedire l'avviamento del motore in caso di inserimento della marcia o della presa di potenza.
- nelle protezioni con griglie o ripari delle cinghie di trasmissione del moto, delle ventole per il raffreddamento e tutti gli altri organi di movimento accessibili:
- nelle protezioni dell'albero cardanico che coprano tutte le parti in rotazione (v. Fig. 5.10).



Fig. 5.10

5.2.3. Altri rischi

Oltre ai possibili rischi sopra citati, è necessaria anche la prevenzione:

- dal contatto ustionante con parti calde del trattore, la cui superficie raggiunge temperature superiori a 80 °C; tali parti sono gli organi termici (cilindri, testata) ed il sistema di scarico del motore, le scatole del cambio e della frizione; tali parti se accessibili devono essere protette dal contatto accidentale; le protezioni vanno estese anche alle parti calde vicine a organi di accesso al posto di guida del trattore; il sistema di scarico dei gas esausti (collettore, silenziatore ecc); la superficie calda del cilindro e della testata; la scatola del cambio e della frizione;
- dal rischio di caduta nelle fasi di salita/discesa dal posto di guida, con impiego di idonei mezzi di accesso alla cabina con superfici grigliate ed antiscivolo, qualora il dislivello tra il suolo e la piattaforma di guida sia superiore ai 550 mm (v. Fig. 5.11) e montaggio di corrimano o maniglie per garantire tre punti di appoggio/presa durante le fasi di salita e discesa dal trattore.

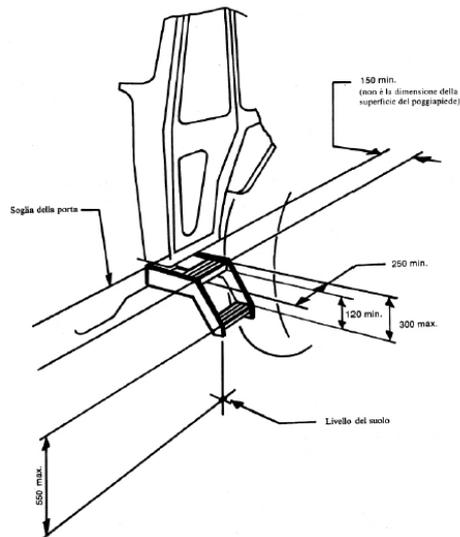


Fig. 5.11

- dai pericoli derivanti da pressioni di impianti idraulici; in particolare, i raccordi idraulici siti presso il sedile di guida devono essere posizionati in modo da non provocare lesioni in caso di scoppio; se non protetti, i tubi idraulici devono essere dotati di una guaina antiscoppio;
- dai pericoli di inversione delle connessioni idrauliche, con conseguenti movimenti delle macchine operatrici opposti a quelli richiesti, con attribuzione alle prese di corrispondenti codici di riconoscimento;
- dai rischi legati all'inalazione di polveri e sostanze nocive, per le quali esiste specifica normativa UE che prevede quattro livelli di protezione dell'eventuale cabina dell'operatore ovvero, in assenza di questa, tramite dispositivi di protezione individuale;
- dai pericoli derivanti dagli impianti elettrici: anche in questo caso le misure di sicurezza sono stringenti: il motorino di avviamento dev'essere azionabile solamente con il cambio in folle, la presa di potenza disinserita o la frizione premuta; l'impianto elettrico, protetto da fusibili, dev'essere dotato di cavi e spine fissati al trattore per evitare schiacciamenti e corto circuito, i cavi devono essere protetti da usura per sfregamento contro superfici metalliche, deve essere installato in zona facilmente accessibile un sezionatore di corrente, la batteria deve essere bloccata e dotata di isolatore elettrico almeno sul polo positivo.

Esistono anche altri rischi di varia natura, non strettamente legati al trattore in quanto tale, dei quali qui ci si limita ed elencarne alcuni: rumori derivanti dall'utilizzo della macchina, incendi, urti contro persone o cose.

5.2.4. La scheda sicurezza

A completamento del paragrafo, si riproduce la "Scheda A: La sicurezza nell'uso della trattore agricola" prodotta da Veneto Agricoltura, Agenzia veneta per l'innovazione nel settore primario, in relazione a "La gestione della sicurezza sul lavoro in agricoltura – l'azienda agricola":

Scheda A: La sicurezza nell'utilizzo della trattore agricola



Descrizione
<p>Guida ed utilizzo della trattore:</p> <ul style="list-style-type: none"> • su viabilità stradale/viabilità aziendale o su capezzagne per trasporto o raggiungimento area di lavoro; • in pieno campo come macchina operatrice; • utilizzo della trattore a punto fermo come motrice di attrezzature (spacca legna, sega circolare, ecc).

Fattori di rischio principali	Simbolo
Ribaltamento, impennamento del mezzo	
Caduta dal mezzo nelle fasi di salita e discesa	
Rumore	
Vibrazioni	
Contatto con parti calde della macchina	
Polveri	
Rischio chimico	
Movimentazione dei carichi (zavorrata o attività di carico/scarico connessa all'utilizzo di rimorchi agricoli)	
Contatto con organi in movimento o rotazione (pdp)	
Possibile contatto con liquidi in pressione (impianto idraulico)	

Misure di prevenzione e protezione
<ul style="list-style-type: none"> • non superare le pendenze prescritte, prestare attenzione alle sterzate ed alla stabilità delle ripe e delle scoline; • garantire che la velocità di esercizio sia tale da mantenere la necessaria sicurezza in relazione alla conformazione del terreno su cui si lavora come ad esempio pendenza e franosità del terreno; • assicurarsi di non superare le pressioni massime previste dalle tubature; • effettuare l'ordinaria manutenzione, utilizzare pezzi di ricambio con caratteristiche adeguate; • assicurarsi che la trattore sia conformata per la marcia su strada (presenza dell'accoppiamento dei pedali dei freni, blocco differenziale disinserito, macchine operatrice bloccate ed in ordine per la marcia su strada, ruote omologate); • assicurarsi durante le manovre che non ci siano persone nelle immediate vicinanze, comunque usare l'avvisatore acustico; • evitare passeggeri a bordo se non risulta presente l'apposito sedile; • nei vecchi trattori non avviare mai il motore da terra ma solo dal posto di guida, assicurarsi che il freno di stazionamento sia azionato; • non saltare dal posto di guida ma utilizzare la scaletta; • controllare l'efficienza dei filtri; • rispettare le norme stradali e gli opportuni dispositivi di segnalazione visiva ed acustica; • seguire le indicazioni e le scadenze previste per la manutenzione ordinaria, ricorrere ad officina autorizzata per riparazioni straordinarie.

Controlli
<ul style="list-style-type: none"> Organi di trasmissione <ul style="list-style-type: none"> Pdp Idr Elementi in pressione <ul style="list-style-type: none"> Idr Soll Potenza necessaria per svolgere lavorazione Massa trattore ed eventuale Elementi di traino Integrità delle protezioni e del telaio di protezione Ingombri e sporgenze Luci posizione e segnalazione Parti calde protette Distanze di sicurezza nelle lavorazioni agricole

DPI	
Guanti a resistenza meccanica (min. 4-3-3-3) Guanti a resistenza chimica (cambio olii, trattamenti, manutenzione)	
Scarpe anti-inforunistiche	
Tuta da lavoro	
Otoprotettori (nelle attività a terra o per trattori prive di cabina)	

Presidi obbligatori per la sicurezza	
Uso cintura di sicurezza	
Telaio di sicurezza (Rops)	

Documentazione
<ul style="list-style-type: none"> patente di guida; carta di circolazione della trattore; i contrassegni assicurativi della macchina agricola e del rimorchio, assieme al certificato assicurativo; abilitazione per la guida di trattori (Tabella 21).
<p>Patenti di guida delle macchine agricole</p> <p>La patente di categoria A, conseguibile a 16 anni, abilita alla guida di macchine agricole o loro complessi con le seguenti caratteristiche: lunghezza m 4,00, larghezza m 1,60, altezza m 2,50, velocità massima 40 km/h, massa complessiva a pieno carico fino a 2,5 t nessun passeggero a bordo.</p> <p>La patente di categoria B, conseguibile a 18 anni, abilita alla guida di tutte le macchine agricole comprese quelle eccezionali e, se previsto dalla carta di circolazione, anche se trasportano altre persone, oltre il conducente.</p>

Kit di lavoro	
Cellulare di servizio per la comunicazione di eventuali situazioni di emergenza	
Cassetta primo soccorso	
Estintore	
Giubbotto alta visibilità	
Lampeggiante	
Tablette di segnalazione	

Approfondimenti tecnici

dove

i = pendenza macchina

b_c = carreggiata del trattore

H_α = altezza del baricentro

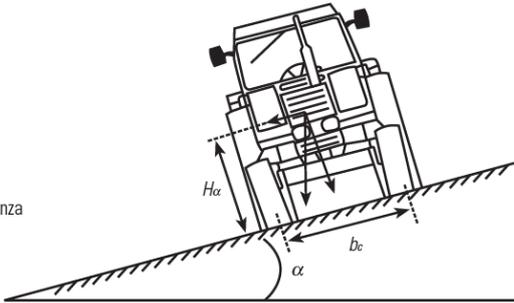
α = angolo compreso tra il profilo del terreno e l'orizzontale

$$i = \frac{b_c}{2H_\alpha}$$

$$i = \operatorname{tg} \alpha$$

In linea generale ai fini della prevenzione del ribaltamento trasversale, per trattori senza zavorre si possono indicare i seguenti valori di pendenza massima (i max) oltre il quale il rischio risulta molto alto:

Per i trattori a ruote 2 RM	i max = 25 - 30%	α = 14° - 16,7°
Per i trattori a ruote 4 RM	i max = 30 - 35%	α = 16,7° - 19,3°
Per i trattori a cingoli	i max = 50 - 55%	α = 26,5° - 28,8°



5.3. Ergonomia

Se confrontiamo un vecchio trattore con una macchina moderna, dal punto di vista dell'ergonomia esiste un abisso.

L'ergonomia è la *“Disciplina scientifica che si occupa dei problemi relativi al lavoro umano e che, assommando, elaborando e integrando le ricerche e le soluzioni offerte da varie discipline (medicina generale, medicina del lavoro, fisiologia, psicologia, sociologia, fisica, tecnologia), tende a realizzare un adattamento ottimale del sistema uomo-macchina-ambiente di lavoro alle capacità e ai limiti psico-fisiologici dell'uomo”*⁵.

Risulta quindi chiaro che non solo dev'essere garantita la sicurezza dell'operatore, ma per una maggiore produttività è opportuno che l'ambiente del suo posto di lavoro sia il meno affaticante possibile.

Oltretutto, l'operatore meno stanco è più vigile e quindi meno soggetto ad incidenti sul lavoro.

Nei vecchi trattori tali aspetti ergonomici erano del tutto trascurati: il posto di guida era collocato in posizioni spesso scomode, il sedile era un semplice pezzo di lamiera sagomata (v. Fig. 5.12) ed i comandi erano spesso difficoltosi da azionare, senza alcun servomeccanismo, e messi nelle posizioni più disparate secondo le esigenze di spazio e meccaniche (v. Fig. 5.13), senza considerare, appunto, né l'ergonomia né le ore di lavoro che l'addetto doveva trascorrere alla guida della macchina.



Fig. 5.12: *Trattore Busatto degli anni '60 – esempio di sedile di guida dell'epoca*

⁵ Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani S.p.A.



Fig. 5.13: *Trattore Same degli anni '60 - esempio della scomoda posizione del pedale della frizione, collocato tutto a sinistra in modo da evitare l'interferenza con il rinvio del comando dello sterzo*

Un altro esempio della scarsa considerazione per la protezione del posto di lavoro sul trattore è data dalla seguente immagine (v. fig. n-5.14), tratta da un depliant dell'epoca, che mostra un trattore Same Sametto dotato di un parabrezza tipo ciclomotore (ma era già molto!).



Fig. 5.14: *Trattore Same Sametto con posto di guida dotato di parabrezza*

Risulta quindi impietoso il confronto fra il posto di guida di queste macchine ed i trattori moderni.

Oltre alle prestazioni delle macchine, soggette a continui miglioramenti ed innovazioni (v. capitolo relativo), oggi i costruttori mettono a disposizione dell'operatore un sedile adeguato, comandi facilmente riconoscibili, comodi da usare ed a portata di mano, sovente una cabina

tecnologicamente avanzata in grado di fornire un ambiente di lavoro isolato da polveri ed aerosol dei fitofarmaci o polveri ambientali, da vibrazioni e rumore e da un clima talora sfavorevole, come nel caso della cabina con livello di protezione 4.

5.3.1. Il sedile di guida

Il seggiolino del conducente del trattore è diventato col tempo da un pezzo di lamiera stampata ad una vera poltroncina.

Il sedile deve essere innanzitutto posizionato in modo tale da garantire:

- un’ampia visibilità sia degli organi di moto della macchina sia delle macchine operatrici ad essa collegate, soprattutto quando la macchina è dotata di cabina; in particolare, l’addetto deve poter vedere, senza dover spostare il torso dalla posizione eretta, le ruote anteriori e la loro zona di contatto col terreno e la linea che dette ruote devono poi percorrere (v. Fig. 5.15) nonché la linea che deve percorrere il treno posteriore con almeno una delle ruote; analoghe considerazioni vanno fatte per i trattori cingolati, tenendo conto della specificità;



Fig. 5.15: *Visibilità dal posto di guida*

Si progettano quindi le cabine con vetri più grandi e riduzione delle zone d’ombra; quando sussistono problemi di visibilità, spesso si ricorre a cofani del trattore ribassati anteriormente oppure a sistemi di videosorveglianza, attuabili con costi limitati; altro elemento da considerare è l’illuminazione del campo durante le lavorazioni serali e notturne;

- un accesso ai comandi ergonomicamente valido, con le misure indicate nello schema di Fig. 5.16 e nell’esempio di Fig. 5.17.

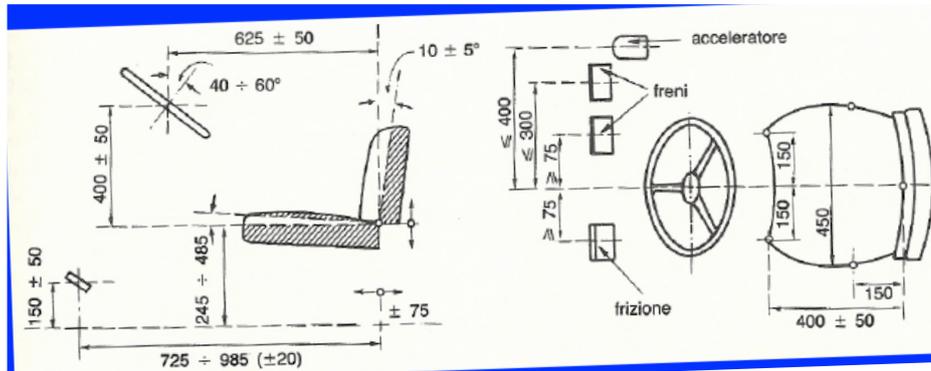


Fig. 5.17: Esempio di posto di guida di trattore Lamborghini attualmente in commercio

Per lo smorzamento di vibrazioni ed oscillazioni, il sedile è dotato di parallelogramma articolato dotato di ampie regolazioni, con sistemi idraulici o pneumatici; un esempio è dato dalla Fig. 5.18 sotto riportata.



Fig. 5.18: *Moderno sedile di guida di trattore agricolo*

Da ultimo, si ricorda che il posto di guida può essere del tipo reversibile, per particolari impieghi del trattore, mantenendo le caratteristiche ergonomiche del posto di guida unidirezionale.

5.3.2. La cabina di guida

Va premesso che esistono molti esempi di trattori moderni privi di cabina, ma che mantengono un'adeguata protezione dalle vibrazioni grazie all'installazione, oltre che dei sedili sopra descritti, di posto di guida con piattaforma sospesa.

Quando invece la cabina è presente, spesso è installata sul trattore direttamente dalla casa costruttrice (v. esempio di Fig. 5.19).

Nei modelli più evoluti, la cabina è dotata di sistema che mantiene la pressione interna maggiore di quella esterne, impedendo così l'entrata di polveri ed aerosol; mentre l'aria in ingresso viene trattata con filtri a carboni attivi.



Fig. 5.19: *Moderna cabina di guida di trattore agricolo*

La protezione da oscillazioni e vibrazioni non è affidata solo ai sedili, pur evoluti, ma anche a cabine dotate di tasselli di gomma (silent-block) o addirittura di sistemi di sospensione.

5.4. Il comfort

Oggi, nei trattori al top l'operatore lavora comodamente seduto in un ambiente climatizzato, sul quale per lo smorzamento delle vibrazioni agiscono pneumatici e sospensioni del trattore, nonché quelle della cabina e del sedile, con il posto di guida dotato di servomeccanismi di ogni genere, atti a ridurre al minimo la fatica.

La comodità del posto di guida del trattore agricolo è strettamente connessa con l'ergonomia e, quindi, con il benessere dell'operatore.

Si sottolinea che il comfort è importante nel determinare preferenze di acquisto del trattore e nel promuovere condizioni di impiego che aumentino la produttività e il benessere, e contiene necessariamente elementi oggettivi, come ad esempio le vibrazioni, e soggettivi.

Per quanto riguarda vibrazioni e rumori, si possono distinguere:

- oscillazioni a bassa frequenza, inferiori a 10 Hertz, derivanti dall'avanzamento del trattore, le quali determinano problemi a carico dell'apparati osseo spinale e digerente;
- oscillazioni ad alta frequenza, superiori a 15 Hertz, determinate dal funzionamento del motore, della trasmissione e delle macchine operatrici collegate, con conseguenze negative per il sistema nervoso e causa principale per l'affaticamento.

Per comprendere quanto l'argomento venga ritenuto importante, si rileva che è stato oggetto di recente interessamento dell'INAIL, che nel Manuale operativo dell'08.03.2021, denominato *“Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo”*, indica i sistemi per limitare l'esposizione dei lavoratori a vibrazioni e rumore.

Il Manuale specifica che la progettazione è *“una delle misure che la EN ISO 12100:2010 suggerisce ai fabbricanti e ai progettisti di macchine i quali la dovrebbero considerare come parte di una strategia al fine di ottenere la sicurezza mediante la progettazione di macchine in conformità con la legislazione europea”*.

Il documento chiarisce che i nuovi trattori sono *“progettati nel rispetto degli obblighi normativi, per i trattori più datati sono spesso necessari degli interventi di bonifica. Tali interventi devono apportare modifiche di possibile implementazione e di costo contenuto”* mediante l'adozione di sistemi di isolamento dalle sorgenti di vibrazione, e la sospensione *“deve essere progettata in modo che la frequenza di taglio sia inferiore alla più bassa frequenza di sollecitazione”*.

Gli interventi indicati sono: sospensioni nei punti di fissaggio della cabina al telaio del trattore; sostituzione di sedili rigidi con sedili ammortizzati; sostituzione degli pneumatici, con rigidità e pressione di gonfiaggio scelte per ridurre le vibrazioni.

Nel Manuale, con riguardo agli adeguamenti esiste una importante precisazione: *“tali modifiche, utilizzate singolarmente o meglio combinate tra loro, possono essere sufficienti a rendere il trattore o la macchina agricola nel suo complesso rispondente ai requisiti normativi. Qualora tali modifiche non fossero sufficienti alla riduzione delle criticità, può diventare necessaria la sostituzione del trattore”*.

Il capitolo 8° - *“Mitigazione degli effetti delle vibrazioni e del rumore sulla macchina agricola”* del Manuale dell'INAIL comprende le seguenti voci:

8.1 Influenza delle sorgenti di vibrazione sul sedile dell'operatore

8.1.1 Analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote del trattore con il terreno

8.1.2 Analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti del trattore

8.1.3 Analisi delle vibrazioni generate dal contatto delle ruote dell'operatrice con il terreno

8.1.4 Analisi delle vibrazioni generate dal movimento di parti dell'operatrice e dell'interazione con il terreno

8.2 Influenza delle macchine operatrici sulle vibrazioni trasmesse al sedile dell'operatore

8.2.1 Effetto di una macchina operatrice sulla trasmissibilità ruote trattore - sedile operatore

8.2.2 Effetto del contrappeso anteriore per macchine portate posteriori

8.2.3 Effetto di una macchina operatrice sulle accelerazioni trasmesse all'operatore

8.3 Modifiche ai sistemi di collegamento per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore

8.3.1 Attacco anteriore modificato: terzo punto ammortizzato

8.4 Modifiche ai trattori per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore

8.4.1 Effetto dello smorzamento delle sospensioni sulle vibrazioni del sedile dell'operatore

8.4.2 Inserimento di un sedile ammortizzato

8.5 Modifiche alle macchine operatrici per la riduzione delle vibrazioni sul sedile dell'operatore

8.6 Insonorizzazione della cabina per l'attenuazione delle medie alte frequenze

8.6.1 Progettazione acustica di una cabina di un trattore attraverso la Statistical Energy Analysis

Oltre agli importanti sistemi di protezione dalle vibrazioni, esistono molti altri elementi in grado di migliorare il comfort (e, talora, anche l'ergonomia), alcuni importanti, altri a livello di gadget.

Si citano fra i primi:

- la climatizzazione delle cabine, che nei trattori più avanzati è paragonabile a quella delle auto, con in più la possibilità di funzionamento a motore spento, tramite unità supplementari autonome;
- i comandi posizionati in modo intuitivo e facili da usare;
- vetri della cabina capaci di filtrare la luce diretta del sole per vedere bene i lavori;
- sistemi video per visione zone d'ombra;
- sistemi di guida parallela e telemetria, in grado di implementare il lavoro sul campo;
- sedili con la parte superiore dello schienale che ruota con l'operatore per permettergli di controllare il lavoro posteriormente;
- braccioli *smart* dotati di pulsanti, manopole e joystick;
- sistemi *smart touch*;
- monitor *touchscreen* a colori;
- supporti per *smartphone* e prese USB;

- dotazione di: lettori CD e MP3 / WMA Auto AUX-IN-Radio AM-FM / Bluetooth:

Sono esempi di gadget:

- volanti rivestiti in pelle;
- pedali cromati;
- ghiacciaia elettrica;
- imbottiture di gomma sui vani portaoggetti;

E' interessante osservare che le case costruttrici affrontano il tema del comfort della cabina ciascuna a modo suo; si riporta qualche orientamento:

- la Case, per il lusso dei modelli top (ad esempio: sedile in pelle rossa, volante e pomello del cambio di pelle);
- la Claas con molta cura dei particolari;
- la Fendt in modo tecnologico e complesso (ad esempio, prevede fra gli optional un sedile climatizzato);
- la John Deere per la semplicità e funzionalità, ma per soluzioni di alto livello, come l'allestimento "*Active Seat II*", con compensazione proattiva del movimento del sedile, funzione di massaggio, rotazione del sedile di 65°, 3 poggiatesta, impianto audio 6.1 e frigorifero integrato;
- la SAME per la massima standardizzazione dei componenti nella gamma.

Capitolo 6

Il trattore agricolo e le normative

Una volta il trattore agricolo non era soggetto, praticamente, ad alcuna norma riguardante il lavoro nei campi ed a poche nella circolazione su strada.

Oggi è cambiato tutto sia per improcrastinabili ragioni di sicurezza sia per ragioni amministrative.

Il discorso riguarda principalmente l'omologazione: prima gestita dai singoli Stati membri della CE, è diventata di carattere comunitario sia per aggiornarla che per uniformarla.

La sensazione è però che si sia passati a una sostanziale anarchia ad una serie quasi interminabile di limiti e norme che finiscono per condizionare tanto le case costruttrici delle macchine quanto gli agricoltori che le utilizzano.

In questo capitolo vengono affrontate le norme riguardanti il trattore come macchina da lavoro soggetta ad omologazione e che deve poter circolare su strada; esistono peraltro, come sopraccennato, numerosissime norme che riguardano gli aspetti burocratici, di standardizzazione, ecc. non affrontabili in questa sede per quantità e complessità.

Prima di trattare vari aspetti normativi, è necessario definire che cos'è un trattore agricolo⁶ inteso come mezzo circolante; esso rientra nella categoria delle macchine agricole semoventi con 2 o più assi con o senza piano di carico, con ruote o cingoli, destinate a trainare, spingere, trasportare o azionare strumenti, attrezzature portate o semiportate e rimorchi impiegati nei lavori agricoli.

Un'ulteriore importante dicotomia deriva dal Regolamento comunitario n. 167/2013 riguardanti l'omologazione dei trattori agricoli; da esso derivano due casi:

- i trattori omologati fino al giorno 31.12.2015, soggetti agli Articoli nn. 57, 104 e 107 del Codice della Strada (oltre alla normativa che ne discende);

⁶ Il Codice della Strada utilizza il termine "trattrice", ma nell'uso comune si usa quello di "trattore"; oggi i due termini si possono considerare equivalenti, con preferenza per il secondo.

- quelli omologati dal giorno 01.01.2016 conformi alla nuova omologazione europea dei mezzi agricoli in base alla Direttiva 74/150/CE al Regolamento UE 167/2013, denominata “*Mother Regulation*” per aver dato origine alle numerose regolamentazioni riguardanti la movimentazione della macchina quando circolante solo per il trasferimento a vuoto oppure con “*attrezzature intercambiabili trainate*”, con attrezzature portate o semiportate (considerate parte integrante del trattore) o, infine, con traino di rimorchi agricoli.

Escludendo questi ultimi (per i quali esiste specifica regolamentazione), qui si vuole parlare solo del trattore da solo o dotato di attrezzature portate (come ad esempio aratri, erpici, spargi sementi o spandiconcime centrifughi), il cui peso grava completamente sul trattore stesso oppure semiportate (ad esempio atomizzatori o semirimorchi), con peso gravante in parte sul trattore ed in parte su ruote dell’attrezzatura stessa.

Ma andiamo con ordine, verificando cosa è prescritto per i trattori agricoli, tenendo conto dei diversi regimi di omologazione che, è bene sottolinearlo, non riguarda più la sola circolazione su strada aperta al traffico, ma anche il trattore in fase operativa.

6.1. La “Mother Regulation”

La costruzione dei trattori non si basa su principi arbitrari, bensì su rigorose norme di omologazione.

Come si è accennato, i trattori agricoli dal primo gennaio 2016 per essere omologati devono rispondere alle norme costruttive armonizzate a livello europeo della “*Mother Regulation*” ovvero del Regolamento UE 167/13.

Detto Regolamento è costituito da 78 articoli riguardanti:

- il campo di applicazione;
- gli obblighi degli Stati membri;
- gli obblighi dei costruttori;
- le procedure di base e la validità dell’omologazione;
- le disposizioni per l’immatricolazione;
- le disposizioni per l’immissione sul mercato;
- le disposizioni per la sorveglianza di mercato;

- il riconoscimento di altre normative internazionali come i Regolamenti UNECE ed i Codici OCSE.

Risulta quindi cruciale l' Art. 5 Reg. 167/2013, che stabilisce: *“Gli Stati Membri non vietano, limitano, o impediscono l'immissione sul mercato, immatricolazione, o l'entrata in circolazione di veicoli, sistemi, componenti, entità tecniche per motivi connessi ad aspetti di costruzione o di funzionamento trattati dal presente regolamento se soddisfano le prescrizioni dello stesso”*.

Gli aspetti strettamente tecnici sono regolamentati dagli Articoli nn. 17, 18 e 19; essi riguardano soprattutto la salvaguardia dell'operatore e dell'ambiente.

Altre caratteristiche sono poi normate dalla Commissione Europea tramite regolamenti “figli” consistenti negli Atti Delegati della Commissione, così articolati:

- Reg. 1322/2014 (RVCR) - requisiti tecnici;
- Reg. 2015/208 (RVFSR) - requisiti tecnici;
- Reg. 2018/985 (REPPR) – emissioni;
- Reg. 2015/68 (RVBR) – frenatura;
- Reg. 504/2015 (RAR) - prescrizioni amministrative.

In sostanza, la progettazione e la costruzione del trattore devono avvenire nel rispetto delle norme della *“Mother Regulation”*, la cui conformità viene verificata da un ente terzo (in Italia, il Ministero dei Trasporti, con i Centri Prova Autoveicoli - CPA).

In tal caso, le omologazioni in Italia possono essere di tipo globale, rispondenti alla MR, altrimenti possono essere nazionali, che a loro volta possono essere:

- nazionale, rispondente al CdS (NA) e rilasciata dal MIT;
- nazionale, limitate per costruzione in piccola serie, rilasciate dai CPA;
- individuale, rilasciata dai CPA.

Va evidenziato che il Regolamento UE 167/13 è gerarchicamente superiore alle leggi degli Stati membri e perciò anche al Codice della Strada italiano.

I criteri e vincoli obbligatori dettati dal Regolamento 167/13 valgono però solo per i trattori a ruote, mentre per quelli a cingoli le case costruttrici possono optare per l'omologazione europea (sicuramente più conveniente, vista la continua evoluzione del mercato) o quella nazionale.

A questo punto, è necessario distinguere la costruzione del trattore, soggetto sia all'omologazione europea del Regolamento 167/13 sia, in subordine, alle norme del Codice della Strada e delle Circolari del Ministero dei Trasporti.

Dal punto di vista della circolazione su strada aperta al traffico, valgono sempre e comunque il Codice della Strada e le Circolari ministeriali, entrambi riguardanti sia le norme costruttive dei veicoli che le norme comportamentali che regolano la circolazione su strada dei veicoli.

In altre parole, l'omologazione è relativa alla costruzione del trattore, le norme per la circolazione stradale riguardano anche il suo utilizzo, per cui i singoli Stati membri della CE continuano a regolamentare la circolazione sul loro territorio mentre l'omologazione dei nuovi trattori è di competenza europea, salvo le eccezioni sopra elencate.

6.2. Aspetti tecnici della “Mother Regulation”

I trattori prodotti nel rispetto dell'omologazione prevista dal Regolamento 167/13 presentano conferme e innovazioni.

Fra le prime si menzionano:

- L'attenzione alla sicurezza per l'operatore, mediante l'introduzione di nuove logiche di tutela, in particolare nella fase di avviamento motore e abbandono sicuro della macchina, con velocità nulla; in caso di abbandono senza inserimento del freno di stazionamento, vengono azionati un avvisatore acustico ed uno visivo; ed ancora, la presa di potenza eventualmente in azione si disinserisce automaticamente a 7 secondi dall'abbandono del sedile.
- L'adozione delle cinture di sicurezza, da indossare obbligatoriamente.
- Analogamente, la cura per il posto di guida e per la collocazione e la qualità dei comandi con riguardo all'ergonomia ed al comfort.
- La predisposizione del sistema di avviamento sicuro, che può avvenire solo se l'operatore siede al posto di guida, la frizione e la presa di potenza sono disinserite ed il cambio è in folle.
- L'adozione dello stacca batterie obbligatorio.
- L'adozione del tachimetro obbligatorio (spesso assente nei vecchi trattori).
- L'adozione di due specchietti retrovisori laterali obbligatori.

- La colorazione obbligatoria dei comandi.
- L'adeguamento dell'impianto frenante al traffico attuale, con adozione di sistemi elettronici di sicurezza quali il sistema antibloccaggio delle ruote ABS ed EBS.
- L'adozione elementi omologati quali luci, vetri, avvisatore acustico corrispondenti agli standard degli autoveicoli.
- La specificità dei cingolati. Le peculiarità dei cingolati vengono finalmente riconosciute definendole requisiti ad-hoc, in particolare per i cingoli in metallo.

Naturalmente, hanno trovato conferma le norme riguardanti alcuni importanti dispositivi preesistenti alla omologazione europea, quali le strutture anti-ribaltamento ROPS con il riferimento ai Codici OCSE, la conformazione dei sedili, le prese di forza (PTO), i ganci di traino, le zavorre, ecc..

Altre importanti norme riguardano la massa e le dimensioni del trattore, i carichi ammissibili, le caratteristiche degli pneumatici, ecc..

6.3. La Circolare emessa il 21.07.2020 dal MIT n. 0019962 in relazione al Regolamento UE 167/13

Per completare il panorama riguardante il trattore moderno a fronte degli obblighi derivanti dall'omologazione europea, si richiama la Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con riferimento alla sola regolamentazione per le attrezzature semiportate e portate del trattore, trattate sia dalla *"Mother Regulation"* che dal Codice della Strada italiano.

Il Regolamento UE stabilisce al secondo comma dell'Art. 2: *"il presente regolamento non si applica a macchine intercambiabili che, quando sono trainate su strada, sono completamente staccate dal suolo o non possono ruotare intorno a un asse verticale"*.

Le definizioni della *"Mother Regulation"* collimano quindi con quelle del Codice della Strada poiché le attrezzature portate e semiportate non sono veicoli ma strumenti di lavoro uniti al trattore.

Per tali attrezzature restano perciò valide, in quanto prescrizioni per la sicurezza della circolazione, quanto stabilito dall'art. 104 del Codice della Strada, che al comma 7 fissa i limiti per la circolazione dei trattori agricoli con le attrezzature in questione, mentre l'art. 206

(“Attrezzature delle macchine agricole”) del Regolamento le definisce *“apparecchiature utilizzate per l’effettuazione delle attività agricole e forestali e per lo svolgimento delle attività di manutenzione e di tutela del territorio”* e fa distinzione fra le attrezzature portate indicate come *“quelle la cui massa viene integralmente trasmessa alla strada tramite la macchina agricola”* da quelle semiportate *“la cui massa viene parzialmente trasmessa dalla o dalle ruote equipaggianti l’attrezzatura stessa; in tal caso gli appositi attacchi devono consentire una oscillazione dell’attrezzatura sul piano verticale”*. Entrambe le attrezzature, secondo il comma 2 dell’art. 206, vanno agganciate ad appositi attacchi del trattore.

Va inoltre considerato che il trattore agricolo con attrezzature portate o semiportate è una *“macchina agricola eccezionale”* come dal comma 8 dell’art. 104 del CdS, con obbligo di autorizzazione alla circolazione (v. Art. 268 del Regolamento di esecuzione), sia quando si superano i limiti di peso e dimensioni.

Il predetto comma 7 indica anche (lettera d) che *“la sporgenza laterale (della trattrice con attrezzatura) non deve eccedere di 1,60 m dal piano mediano verticale longitudinale della trattrice”*.

Per quanto concerne il peso del complesso trattrice / attrezzi portati, alla lettera e) del comma 7 dell’art. 104 del CdS si prescrive che non possa essere superato quello massimo ammissibile sugli assi determinato in sede di omologazione della macchina.

6.4. La normativa del Codice della Strada

Le macchine con omologazione più vecchia rimangono soggette a quanto disposto dagli Articoli 57, 104 e 107 del Codice della Strada, che prevedono allestimenti e caratteristiche tecniche meno restrittive

Le omologazioni antecedenti al 6 maggio 1997 fanno ancora riferimento a *“Testo unico delle norme sulla circolazione stradale”* del 1959, che peraltro non contemplava attrezzature portate e semiportate.

Per aggiornare la situazione, è stata introdotta la legge n. 399 del 1990, tuttora valida per i trattori agricoli senza allegato tecnico come da disposizione transitoria (Art. 235 del CdS), che autorizza tali macchine a portare attrezzature portate o semi portate nel limite di peso non superiore al 30% di quello del trattore in ordine di marcia senza zavorre.

sui vecchi libretti di circolazione corrisponde alla voce “tara” o “peso a vuoto”.

La situazione dei trattori omologati in Italia secondo le vecchie regole ed immatricolati dopo il 06.05.1997, però con omologazioni estere contemplanti l'applicazione di attrezzature portate e semiportate nonché di zavorre e attrezzature, viene sanata da una Circolare del Ministero dei trasporti datata 30.03.2000 con la quale il costruttore può adeguare l'omologazione su domanda del proprietario, risultando l'aggiornamento il sostituto dell'allegato tecnico.

6.4.1. L'articolo 57 del Codice della Strada (Macchine agricole)

Tale articolo (Art. 57 Macchine agricole) recepisce le decisioni della legislazione comunitaria, prima con diverse Direttive poi con i Regolamenti rientranti nella succitata “*Mother Regulation*”.

Il testo, limitatamente a quanto riguarda il trattore, è il seguente:

1. Le macchine agricole sono macchine a ruote o a cingoli destinate ad essere impiegate nelle attività agricole e forestali e possono, in quanto veicoli, circolare su strada per il proprio trasferimento e per il trasporto per conto delle aziende agricole e forestali di prodotti agricoli e sostanze di uso agrario, nonché di addetti alle lavorazioni; possono, altresì, portare attrezzature destinate alla esecuzione di dette attività. (E' consentito l'uso delle macchine agricole nelle operazioni di manutenzione e tutela del territorio.)

2. Ai fini della circolazione su strada le macchine agricole si distinguono in:

a) SEMOVENTI:

1) trattatrici agricole: macchine a motore con o senza piano di carico munite di almeno due assi, prevalentemente atte alla trazione, concepite per tirare, spingere, portare prodotti agricoli e sostanze di uso agrario nonché azionare determinati strumenti, eventualmente equipaggiate con attrezzature portate o semiportate da considerare parte integrante della trattrice agricola;

2) (omissis)

3) (omissis)

b) TRAINATE: (omissis)

3. Ai fini della circolazione su strada, le macchine agricole semoventi a ruote pneumatiche o a sistema equivalente non devono essere atte a superare, su strada orizzontale, la velocità di 40

km/h; le macchine agricole a ruote metalliche, semi pneumatiche o a cingoli metallici, purché muniti di sovrappattini, nonché le macchine agricole operatrici ad un asse con carrello per il conducente non devono essere atte a superare, su strada orizzontale, la velocità di 15 km/h.

4. Le macchine agricole di cui alla lettera a), numeri 1 e 2, e di cui alla lettera b), numero 1, possono essere attrezzate con un numero di posti per gli addetti non superiore a tre, compreso quello del conducente; (omissis).

6.4.2. L'articolo 104 del Codice della Strada (Sagome e masse limite delle macchine agricole)

Detto articolo prescrive (sempre con riguardo al solo trattore agricolo):

1. Alle macchine agricole semoventi e a quelle trainate che circolano su strada si applicano per la sagoma limite le norme stabilite dall'art. 61 rispettivamente per i veicoli in genere e per i rimorchi.

2. Salvo quanto diversamente disposto dall'art. 57, la massa complessiva a pieno carico delle macchine agricole su ruote non può eccedere 5 t se a un asse, 8 t se a due assi e 10 t se a tre o più assi.

3. Per le macchine agricole semoventi e per quelle trainate munite di pneumatici, tali che il carico unitario medio trasmesso dall'area di impronta sulla strada non sia superiore a 8 daN/cm² e quando, se trattasi di veicoli a tre o più assi, la distanza fra due assi contigui non sia inferiore a 1,20 m, le masse complessive di cui al comma 2 non possono superare rispettivamente 6 t, 14 t e 20 t.

4. La massa massima sull'asse più caricato non può superare 10 t; quella su due assi contigui a distanza inferiore a 1,20 m non può superare 11 t e, se a distanza non inferiore a 1,20 m, 14 t.

5. Qualunque sia la condizione di carico della macchina agricola semovente, la massa trasmessa alla strada dall'asse di guida in condizioni statiche non deve essere inferiore al 20% della massa della macchina stessa in ordine di marcia. Tale valore non deve essere inferiore al 15% per le macchine con velocità inferiore a 15 km/h, ridotto al 13% per le macchine agricole semicingolate.

6. La massa complessiva delle macchine agricole cingolate non può eccedere 16 t.

7. Le trattrici agricole per circolare su strada con attrezzature di tipo portato o semiportato devono rispondere alle seguenti prescrizioni:

a) lo sbalzo anteriore del complesso non deve risultare superiore al 60% della lunghezza della trattrice non zavorrata;

b) lo sbalzo posteriore del complesso non deve risultare superiore al 90% della lunghezza della trattrice non zavorrata;

c) la lunghezza complessiva dell'insieme, data dalla somma dei due sbalzi e del passo della trattrice agricola, non deve superare il doppio di quella della trattrice non zavorrata;

d) la sporgenza laterale non deve eccedere di 1,60 m dal piano mediano verticale longitudinale della trattrice;

e) la massa del complesso trattrice e attrezzi comunque portati non deve superare la massa ammissibile accertata nel rispetto delle norme stabilite dal regolamento, nei limiti delle masse fissati nei commi precedenti;

f) il bloccaggio tridimensionale degli attacchi di supporto degli attrezzi deve impedire, durante il trasporto, qualsiasi oscillazione degli stessi rispetto alla trattrice, a meno che l'attrezzatura sia equipaggiata con una o più ruote liberamente orientabili intorno ad un asse verticale rispetto al piano di appoggio.

6.4.3. L'articolo 107 del Codice della Strada (Accertamento dei requisiti di idoneità delle macchine agricole)

Sempre limitatamente a quanto riguarda il trattore agricolo, l'Art. 107 del CdS:

1. Le macchine agricole di cui all'art. 57, comma 2, sono soggette all'accertamento dei dati di identificazione, della potenza del motore quando ricorre e della corrispondenza alle prescrizioni tecniche ed alle caratteristiche disposte a norma di legge. Il regolamento stabilisce le categorie di macchine agricole operatrici trainate che sono escluse dall'accertamento di cui sopra.

2. L'accertamento di cui al comma 1 ha luogo mediante visita e prova da parte degli uffici competenti del Dipartimento per i trasporti terrestri (o da parte di strutture o Enti aventi i requisiti stabiliti con decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti di concerto con il Ministro delle politiche agricole, alimentari e forestali), secondo modalità stabilite con decreto del Ministero dei trasporti, di concerto con i Ministri delle politiche agricole e forestali

e del lavoro e delle politiche sociali, fatte salve le competenze del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio in materia di emissioni inquinanti e di rumore.

3. Per le macchine agricole di cui al comma 1, i loro componenti o entità tecniche, prodotte in serie, l'accertamento viene effettuato su un prototipo mediante omologazione del tipo, secondo modalità stabilite con decreto del Ministro dei trasporti, sentito il Comitato interministeriale per le macchine agricole (C.I.M.A.), fatte salve le competenze del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio in materia di emissioni inquinanti e di rumore. Fatti salvi gli accordi internazionali, l'omologazione totale o parziale rilasciata da uno stato estero può essere riconosciuta valida in Italia a condizione di reciprocità.

6.5. Altre norme

Oltre alle norme succitate, vanno considerate anche:

- la Direttiva n. 2006/42/CE datata 17 maggio 2006 del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa alle macchine agricole, modifica della direttiva 95/16/CE (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE);
- l'Allegato V del decreto legislativo 81 del 2008, riguardante i "Requisiti di sicurezza delle attrezzature di lavoro costruite in assenza di disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, o messe a disposizione dei lavoratori antecedente alla data della loro emanazione";
- le linee guida predisposte dall'Inail, pubblicate nella versione aggiornata del 2014, contenenti specificazioni tecniche sull'installazione dei dispositivi di protezione in caso di ribaltamento nei trattori agricoli o forestali, come indicato dal punto 2.4 della parte II dell'allegato V del D.lgs. 81/08 citato al punto precedente.

Con riferimento a dette linee guida dell'Inail, si osserva che l'adeguamento dei trattori ai requisiti di sicurezza delle attrezzature di lavoro ha mostrato difficoltà tecniche e normative data l'esistenza di un parco macchine estremamente diversificato.

Per quanto riguarda le strutture di protezione da installare per l'adeguamento dei trattori, esse sono così definite all'Allegato II 827 1.: *"Dispositivi di attacco di classe A1 e A2 - Dispositivo di protezione in caso di capovolgimento, di seguito denominato "struttura di protezione" - struttura di protezione installata sul trattore avente*

essenzialmente lo scopo di evitare, ovvero limitare i rischi per il conducente in caso di capovolgimento del trattore durante un'utilizzazione normale. La struttura di protezione nei suoi elementi essenziali si compone di un telaio a due o quattro montanti e di un dispositivo di attacco".

La figura che segue illustra dette strutture.

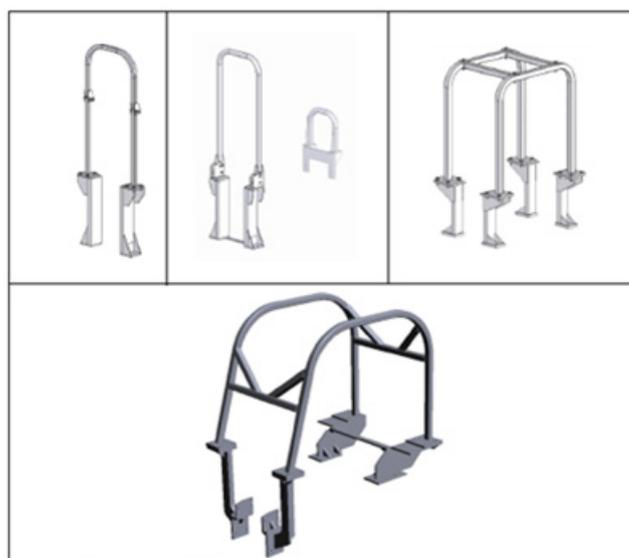


Fig. 6.2: *Esempio di strutture di protezione*

6.6. La conduzione del trattore agricolo

Per poter guidare il trattore agricolo bisogna essere in possesso di due documenti:

- la patente di guida, rilasciata dal DTT (Dipartimento Trasporti Terrestri, ex Motorizzazione Civile) o dall'Ufficio Centrale Operativo del Ministero dei Trasporti.
- il "patentino" derivante dal già citato Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro (Art. 73 - commi 4 e 5 del D.lgs. 81/08).

La prima riguarda la circolazione stradale, il secondo la conduzione della macchina sul luogo ove opera ed è sostanzialmente un'abilitazione per gli utilizzatori.

Il "patentino" nasce dall'accordo tra Governo e Regioni pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 60 del 12 marzo 2012 ed è in linea con quanto stabilito dal Testo Unico sulla sicurezza nei luoghi di lavoro, come dall'Art. 73, commi 4 e 5 del citato D. d. lgs. 81/08.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha quindi emanato la Circolare – 22/02/2013 – Prot. n. 4857 ("Macchine agricole ed operatrici") attinente alle categorie di patenti richieste

per la guida di macchine agricole ed operatrici, emanata a seguito dell'entrata in vigore del decreto legislativo 28 aprile 2011, n. 59 che ha modificato l'Art. 124 del CdS riguardante appunto la patente di guida delle macchine agricole; relativamente ai trattori, la patente può essere:

- di categoria A1, se la macchina rimane entro i limiti stabiliti dal comma 4 dell'Art. de CdS ovvero: larghezza = m 1,60; lunghezza = m 4; altezza = m 2,5; massa complessiva a pieno carico = t 2,5 t, velocità massima = 40 Km/h;
- di categoria B se la macchina supera i limiti suddetti.

6.7. Carta di circolazione, targa, revisione ed assicurazione del trattore agricolo

Per poter circolare, il trattore agricolo è soggetto alle regole di carattere amministrativo che seguono.

6.7.1. La carta di circolazione

Per potersi spostare su strada, il trattore agricolo dev'essere dotato di carta di circolazione.

Al riguardo, l'Art. 110 del CdS stabilisce:

- al comma 1.: *“Le macchine agricole indicate nell’art. 57, comma 2, lettera a), punto 1) ... per circolare su strada sono soggette all’immatricolazione ed al rilascio della carta di circolazione....”;*
- al comma 2.: *“La carta di circolazione ovvero il certificato di idoneità tecnica alla circolazione sono rilasciati dall’ufficio provinciale della Direzione generale della M.C.T.C. competente per territorio; il medesimo ufficio provvede alla immatricolazione delle macchine agricole indicate nell’art. 57, comma 2, lettera a), punto 1) ... a nome di colui che dichiara di essere titolare di impresa agricola o forestale ovvero di impresa che effettua lavorazioni agromeccaniche o locazione di macchine agricole, nonché a nome di enti e consorzi pubblici”.*

6.7.2. La revisione

La revisione dei trattori agricoli è prevista dall'Art. 111 del CdS ("Revisione delle macchine agricole in circolazione"), che recita:

- al comma 1.: *“Al fine di garantire adeguati livelli di sicurezza nei luoghi di lavoro e nella circolazione stradale, il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, con decreto da adottare entro e non oltre il 30 giugno 2015, dispone la revisione obbligatoria delle macchine agricole soggette ad immatricolazione a norma dell'articolo 110, al fine di accertarne lo stato di efficienza e la permanenza dei requisiti minimi di idoneità per la sicurezza della circolazione. Con il medesimo decreto e' disposta, a far data dal 30 giugno 2016, la revisione obbligatoria delle macchine agricole in circolazione soggette ad immatricolazione in ragione del relativo stato di vetustà e con precedenza per quelle immatricolate antecedentemente al 1° gennaio 2009, e sono stabiliti, d'intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e di Bolzano, i criteri, le modalita' ed i contenuti della formazione professionale per il conseguimento dell'abilitazione all'uso delle macchine agricole, in attuazione di quanto disposto dall'articolo 73 del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81”;*
- al comma 4.: *“Il Ministro dei trasporti, con decreto emesso di concerto con il Ministro delle politiche agricole e forestali, può modificare la normativa prevista dal presente articolo in relazione a quanto stabilito in materia da disposizioni della Comunità economica europea”.*

In effetti, con riferimento al succitato comma 4., il 28.02.2019 è stato emanato il Decreto Interministeriale n. 80, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 144 del 21.6.2019, avente per oggetto la *“Modifica del decreto 20 maggio 2015 concernente la revisione generale periodica delle macchine agricole ed operatrici, ai sensi degli articoli 111 e 114 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 [il CdS]”.*

Tale decreto, dopo varie considerazioni riguardanti i suddetti articoli del CdS ed il Decreto interministeriale 20 maggio 2015, ha formulato le scadenze per le revisioni come riportato nell'Allegato 1 sotto riprodotto:

Macchine agricole e macchine operatrici	Tempi
Veicoli immatricolati entro il 31 dicembre 1983	Revisione entro il 30 giugno 2021
Veicoli immatricolati dal 1° gennaio 1984 al 31 dicembre 1995	Revisione entro il 30 giugno 2022
Veicoli immatricolati dal 1° gennaio 1996 al 31 dicembre 2018	Revisione entro il 30 giugno 2023
Veicoli immatricolati dopo il 1° gennaio 2019	Revisione al 5° anno entro la fine del mese di prima immatricolazione

6.7.3. La targa

Anche questo aspetto è disciplinato dall'Art. 113 del CdS (*"Targhe delle macchine agricole"*), che stabilisce al comma 1.: *"Le macchine agricole semoventi di cui all'art. 57, comma 2, lettera a), punti 1) e 2), per circolare su strada devono essere munite posteriormente di una targa contenente i dati di immatricolazione"*.

Dal punto di vista tecnico, la targa italiana del trattore agricolo attuale è entrata in vigore nel 1994, è del tipo illustrato nella seguente Fig. 6.1.: ha una forma quadrata e dimensioni 165 × 165 mm, con lo sfondo di colore giallo e caratteri e numeri di colore nero; la numerazione è configurata da 2 caratteri alfabetici, il marchio della Repubblica Italiana, tre caratteri numerici ed un carattere alfabetico.



Fig. 6.2: Esempio di targa di trattore agricolo

6.7.4. L'assicurazione

La legge 990/69 sull'assicurazione obbligatoria (RCA) non comprendeva i trattori agricoli; l'obbligo è stato esteso ai trattori agricoli dal 01.10.1993.

L'assicurazione garantisce l'indennizzo dei danni procurati a terzi dalla circolazione del trattore (ed eventuale rimorchio, che, se staccato dal trattore, deve avere una copertura a parte per il "rischio statico").

Si evidenzia che le polizze indicate non contemplano i rischi derivati dall'impiego lavorativo della macchina, eventualmente da assicurare con polizza a parte (facoltativa) per la responsabilità civile dell'azienda agricola;

Con la modifica dell'art. 128 del Codice delle Assicurazioni, gli attuali massimali delle polizze assicurative per la RCA dei trattori agricoli sono fino a 10 milioni di Euro per i danni alle cose e fino a 5 milioni di Euro per i danni alle persone; nell'ipotesi in cui il valore del danno alle persone sia inferiore all'importo minimo assicurato, la restante copertura coprirà i danni alle cose.

6.7.5. Impianti ottici

In base al Regolamento di esecuzione e di attuazione del codice della strada (Art. 273. – *“Dispositivi di segnalazione visiva e di illuminazione delle macchine agricole”*) il trattore agricolo da solo dev'essere munito dei seguenti elementi:

- alla parte anteriore: 2 luci di posizione di colore bianco, 2 proiettori abbaglianti/anabbaglianti di colore bianco, 2 indicatori di direzione lampeggianti, di colore giallo ambra;
- alla parte posteriore: 2 luci di posizione di colore rosso, 2 luci di arresto di colore rosso più intenso di quello delle luci di posizione, 1 luce targa di colore bianco, 2 catadiottri rossi di qualsiasi forma tranne che triangolare, 2 indicatori di direzione lampeggianti di colore giallo ambra;
- alla parte laterale: 2 indicatori di direzione lampeggianti, di colore giallo ambra

Qualora il trattore sia munito di attrezzature di tipo portato e semiportato, deve essere dotato di uno o più dispositivi supplementari a luce lampeggiante gialla o arancione, di tipo approvato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti oppure conformi a direttive CEE o a regolamenti ECE-ONU, recepiti dal Ministero medesimo.

Il dispositivo deve essere montato sulla macchina semovente ovvero, nel caso di complessi, sulla macchina traente o su quella trainata in modo tale che, rispetto ad un piano orizzontale passante per il centro ottico del dispositivo, venga assicurato un campo di visibilità non inferiore a 10°, verso il basso e verso l'alto, su un arco di 360°.

Capitolo 7

Il trattore agricolo nell'immaginario collettivo

Nessuna macchina da lavoro è riuscita come il trattore agricolo a stimolare la fantasia dei bambini e degli adulti, forse per la più o meno incoscia constatazione che esso è legato al cibo che quotidianamente troviamo sulla tavola.

In altre parole, si pensa al trattore come ad una macchina “buona” non confrontabile con nessun'altra.

Tale concetto viene messo in evidenza da come il trattore viene percepito nel mondo dell'arte e dello spettacolo.

La rassegna che segue vuole fornire un saggio di tale concetto.

7.1. Il trattore nell'arte e nella grafica

Questa macchina è riprodotta in innumerevoli opere d'arte e di design, delle quali si riproducono una serie di immagini, che si commentano da sole, prodotte con varie tecniche (fotografia, dipinto a olio, acquerello, disegno a china, poster, ecc.) e materiali (cartone, tela, legno, lastra metallica, ecc.).

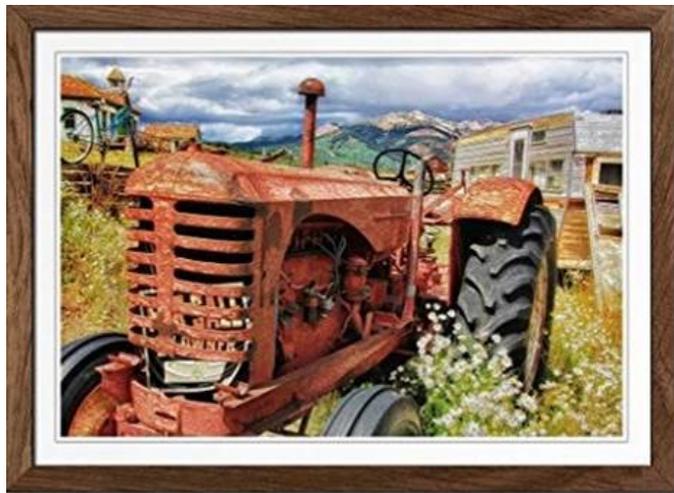


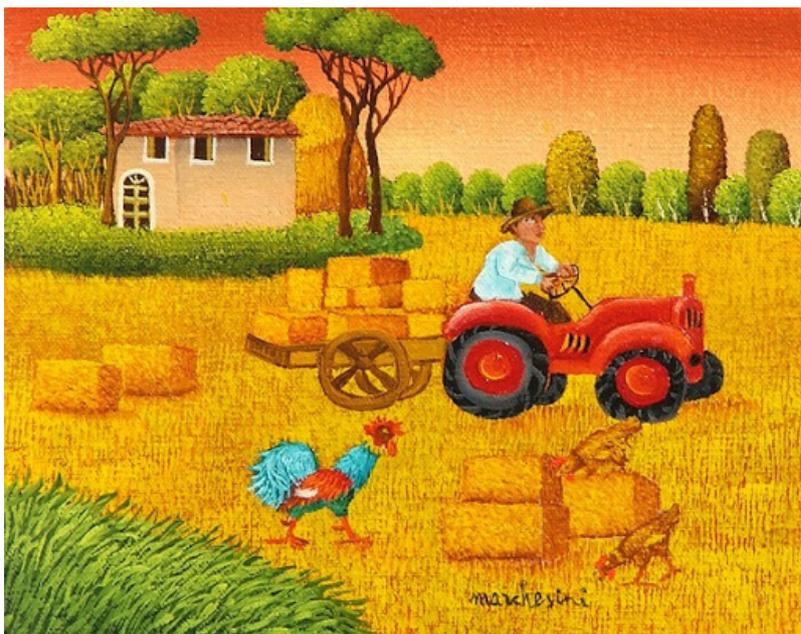


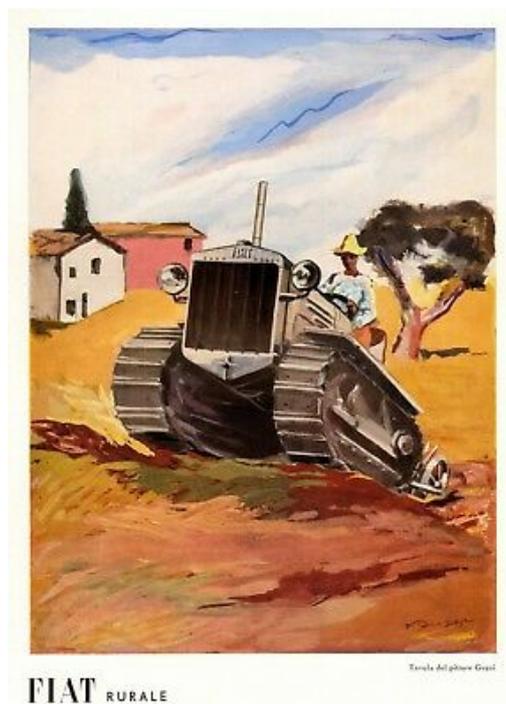


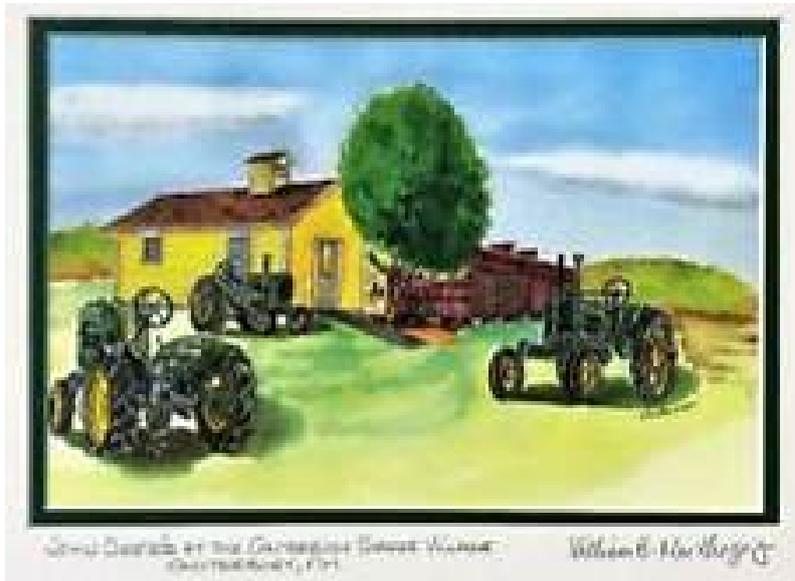
Dipinto a olio (socialismo reale in Unione sovietica)

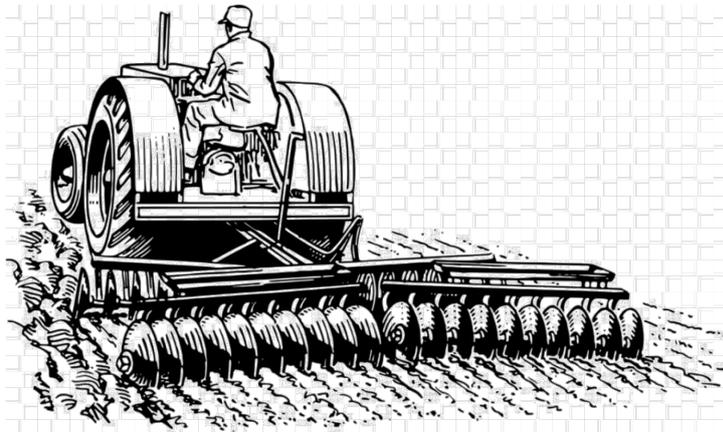
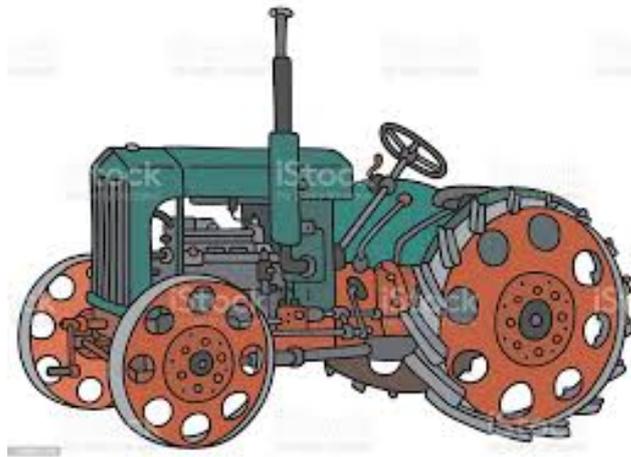


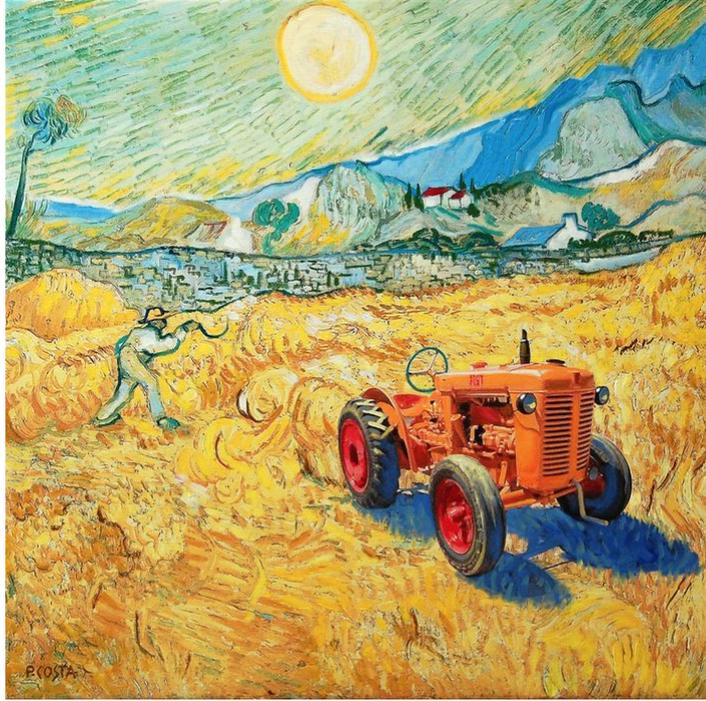












(Piero Costa – “Vincent Van Gogh. Wheat field. Trattore Fiat 600”)



7.2. Il trattore ed il mondo del cinema

Anche la Settima Arte ha arruolato molte volte il trattore agricolo come attore. Si riportano alcuni esempi.

7.2.1. I film tratti dai racconti di Guareschi

Nella fortunata serie di film che vede protagonisti, fra gli anni '50 e '60, Fernandel e Gino Cervi nei personaggi di Don Camillo e Peppone, il trattore appare più volte, sia a parole che come immagini.

Nella pellicola "Don Camillo e l'onorevole Peppone" del 1955 il sindaco dice al prete che aveva intenzione di trasformare in trattore cingolato un carro armato che aveva nascosto alla fine della guerra.

Il trattore appare poi nello stesso film quando un agricoltore si sposta con famiglia e masserizie al seguito presso la sede comunale con l'impiego di un Landini a testa calda (ancora con le ruote di acciaio) che traina diversi rimorchi ed addirittura una mucca, come illustrato nell'immagine che segue (v. fig. 7.1).



Fig. 7.1: Scena dal film "Don Camillo e l'onorevole Peppone"

Poi, nella *“scena del carro armato”* si vedono tre trattori che stanno andando al lavoro, ripresi nell’immagine che segue (v. fig. 7.2). Per quanto è dato di vedere e dal sonoro della pellicola, le macchine sembrano essere anch’esse Landini a testa calda, dotate però di ruote gommate.



Fig. 7.2: *Scena dal film "Don Camillo e l'onorevole Peppone"*

Nel film del 1965 *“Il compagno don Camillo”* compare un altro trattore questa volta russo (in evidenza sulla sua calandra la sigla “CCCP”), dono di un gemellaggio con una città dell’Unione Sovietica (v. fig. 7.3). La divertente gag consiste nel fatto che il trattore non vuol saperne di avviarsi, nonostante le cure dal capace meccanico qual è Peppone (è chiaro il riferimento alla scarsa qualità costruttiva); lo farà solo dopo che Don Camillo lo avrà benedetto (con somma sorpresa del prete stesso).



Fig. 7.3: *Scena dal film "Il compagno Don Camillo"*

Da notare che, peraltro, il trattore era dotato di cabina di guida, fatto inusitato per i trattori nostrani dell'epoca ed un chiaro riferimento ai climi freddi della Russia.

7.2.2. Un film comico del 1956

Ad ulteriore dimostrazione che trattore fa rima con attore, non si può dimenticare un divertente film del 1956 con protagonisti Totò e Peppino De Filippo alle prese con un trattore Nuffield Universal 4, con il quale fanno scorribande sui campi fino ad andare a sfondare un muro. Si riproducono la locandina (v. fig. 7.4) e due immagini della pellicola (v. figg. 7.5 e 7.6).



Fig. 7.4: Locandina del film "Totò, Peppino e la malafemmina"



Fig. 7.5: Scena dal film "Totò, Peppino e la malafemmina"



Fig. 7.6: *Scena dal film "Totò, Peppino e la malafemmina"*

Il trattore in questione è tuttora esistente e si trova presso il museo "Musa" di Benevento (v. fig. 7.7).



Fig. 7.7: *Il trattore utilizzato nel film "Totò, Peppino e la malafemmina"*

7.2.3. Film commedia degli anni '80

Nel 1980 è apparso nei cinema italiani il film "Il bisbetico domato", protagonisti Ornella Muti ed Adriano Celentano, del quale si riproduce la locandina (v. fig. 7.8).



Fig. 7.8: Locandina del film "Il bisbetico domato"

Nello stampato pubblicitario si nota in primo piano un trattore (di cui si parla più avanti), protagonista assieme ai due attori. La macchina appare in una lunga sequenza, di cui si riportano due immagini (v. figg. 7.9 e 7.10), che si commenta da sola.



Fig. 7.9: Scena dal film "Il bisbetico domato"

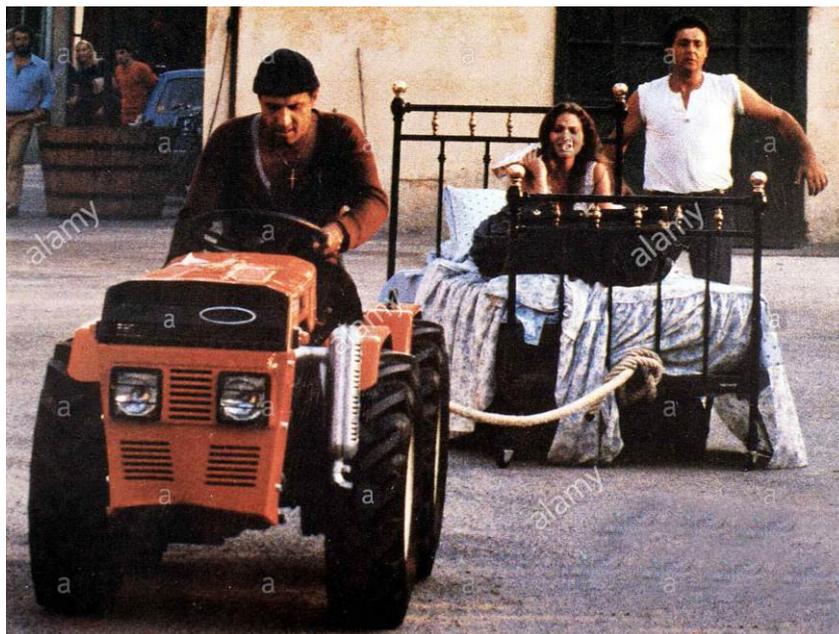


Fig. 7.10: *Scena dal film "Il bisbetico domato"*

Il trattore usato da Celentano era un Goldoni 926 4 RM isodiametrico ed almeno trent'anni dopo era ancora in perfetta efficienza, come attestano le seguenti foto scattate alla stessa macchina (v. figg. nn. 7.11 e 7.12).



Fig. 7.11: *Il trattore utilizzato nel film "Il bisbetico domato"*



Fig. 7.12: Il trattore utilizzato nel film “Il bisbetico domato”

Un'altra pellicola dello stesso periodo è “Il ragazzo di campagna” (1984) con interprete Renato Pozzetto; anche la locandina di questo film mostra in primo piano un trattore guidato dal protagonista, con *location* Piazza del Duomo a Milano (v. fig. 7.13).



Fig. 7.13: Locandina del film “Il ragazzo di campagna”

In questo caso, la macchina è chiaramente camuffata ed è stata privata della fanaleria per rendere ancor più irregolare, assurda e, di conseguenza, comica la circolazione del “ragazzo di campagna” trasferitosi in città col suo trattore come mezzo di trasporto.

Comunque mascherata, si riconosce nella macchina un Fiat della “Serie Nastro d’Oro” (a 2RM). L’immagine che segue (v. fig. mn. 7.14) riproduce un momento della circolazione in una strada di Milano del trattore guidato da Pozzetto, prima di essere fermato da un agente della Polizia Locale (v. fig. 7.15).



Fig. 7.14: Una scena del film “Il ragazzo di campagna” col trattore Fiat nel traffico milanese



Fig. 7.15: Una scena del film “Il ragazzo di campagna” col trattore Fiat nel traffico milanese

Questa non è l’unico momento in cui appare un trattore nel film: verso la fine della pellicola ritroviamo il protagonista alla guida di un trattore, questa volta in un ambiente più congeniale quale è la campagna, alla quale ritorna dopo l’esperienza cittadina.

In questo caso (v. fig. 7.16), il trattore è un Goldoni 640 DT (4RM).

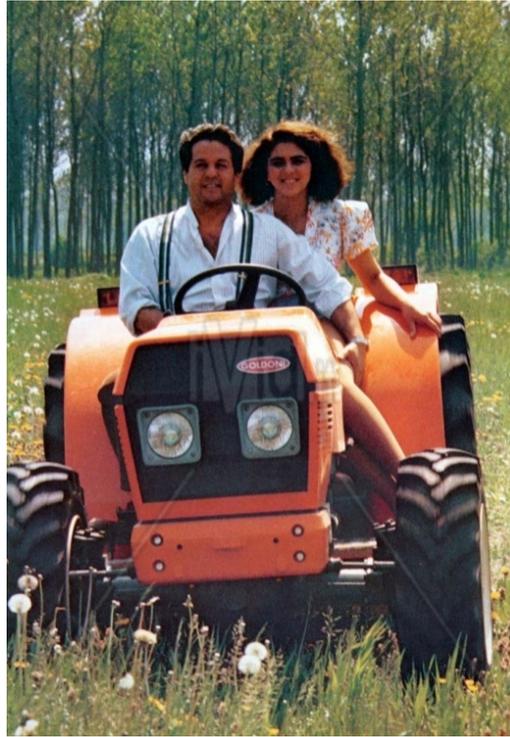


Fig. 7.16: Una scena del film "Il ragazzo di campagna" col trattore Goldoni

Una curiosità: ritroviamo Pozzetto in un altro film ("Da grande" – 1987) ancora alla guida di un trattore, ma questa volta giocattolo (v. Fig. 7.17).



Fig. 7.17: Locandina del film "Da grande"

7.2.4. Un film in cui compare un trattore antico

Un esempio filmografico molto più recente è rappresentato dalla pellicola “Volevo nascondermi”, avente per tema la biografia del pittore Antonio Ligabue, impersonato dal Elio Germano. Nel film, del 2020, il trattore non è protagonista, ma è solo una comparsa. Appare però nella prima inquadratura, quando Ligabue è trasportato su un carro agricolo trainato da un vecchissimo trattore a triciclo, di cui non è stato possibile accertare la marca (v. Fig. 7.18).



Fig. 7.18: *Scena iniziale del film “Volevo nascondermi”*

Sarà forse un caso, ma siamo ancora nell’Emilia contadina con cui si è iniziata questa rassegna.

7.2.5. Il trattore e mondo del cinema statunitense

Una pellicola USA vede il trattore agricolo usato come mezzo d’assalto, come visibile nella locandina de “L’uomo di mezzanotte”, protagonista Burt Lancaster (v. fig. 7.19), diretto dallo stesso attore e da Roland Kibbee nel 1974



Fig. 7.19: Locandina del film "L'uomo di mezzanotte"

Un altro esempio di film USA che vede come coprotagonista un trattore, sia pure un trattorino John Deere (ma sempre di trattore agricolo si tratta) è "The Straight Story" del 1999, diretto da David Lynch.

La pellicola racconta una storia vera, quella di Alvin Straight, agricoltore dello Iowa di 73 anni parzialmente invalido, che, non disponendo di altri mezzi, percorse nel 1993 quasi 400 chilometri fino al Winsconsin a bordo del suo trattorino (v. Fig. 7.20) per andare a trovare il fratello gravemente ammalato.



Fig. 7.20: Il protagonista della storia alla base del film "The Straight Story" col suo trattorino

Forse non è nota a tutti la passione per l'agricoltura dell'attore Robert Redford, che nell'immagine che segue (v. Fig. 7.21) è alla guida di un trattore.



Fig. 7.21: Robert Redford alla guida di un trattore Case 970 sui terreni agricoli del suo resort

Un altro trattore lo troviamo a lavorare, sia pure come improvviato carro attrezzi, nel film "Finding normal" diretto da Brian Herzlinger nel 2013, anche questo del genere commedia. Si vede la macchina nella locandina sotto riprodotta (v. fig. 7.22).

La stranezza è rappresentata dal fatto che pur essendo stato girato in Amrica, il trattore ha tutta l'aria di essere un Fiat "Serie Diamante".

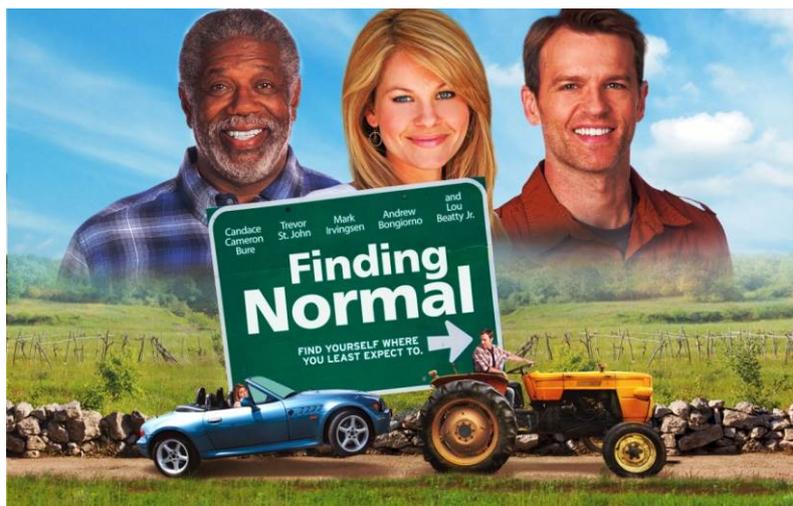


Fig. 7.22: Locandina del film "Finding Normal"

7.3. Il trattore ed il mondo della musica

L'ambiente canoro non è rimasto indifferente al richiamo del trattore. Qui si citano due *performances*, quella di Lucio Dalla, che interpretò come attore in un cameo nel film del 1975 dallo strano titolo: *“La mazurka del barone, della santa e del fico fiorone”* diretto da Pupi Avati.

Nella pellicola si vede il cantante alla guida del trattore appartenente alla *“Scientifica Segheria Fava”*, probabilmente un Same a 4RM, trainante una macchina vapore, come si vede nell'immagine sotto riprodotta (v. Fig. 7.23). Una curiosità: la ruota anteriore sinistra del trattore presenta lo pneumatico montato sul cerchio a rovescio.



Fig. 7.23: Lucio Dalla alla guida di un trattore nel film *“La mazurka del barone, della santa e del fico fiorone”*

Fabio Rovazzi, anche lui cantante ed attore, è stato un epigono di Dalla; ha infatti iniziato la sua carriera proprio su di un trattore, però come passeggero (peraltro in una posizione rischiosa, seduto su un parafango – v. Fig. 7.24), nel video della canzone *“Andiamo a comandare”*.



Fig. 7.24.: Fabio Rovazzi sul trattore

7.4. Una storia italiana di trattori

Cambiando approccio, ma sempre con attenzione al rapporto fra immaginario collettivo e trattore, si deve ricordare la storia di Ferruccio Lamborghini, forse una meteora nel panorama dell'industria del secondo dopoguerra e nei successivi anni del boom economico, ma che ha lasciato un segno nel campo della produzione di trattori nonché in quello delle auto sportive (ma questo è un capitolo a parte).

Come si diceva, il secondo dopoguerra: l'Italia esce semidistrutta dal conflitto, ma ha bisogno di tornare a produrre tanto nell'industria quanto nell'agricoltura; per farlo, quest'ultima ha bisogno di macchine, soprattutto trattori.

Certo, esistono già industrie con una storia importante e consolidata, come la Fiat Trattori o la Landini, ma devono riprendersi dai danni della guerra; soprattutto, gli agricoltori dispongono di poche risorse e quindi servono macchine a basso costo.

In questo contesto si inserisce il genio di Ferruccio Lamborghini, che già nel 1946 comincia ad interessarsi di trattori, in quanto meccanico nato in una famiglia contadina.

Comincia a costruire trattori partendo dai numerosi veicoli lasciati in Italia dagli Alleati, presso i depositi dell'Azienda Recupero Alienazione Residuati (ARAR).

Nasce così il primo trattore di Lamborghini, il famoso "Carioca" visibile nelle seguenti immagini (v. figg. 7.25 e 7.26).



Fig. 7.25: Trattore Lamborghini "Carioca"



Fig. 7.26: C. s.

Si trattava quindi di una macchina poco costosa, semplice ed affidabile; poiché i motori erano a benzina per ragioni di costi, per renderli più economici in esercizio Lamborghini pensò al modo di farli funzionare a petrolio agricolo grazie all'impiego di un vaporizzatore, di sua invenzione, che preriscaldava il petrolio tramite il gas di scarico.

Successivamente, il patron comincia a produrre trattori più validi a livello industriale, come quello visibile nell'immagine che segue (v. fig. 7.27), il tipo "1R" del 1966, con motore diesel bicilindrico raffreddato ad aria da 26 CV.



Fig. 7.27: C. s.

I successi raggiunti inducono Lamborghini a diversificare la produzione industriale (ad esempio di bruciatori), per arrivare a fondare nel 1963 la “Lamborghini Automobili” dalla quale nasceranno auto sportive, delle quali si ricorda quella ritenuta da molti “l’auto più bella del mondo”, la Miura (1965).

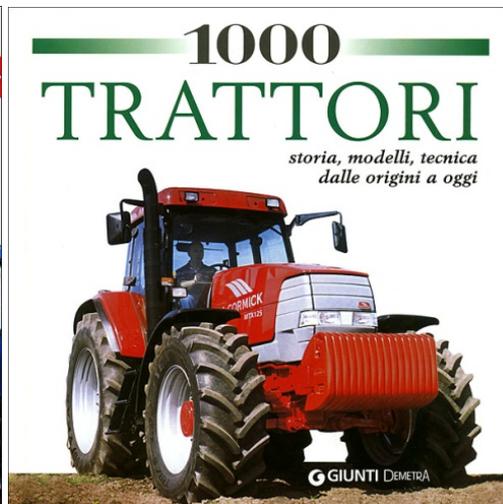
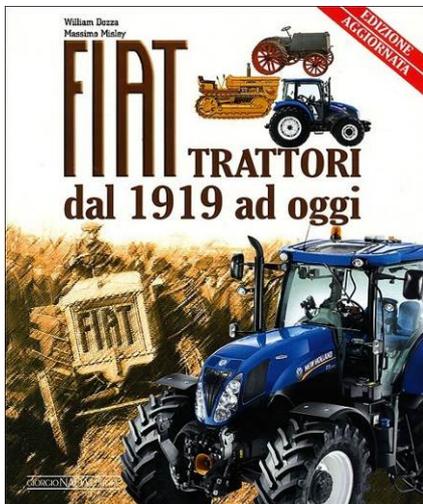
Ma purtroppo è il canto del cigno: la crisi di inizio anni '70 costringe Lamborghini a cedere nel 1971 ad altri il settore auto (oggi del gruppo Audi-Volkswagen), ed il settore trattori, da cui era partito, alla SAME (oggi gruppo SAME Deutz-Fahr).

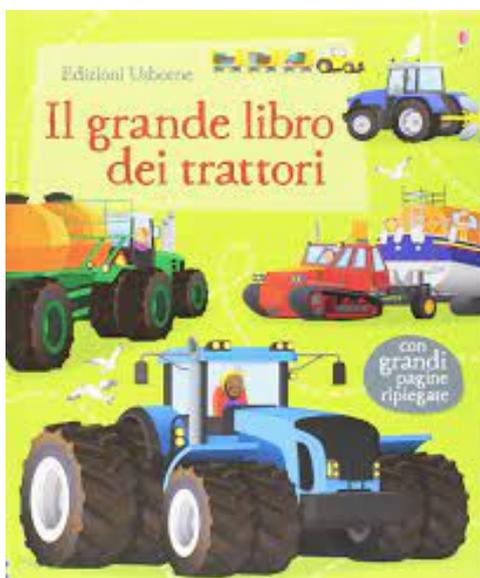
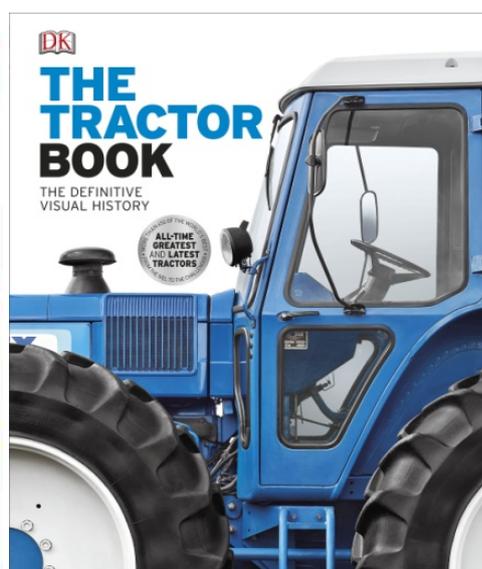
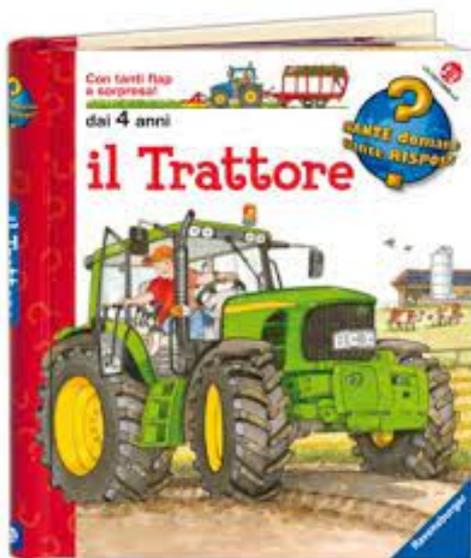
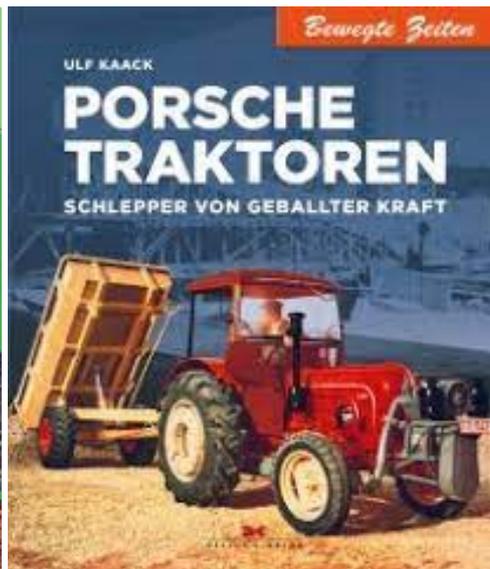
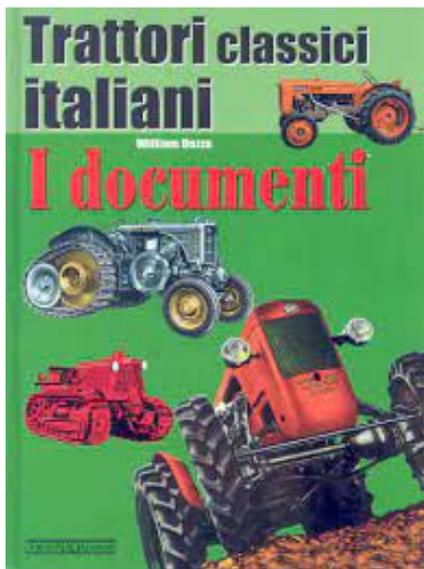
Le sue creature gli sono quindi sopravvissute.

7.5. Il trattore nell’editoria

Come accennato nelle premesse, è sconfinato l’elenco di opere storiche, manuali tecnici, saggi, ed articoli relativi al trattore agricolo.

Ci si limita quindi a riprodurre in questa sede solo alcune copertine, scelte a caso, di libri riviste o altro materiale che riguardanti la macchina agricola per eccellenza.



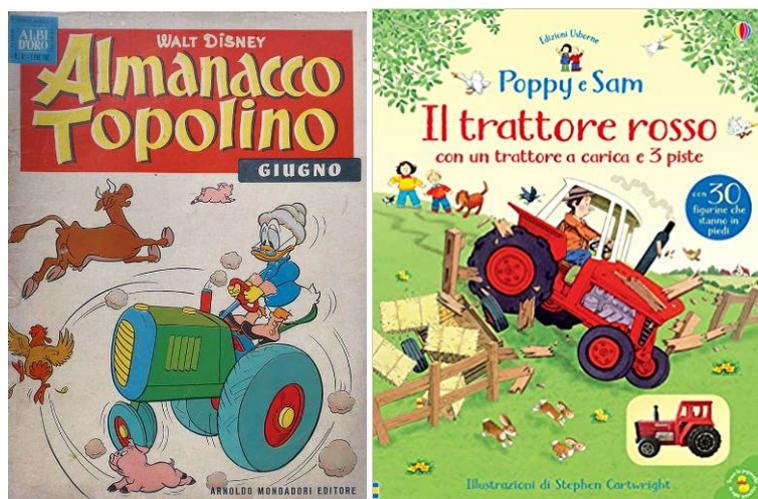






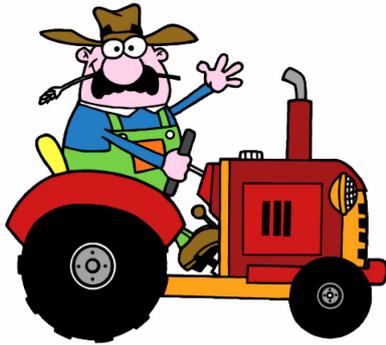
Una curiosità riguardante sempre l'editoria: il trattore è stato proposto anche come macchina da battaglia, come nel testo dal titolo *“La trattrice agricola e la sua possibile adattabilità all'impiego militare di guerra”* di Angelo Pugnani⁷; editore: Roma - Arte della Stampa nel 1932 (In testa al front.: 1. congresso nazionale della meccanica agraria, bozze di stampa).

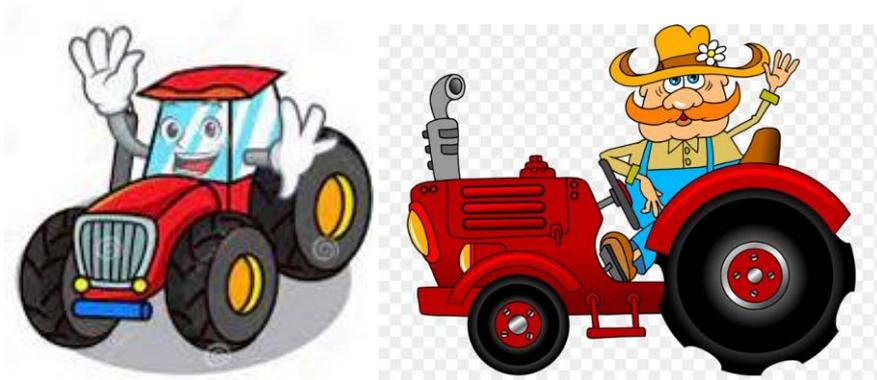
Naturalmente, il mondo delle riviste per bambini, dei fumetti, degli adesivi e dei cartoni animati non sono rimasti indifferenti al trattore agricolo ed anche qui la produzione è vastissima; si riproducono, anche in questo caso, alcune copertine ed immagini



⁷ Maggiore generale del Regio Esercito Italiano, primo generale del Corpo Automobilistico ed primo Ispettore della Motorizzazione.

IN INVERNO CADONO LE ULTIME 🍂 E SCENDE
 LA ❄️ CHE IMBIANCA LE 🏔️ . FA DREDDO
 E NEI 🌨️ C'È MENO LAVORO. ORSO CONTADINO
 SI METTE 🧣 E 🧢 , ATTACCA L'ARATRO AL 🚗
 E ARA GLI ULTIMI 🌾 , PRIMA DI METTERE IL
 🚗 NELLA RIMESSA PER UN PO'. IN INVERNO ANCHE
 LA TERRA VUOLE RIPOSARE!
 MA CI SONO TANTE ALTRE COSE DA FARE ALLA FATTORIA:
 SI RACCOGLIE LA 🍷 PER IL 🏠 , SI PREPARANO
 BUONISSIMI 🍞 CON IL 🥛 DI 🐄 E DI 🐐 , SI
 FILA LA 🧶 DELLA TOSATURA DELLE 🐑 E SI USA
 PER FARE CALDE 🧣 E MORBIDI 🍌 .





7.6. Il trattore, modellini e giocattoli

Anche il mondo del modellismo e dei giocattoli ha individuato nel trattore agricolo un attore di primo piano, come si vede negli esempi che seguono:



Modellino "New Holland T7315 03120"



Modellino di "Fendt 1050 Vario- smontaggio di una ruota"



Modellino di "Steyr 6300 CVT"



Modellino di "Landini C25 Trattore – 1957"



Modellino di "John Deere 9620RX"

Esempi di trattore giocattolo:



7.7. Il trattore e lo sport

Questa macchina straordinaria non poteva non stimolare la fantasia di chi utilizza il trattore per lavoro.

Ecco allora che, col crescere della disponibilità economica, sono sorte competizioni di trattori di vario genere, fra le quali si citano:

- gare di “Tractor Pulling”, le prime organizzate in ordine di tempo, nate negli USA negli anni '70, nelle quali i trattori si confrontano nel tiro di traino di speciali rimorchi su piste di terra battuta lunghe 100 metri (v. Fig. 7.28); questo tipo di competizione si è poi estesa anche all'Europa ed all'Italia, dove si è distinto negli ultimi anni il

plurivittorioso “Celeste di Fabbri”, un trattore Landini da 1700 CV, unico a rappresentare ufficialmente una casa costruttrice;



Fig. 7.28: *Trattore in azione in una gara di Pulling Tractor*

- gare di velocità come la “Bizon Track Show”, corsa con trattori elaborati (v. fig. n 7.29), che volge ogni anno a Rostov sul Don, in Russia;



Fig. 7.29: *Trattori russi nella Bizon Track Show*

- gare traino in salita (in Italia);
- gare di tiro (sempre in Italia, v. Fig. 7.30).



Fig. 7.30: Trattori in gara di tiro

7.8. Una curiosità

Un recentissimo sondaggio in Svezia, commissionato dal broker automobilistico Kvdbil, sugli utenti della strada più amati, ha dato il sorprendente risultato che sono i trattoristi, addirittura prima dei motociclisti.

Conclusioni

Lo scrivente richiama alcuni giudizi che condivide pienamente:

- “Il trattore costituisce indubbiamente il caposaldo fondamentale della meccanizzazione agricola” (Bedosti, 1984) [e, di conseguenza, se la meccanizzazione è fondamentale, il trattore lo è doppiamente];
- “Il trattore si è adeguato sia alle varie esigenze delle aziende e alla loro giacitura sia a quelle delle coltivazioni con versioni speciali; quindi in esso è stato curato il problema dell’accoppiamento con i vari attrezzi e macchine per migliorarne al massimo sia il rendimento complessivo sia l’efficienza operativa” (Bedosti, 1984);
- “ ... ormai i concetti alla base della *‘human engineering’* hanno portato ad una maggiore cura dei vari aspetti ergo tecnici e di confort per il conduttore del trattore” (Bedosti, 1984).

Allo stesso modo, lo scrivente condivide i seguenti assunti:

- “la trattrice è, in buona sostanza, una macchina che produce energia, da poter sfruttare come, dove e quando la si ritenga più opportuna” (Piccarolo, 2008);
- “solo nelle grandi aziende è possibile un razionale sfruttamento delle prestazioni delle trattrici, mentre per le aziende minori bisognerebbe attuare almeno per le trattrici di maggiore potenza, forme di gestione associata” (Piccarolo, 2008) [o ricorrendo a contoterzisti, n.d.r.].

Da ultimo una considerazione; nell’immaginario collettivo il trattore agricolo ha sostituito il “pio bove” di carducciana memoria:

*“T’amo pio bove; e mite un sentimento
Di vigore e di pace al cor m’infondi,
O che solenne come un monumento
Tu guardi i campi liberi e fecondi,
O che al giogo inchinandoti contento
L’agil opra de l’uom grave secondi...”⁸*

La macchina ha sostituito l’animale, ma non appare come un corpo estraneo essendo bensì inserita con rispetto nel mondo rurale.

⁸ Dalla poesia “Il bove”, tratta dalla raccolta “Rime Nuove” – 1872 – Giosuè Carducci

Bibliografia

1. Bedosti, A. 1984. Il trattore agricolo: scelta, uso e manutenzione. Bologna: Edagricole
2. Bodria, L. – Pellizzi, G. – Piccarolo, P. 2006. Il trattore e le macchine operatrici. Bologna: Edagricole
3. Bodria, L. – Pellizzi, G. – Piccarolo, P. 2018. Meccanica e meccanizzazione agricola. Milano: Edagricole - Edizioni Agricole di New Business Media srl
4. Carnevali, C. 2009. Bilancio dinamico-energetico dei trattori agricoli: prove per il rilievo della potenza richiesta da sistemi accessori – Corso di dottorato di ricerca meccanica agraria XXI ciclo -- Dipartimento di geologia e ingegneria meccanica, idraulica e naturalistica per il territorio - Università degli studi della Tuscia di Viterbo
5. Centro studi agricoli di Borgo a Mozzano 1983. La trattrice agricola. Bologna : Edagricole
6. Cera, M. 1979. Meccanica agraria : la trattrice agricola. Bologna: Patron
7. ENI 1978. La trattrice agricola. Roma: Ente Nazionale Idrocarburi
8. Filippi, F. 1967. Piccola Enciclopedia di meccanica agraria. Roma, Esso Standard italiana
9. Giubilei, M. - 2020. Lezioni di produzioni vegetali 3° - modulo di Meccanizzazione agraria -Dipartimento di Ingegneria del Territorio – Università degli Studi di Sassari
10. Irianni, A. 1957. La trattrice agricola. Roma: Ramo editoriale degli agricoltori
11. Marinello, F. 2017. Modulo: “Elementi costruttivi delle macchine” del Corso di Meccanica agraria - Laurea triennale in Scienze e tecnologie agrarie - Università di Padova
12. Piccarolo, P. 1981. Scelta e impiego della trattrice agricola: manuale. Roma: REDA
13. Priorelli, G. 1956. La trattrice agricola. Bologna: Edizioni Agricole
14. Pugnani, A. 1932. La trattrice agricola e la sua possibile adattabilità all'impiego militare di guerra. Roma: Arte delle Stampa. In testa al front.: 1. congresso nazionale della meccanica agraria, bozze di stampa
15. Shell italiana con la collaborazione di Stefanelli G., Di Cocco E. 1969. La trattrice agricola. Genova: Shell italiana

Sitigrafia

1. [file:///C:/Users/anton/Downloads/ccarnevali_tesid%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/anton/Downloads/ccarnevali_tesid%20(2).pdf)
2. file:///C:/Users/anton/Downloads/CS_Agritecnica_Innovations_Awards-ITA.pdf
3. file:///C:/Users/anton/Downloads/massimo_giubilei_-_lezioni_meccanizzazione_agraria.pdf
4. <http://dpessina.altervista.org/nuove-dispense-pdf/DIMENSIONAMENTO-VitEnol-e-Agrotec.pdf>
5. <http://dpessina.altervista.org/SVE-dispense2021/SVE-ROPS.pdf>
6. http://dspace.crea.gov.it/bitstream/inea/781/1/Meccanizzazione_agricola_Italia_Mari.pdf
7. <http://www.aci.it/i-servizi/normative/codice-della-strada/titolo-iii-dei-veicoli/art-57-macchine-agricole.html>
8. http://www.apimai-ra.it/wp-content/uploads/2020/02/Mother_Regulation-Aggiornamento_2020_16_1_20.pdf
9. <http://www.assicurazionionline.com/come-assicurare-i-mezzi-agricoli/>
10. <http://www.patente.it/normativa/decreto-interministeriale-28-02-2019-n-80-revisione-generale-periodica-delle-macchine-agricole-ed-operatrici?idc=3895>
11. http://www.pianostrutturale.info/norme/Regolamento_di_attuazione_del_codice_della_strada.pdf
12. <http://www.prevenzionesicurezza.com/news.asp?id=11348>
13. <http://www.stefanoweb.com/trattori/>
14. http://www.unpisi.it/docs/PUBBLICAZIONI/ARTICOLI/Conduzione_Sicurezza_Trattori.pdf
15. <https://agricoltura.regione.emilia-romagna.it/aiuti-imprese/temi/sicurezza-sul-lavoro/approfondimenti-sicurezza/relazioni-di-prova-telai-rops-trattori>
16. <https://agriculture.newholland.com/eu/it-it/chi-siamo/news-e-media/news-ed-eventi>
17. <https://agriculture.newholland.com/eu/it-it/chi-siamo/news-e-media/news-ed-eventi/2020/new-holland-schiera-la-sua-gamma-a-fieragricola-2020>
18. <https://agriculture.newholland.com/eu/it-it/prodotti/gamme/trattori/t6-methane-power>
19. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2019/02/04/carraro-ibrido-sintonia-d-intenti-tra-diesel-ed-elettrico/61599>
20. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2019/09/12/macchine-agricole-sempre-piu-comunicative/63914>
21. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2019/10/25/campionato-italiano-di-tractor-pulling/64661>
22. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2020/05/07/cabine-di-relax/66691>
23. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2020/11/03/eima-20-21-l-innovazione-va-in-scena-due-volte/68414>
24. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agrimeccanica/2021/01/08/case-ih-e-new-holland-innovazioni-vincenti/68955>
25. <https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/meccanica/Immatricolazioni-Italia---2019.pdf>

26. <https://assets.cnhindustrial.com/nhag/eu/it-it/assets/pdf/precision-land-management/precision-land-management-brochure-italy-it.pdf>
27. https://auto.hwupgrade.it/news/tecnologia/rigitrac-ske-50-electric-il-trattore-elettrico-made-in-svizzera_82739.html
28. <https://confagricolturamirano.blogspot.com/2016/09/vendita-trattore-tra-privati.html>
29. <https://contoterzista.edagricole.it/normativa-contoterzismo/nuove-regole-omologazione-macchine-agricole/>
30. <https://emporio.nuovaelica.it/Trattore-Cingolato-John-Deere-Giocattolo>
31. <https://iaassassari.files.wordpress.com/2012/07/3-trattori.pdf>
32. https://it.wikipedia.org/wiki/Pagina_principale
33. https://it.wikipedia.org/wiki/Tractor_Pulling
34. <https://macchinemotoriagricoli.edagricole.it/economia-e-mercati/immatricolazioni-piu-ombre-che-luci-per-leuropa-dei-trattori/>
35. <https://macchinemotoriagricoli.edagricole.it/economia-e-mercati/trattori-in-rosso-al-giro-di-boa-in-italia-e-in-europa/>
36. <https://palmieri.cc/onewebmedia/SicurezzaTrattoriAgricoli.pdf>
37. <https://terraevita.edagricole.it/macchine-agricole-trattori/circolazione-dei-trattori-tutto-quello-che-bisogna-sapere/>
38. <https://trattoridepocapiacentini.it/manuali-trattati-depliant.pdf>
39. <https://trends.agriexpo.online/it/project-65693.html>
40. <https://www.agraria.org/estimo%20economia/trattice%20agricola.htm>
41. <https://www.agricolturanews.it/lacquisto-di-una-macchina-agricola-nuova-o-usata-2/>
42. https://www.amazon.it/Bruder-3120-3120-New-Holland-t-315/dp/B076JD8KSY/ref=pd_sbs_1?pd_rd_w=JPii1&pf_rd_p=73021335-3337-4067-9dba-3816378c8630&pf_rd_r=0BRE77W0V04M6PHGP0KC&pd_rd_r=5fe941a0-7e85-4451-8e45-2caef8a86d0&pd_rd_wg=bpwbf&pd_rd_i=B076JD8KSY&psc=1
43. https://www.amazon.it/Bruder-Spielwaren-Trattore-Case-Optum/dp/B01N0XTMSK/ref=asc_df_B01N0XTMSK/?tag=googshopit-21&linkCode=df0&hvadid=103298080859&hvpos=&hvnetw=g&hvrand=6058937183077566051&hvpone=&hvptwo=&hvqmt=&hvdev=c&hvdvcmndl=&hvlocint=&hvlocphy=1008611&hvtargid=pla-351800950686&psc=1
44. https://www.amazon.it/Bruder-Spielwaren-Trattore-Steyr-B103180/dp/B01N5ME1HT/ref=pd_sbs_4?pd_rd_w=JPii1&pf_rd_p=73021335-3337-4067-9dba-3816378c8630&pf_rd_r=0BRE77W0V04M6PHGP0KC&pd_rd_r=5fe941a0-7e85-4451-8e45-2caef8a86d0&pd_rd_wg=bpwbf&pd_rd_i=B01N5ME1HT&psc=1
45. https://www.amazon.it/Universal-Hobbies-UH6060-Landini-Trattore/dp/B003EMCBB2/ref=pd_lpo_200_img_0/261-7450051-6226501?encoding=UTF8&pd_rd_i=B003EMCBB2&pd_rd_r=208061c9-9676-4cac-9f80-346665044453&pd_rd_w=ik9b8&pd_rd_wg=6YS0Y&pf_rd_p=3535ee31-7615-49b1-9321-e868036efcc7&pf_rd_r=HV0MTZD7CWG2SKPWAJBE&psc=1&refRID=HV0MTZD7CWG2SKPWAJBE
46. <https://www.antonio carraro.it/it/plus/cabina-air>
47. <https://www.biblio.units.it/SebinaOpac/resource/ricerche-sul-cingolo-pneumatico-bonmartini-per-trattrici/TSA2679421>

48. https://www.blaupunkt.com/fileadmin/user_upload/Service/SERVICEDOKU_ZIEL/EA/IT/7648007310001_EA_IT.pdf
49. https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2008_0081_allegato_V.pdf
50. <https://www.certifico.com/newsletter/archive/view/listid-5-cem4-it/mailid-21475-strutture-rops-fops-tops-fogs-quadro-normativo-illustrato>
51. <https://www.certifico.com/newsletter/archive/view/listid-5-cem4-it/mailid-21475-strutture-rops-fops-tops-fogs-quadro-normativo-illustrato>
52. <https://www.cnr.it/it/focus/049-8/valutazione-soggettiva-del-comfort-del-posto-di-guida-di-trattori-agricoli-risultati-di-un-indagine-tra-gli-operatori>
53. https://www.coltivarefacile.it/002099_trattore.html
54. <https://www.coltivarefacile.it/articoli/trattore>
55. <https://www.deere.it/it/campaigns/ag-turf/operations-center/>
56. https://www.deere.it/it/campaigns/nostri-trattori/e-ora-di-migliorare/?cid=SEM_AG_itIT_TimeToUpgrade2021_GA_ad01
57. <https://www.deere.it/it/soluzioni-gestionali-agricole/>
58. <https://www.deere.it/it/trattori/>
59. <https://www.deutz-fahr.com/it-it/deutz-fahr-world/news-e-eventi/2748-due-medaglie-per-le-innovazioni-same-deutz-fahr-ad-agritechnica-2013>
60. <https://www.dieselweb.eu/si-muove-poco-il-mercato-trattori-in-europa-nel-2019/>
61. <https://www.edagricole.it/wp-content/uploads/2020/03/5413-Meccanica-e-meccanizzazione-agricola-SFOGLIA.pdf>
62. <https://www.edagricole.it/wp-content/uploads/2020/03/5413-Meccanica-e-meccanizzazione-agricola-SFOGLIA.pdf>
63. <https://www.enama.it/circolazione-stradale/saec4acb3>
64. https://www.enama.it/userfiles/sfogliabili/Pubblicazione/linee_guida/enama_sks_lgs_05_2002_it_/files/assets/common/downloads/ENAMA%20-%20La%20trattrice%20agricola%20a%20ruote.pdf
65. https://www.enama.it/userfiles/sfogliabili/Pubblicazione/linee_guida/enama_sks_lgs_05_2002_it_/files/assets/common/downloads/ENAMA%20-%20La%20trattrice%20agricola%20a%20ruote.pdf
66. <https://www.federunacoma.it/it/informati/appuntamenti/psr/01-trattore-novita-prospettive.pdf>
67. <https://www.federunacoma.it/it/informati/appuntamenti/psr/01-trattore-novita-prospettive.pdf>
68. <https://www.federunacoma.it/it/informati/appuntamenti/psr/03-lavorazione-terreno.pdf> (Aggiornamento sulle caratteristiche tecniche delle macchine per la minima lavorazione del terreno - Luigi Sartori – Dipartimento TESAF – Università degli Studi di Padova).
69. <https://www.federunacoma.it/it/informati/comunicati-stampa-federunacoma.php>
70. <https://www.federunacoma.it/it/informati/provvedimenti/mother/Circolare%20Prot.%2019962%20del%2021%20luglio%202020.pdf>
71. <https://www.forum-macchine.it/forum/lavori-agricoli-e-forestali/macchine-agricole/trattori-da-campo-aperto/20178-comfort-cabina>
72. <https://www.google.com/search?q=carta+di+circolazione+trattore+agricolo&oq=carta+di+circolazione+tratt&aqs=chrome.1.69i57j35i39j0i22i30i3.16737j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

73. <https://www.google.com/search?q=competizioni+fra+trattori+agricoli&oq=COMPETIZIONI+FRA+TRATTORI&ags=chrome.1.69i57j33i10i160l2.10762j1j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
74. <https://www.google.com/search?q=Immatricolato+trattori+2020&sa=X&sxsrf=ALeKk0143JligXDvoBcrufUVGnAL8WyaMw:1619707333735&tbm=isch&source=iu&ictx=1&ir=G7U4DbzHDxGRbM%252C3VC9DhaFgVv2gM%252C &vet=1&usg=AI4 - kQVyP6AFNL5q7BXWasspm2Di XGGA&ved=2ahUKEwjDq5GC2KPwAhUkuaQKHZssA3kQ9QF6BAgKEAE&biw=1366&bih=568#imgrc=G7U4DbzHDxGRbM>
75. <https://www.google.com/search?q=Immatricolato+trattori+2020&sa=X&sxsrf=ALeKk0143JligXDvoBcrufUVGnAL8WyaMw:1619707333735&tbm=isch&source=iu&ictx=1&ir=G7U4DbzHDxGRbM%252C3VC9DhaFgVv2gM%252C &vet=1&usg=AI4 - kQVyP6AFNL5q7BXWasspm2Di XGGA&ved=2ahUKEwjDq5GC2KPwAhUkuaQKHZssA3kQ9QF6BAgKEAE&biw=1366&bih=568#imgrc=rylqtzKqDFy6YM>
76. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=7pcgdfIBFE0i7M
77. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=VAWkNMseO3QBWM
78. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=SrUW2Q2llG3EpM&imgdii=kW7SuTTsL5RZrM
79. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=OTpk1XnUa FOyM
80. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=kq8U658TeJVgwM
81. https://www.google.com/search?q=trattore+agricolo+giocattolo&tbm=isch&ved=2ahUKEwjL08-C8cPwAhWSxlsKHep5B7gQ2-cCegQIABAA&oq=trattore+agricolo+giocattolo&gs_lcp=CgNpbWcQAziECCMQJzIECAAQGFDzEljNIGCMKWgAcAB4AIABa4gB7waSAQM3LjKYAQcGAAQgqAQtnD3Mtd2l6LWltZ8ABAQ&scient=img&ei=9aabYluFEJKJrwTq853ACw#imgrc=3CglridGv2hgqM

82. https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk00wnTI2VvT_ePAgoD3J2WHXfIUoQ:1620819710314&source=univ&tbm=isch&q=trattore+agricolo+arte&sa=X&ved=2ahUKEwiNw8_4h8TWAhWwtYsKHcwvARAQjKegQIAxAB&biw=1366&bih=568#imgrc=ZZ5bRQC9v0KAJM
83. https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk03FBx7KCHVj9DGvRthciNqy8I2t_w:1606743373166&q=passaggio+di+propriet%C3%A0+trattore+agricolo+a+privato&sa=X&ved=2ahUKEwiftoLAsartAhVK26QKHU4sDD0Q1QIoB3oECAIQCA&biw=1366&bih=568
84. https://www.imamoter.cnr.it/pdf/formaz/130_Tratrice_Rev7.pdf
85. <https://www.imamoter.cnr.it/pdf/formaz/165.pdf>
86. https://www.inail.it/cs/internet/attivita/prevenzione-e-sicurezza/promozione-e-cultura-della-prevenzione/linee-guida/ucm_portstg_078403_adeguamento-dei-trattori-agricoli-o-forestali.html
87. <https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/installazione-dei-dispositivi-di-protezione.html>
88. https://www.inail.it/cs/internet/docs/allegato_indice-e-premessa.pdf
89. <https://www.lamborghini.com/it-en/brand/persona/ferruccio-lamborghini>
90. <https://www.leggioggi.it/2016/06/14/nuovo-codice-della-strada-per-macchine-agricole-ecco-le-principali-novita/>
91. <https://www.macchineagricolenews.it/2019/01/12/trattori-elettrici-il-filo-puo-essere-una-soluzione/>
92. <https://www.macchinetrattori.info/innovazione-continua/>
93. <https://www.macchinetrattori.info/mercato-gatta-ci-covid/>
94. <https://www.mccormick.it/sicurezza-trattori-agricoli-risposte-domande-frequenti-2/>
95. <https://www.mondomacchina.it/it/cabine-after-market-una-questione-di-sicurezza-c2019>
96. <https://www.mondomacchina.it/it/dispositivi-di-sicurezza-impianti-frenanti-nei-trattori-agricoli-c1159>
97. <https://www.mondomacchina.it/it/la-madre-di-tutte-le-omologazioni-c623>
98. <https://www.mondomacchina.it/it/quattro-ruote-sterzanti-la-novita-same-c2312>
99. <https://www.moto.it/news/solo-i-trattori-battono-le-moto.html>
100. <https://www.puntosicurezzaar.com/trattori/>
101. <https://www.puntosicuro.it/sicurezza-sul-lavoro-C-1/tipologie-di-rischio-C-5/rischio-vibrazioni-C-38/inail-l-esposizione-a-vibrazioni-rumore-nelle-macchine-agricole-AR-20925/>
102. https://www.researchgate.net/figure/Figura-20-Immagine-della-prima-trattrice-con-motore-a-scoppi-prodotta-da-Dan-Albone_fig4_337006797
103. https://www.researchgate.net/publication/296189205_Lezioni_di_Meccanica_Agraria/link/56d2e0ff08ae059e37610f18/download
104. <https://www.ricambitrattorishop.com/categoria/accessori-trattori/telai-di-sicurezza-rops-per-trattori>
105. <https://www.steyr-traktoren.com/it-it/agricoltura/technologie/steyr-konzept>
106. <https://www.studiord.srl/safety/wp-content/uploads/sites/2/2019/05/Conduzione-Trattori-Agricoli-e-Forestali.pdf>
107. <https://www.testo-unico-sicurezza.com/media/manuale-della-circolazione-delle-macchine-agricole-2.pdf>

108. <https://www.trattoriweb.com/case-ih-nuove-serie-quadtrac-e-steiger-afs-connect/>
109. <https://www.trattoriweb.com/il-futuro-secondo-john-deere/>
110. <https://www.trattoriweb.com/mercato-trattori-2020-le-immatricolazioni-per-marchio/#:~:text=Le%20immatricolazioni%20per%20marchio,-Doveva%20essere%20I&text=E%20invece%20tutto%20sommato%20il,del%203%2C4%20per%20cento.>
111. <https://www.trattoriweb.com/mercato-trattori-2020-le-immatricolazioni-per-marchio/>
112. <https://www.trattoriweb.com/same-deutz-fahr-e-limportanza-dellagricoltura-4-0-i-trattori-ora-dialogano-in-cloud-con-sdf-data-platform/>
113. <https://www.trattoriweb.com/valtra-serie-n-e-t-in-arrivo-la-quinta-generazione-per-i-trattori-finlandesi/>
114. <https://www.uniba.it/ateneo/facolta/agraria/offerta/materiale-didattico/materiale-didattico-di-meccanica-e-meccanizzazione-agricola-del-prof.-pascuzzi-per-il-cl-sta/4-architettura-trattore.pdf/view>
115. https://www.unimontagna.it/web/uploads/2020/10/Fontana-Marco-elaborato-finale_PROTETTO.pdf
116. <https://www.vaielettrico.it/agricoltura-e-cura-del-verde-elettrica-tutte-le-novita-del-2020/>
117. <https://www.vaielettrico.it/il-trattore-ibrido-steyr-sviluppato-con-cnh-fiat/>
118. <https://www.vaielettrico.it/rigitrac-ske-50-trattore-elettrico-svizzero/>
119. <https://www.vaielettrico.it/trattori-10-modelli-elettrici-piu-due-a-guida-autonoma/>
120. <https://www.venetoagricoltura.org/upload/pubblicazioni/E%20449%20Sicurezza%20VOL1%20Azienda/Scheda%20A.pdf>
121. https://www.wikiwand.com/it/Targhe_d%27immatricolazione_dell%27Italia
122. <https://www.yumpu.com/it/embed/view/RUZskMXPeOAzT4nq>