UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI
PRODUZIONE, TERRITORIO, AGROENERGIA

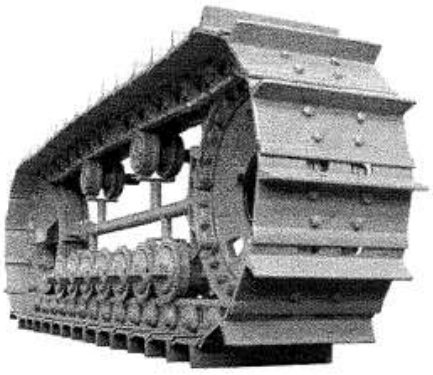
DISPENSA DEL CORSO DI

MECCANIZZAZIONE AGROFORESTALE

Prof. D. Pessina

a.a. 2021/22

ORGANI DI PROPULSIONE (pneumatici e cingoli)



Anche se strutturalmente gli pneumatici adottati in agricoltura sono simili ai modelli che equipaggiano i veicoli di altre categorie, il loro aspetto esterno (e in parte le dimensioni tipiche) differisce in modo considerevole soprattutto per ciò che riguarda il battistrada, ovvero la parte che è a contatto con il terreno.
Più in dettaglio la conformazione degli pneumatici agricoli si distingue in relazione alla funzione svolta, cioè se sono montati su ruote motrici (cioè che contribuiscono all'autodislocamento del mezzo e alla trazione delle m.o. accoppiate) oppure esclusivamente direttrici (ovvero servono per direzionare il veicolo).
rigida.

Nel caso delle **ruote motrici**, gli pneumatici agricoli sono dotati di **costole (o ramponi)**, atte a favorire l'**aggrappamento** al terreno, sia in caso di loro parziale o totale penetrazione, che di semplice rotolamento su superficie rigida.
Viceversa, la **ruote direttrici** sono caratterizzate dalle **armille**, ossia rilievi longitudinali ricavati sull'intera circonferenza di rotolamento, atte a facilitare il **direzionamento** della macchina sia su superficie cedevole che rigida.

4 ruote motrici

2 ruote motrici e 2 direttrici

PNEUMATICI AGRICOLI

per ruote DIRETTRICI

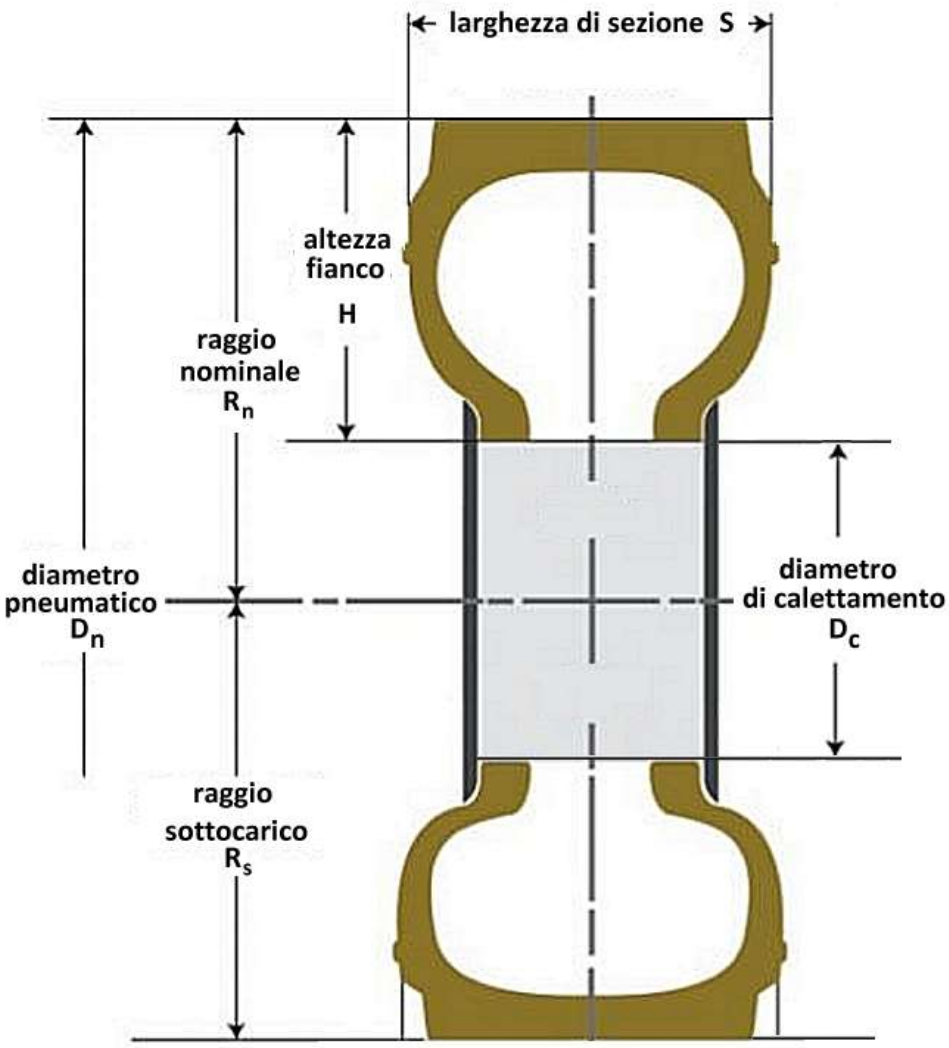
armille

per ruote MOTRICI

costole (o ramponi)

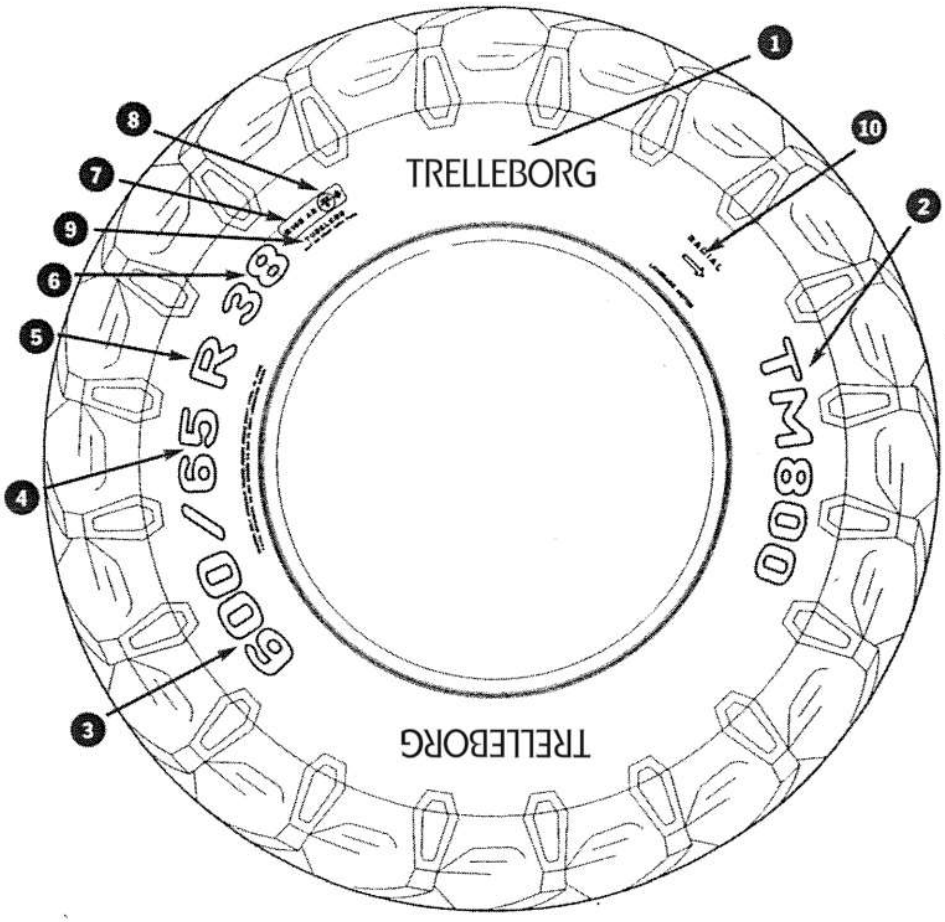
CARATTERISTICHE DIMENSIONALI

In generale, si possono individuare alcune dimensioni base dello pneumatico:
-**Larghezza di sezione (S)** : larghezza nominale tra i due fianchi dello pneumatico non sottoposto a carico.
-**Altezza del fianco (H)** : altezza del fianco dello pneumatico non sottoposto a carico.
-**Raggio nominale (Rn)** : il raggio della ruota (quindi pneumatico + cerchio) con lo pneumatico non sottoposto ad un carico.
-**Raggio sotto carico (Rs)** : il raggio della ruota (quindi pneumatico + cerchio) con lo pneumatico sottoposto ad un carico.
-**Diametro dello pneumatico (Dn)** : diametro nominale dello pneumatico (quindi non caricato).
-**Diametro di calettamento (Dc)** : diametro interno dello pneumatico
- **RAPPORTO DI ASPETTO (%)** : rapporto tra l'altezza del fianco (H) e la larghezza di sezione (S), espresso in percentuale.



RAPPORTO DI ASPETTO (%)

$$\frac{H}{S} \times 100$$



MARCATURA DELLO PNEUMATICO

La marcatura è una sigla, composta da lettere, numeri e segni grafici, che fornisce molte informazioni progettuali, costruttive e prestazionali di tutti i pneumatici. Si tratta quindi di un insieme di dati fondamentali per comprendere a fondo senso tecnico di uno pneumatico, soprattutto per ciò che concerne l'adattamento a determinati veicoli che vengono impiegati in una varietà anche ampio di condizioni operative.

La marcatura è sempre apposta in rilievo sui fianchi dello pneumatico e, unitamente ad altri dati di natura più o meno commerciale risulta quindi ben leggibile e interpretabile. Le informazioni principali sono standardizzate secondo una codifica consolidata, che in parte si è evoluta nel tempo.

1	TRELLEBORG : denominazione del costruttore
2	TM 800 : denominazione del modello
3	600 : larghezza nominale di sezione, mm
4	/ 65 : rapporto di aspetto, % (se non è esplicitato, assume il valore di default di 85)
5	R : carcassa radiale (se "-" : carcassa diagonale)
6	38 : diametro di calettamento (diametro del cerchio), pollici (1 pollice = 25,4 mm)
7	Indice di carico (alla pressione di gonfiaggio "standard" di 1,6 bar) : cfr tabella ETRTO)
8	Indice di velocità (alla pressione di gonfiaggio "standard"di 1,6 bar) : cfr tabella di velocità)
9	tubeless : senza camera d'aria (se "tube type" : con camera d'aria)
10	freccia (se presente) : indica il senso di rotazione (serve per un corretto montaggio)

VARIAZIONI DELLA MARCATURA

La codifica della marcatura ha subito delle parziali variazioni nel tempo, e può essere diversa in alcune sue parti, in relazione alle caratteristiche costruttive dello pneumatico. In particolare, per ciò che concerne gli pneumatici agricoli:

-**Larghezza di sezione**: fino a diversi anni fa, il dato era espresso in pollici, e non in millimetri (Peraltro, la conversione tra le due unità di misura non è sempre perfettamente corrispondente). L'espressione in pollici è ancora in uso, specie per gli pneumatici con carcassa diagonale.

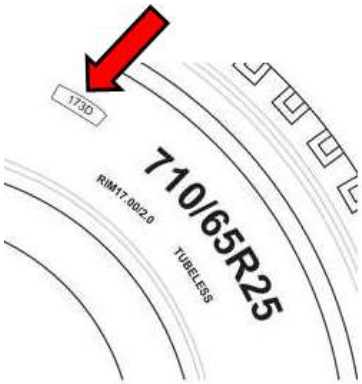
-**Rapporto di aspetto** : se non è esplicitato, di default si considera "/ 85".

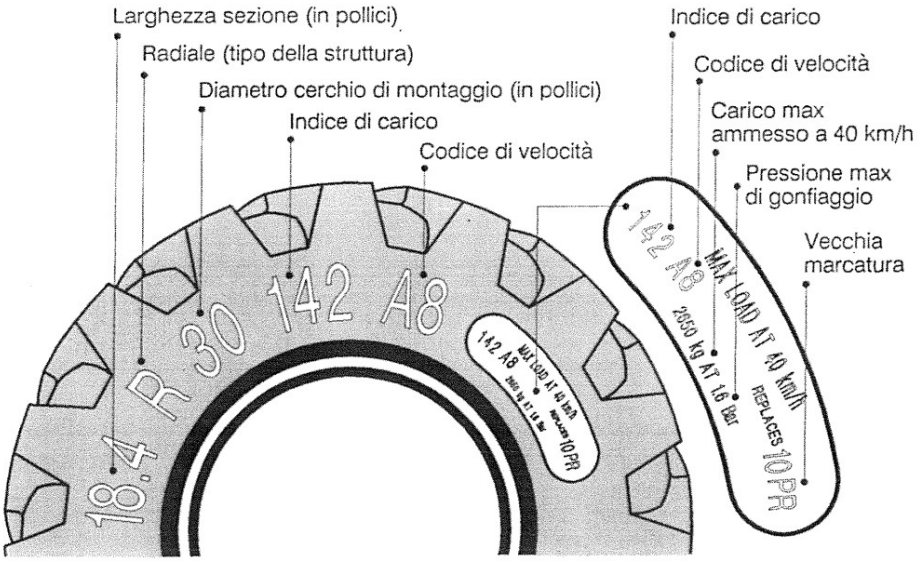
rapporto di aspetto /65

rapporto di aspetto assente (/85)

-**Carcassa** : se è di tipo radiale è esplicitata la lettera "R"; se viceversa è di tipo diagonale (o tradizionale) nella marcatura c'è un trattino ("-").

-**Indici di carico e di velocità**: di solito, sono riportati in caratteri più piccoli e in collocazioni diverse dai dati principali della marcatura.





Un esempio di marcatura "mista", ovvero con indicazioni più o meno recenti.

Indici di Carico ETRTO (Load Index)

IC	kg	IC	kg	IC	kg	IC	kg	IC	kg
60	250	86	530	111	1090	136	2240	161	4625
61	257	87	545	112	1120	137	2300	162	4750
62	265	88	560	113	1150	138	2360	163	4875
63	272	89	580	114	1180	139	2430	164	5000
64	280	90	600	115	1215	140	2500	165	5150
65	290	91	615	116	1250	141	2575	166	5300
66	300	92	630	117	1285	142	2650	167	5450
67	307	93	650	118	1320	143	5725	168	5600
68	315	94	670	119	1360	144	2800	169	5800
69	325	95	690	120	1400	145	2900	173	6000
70	335	96	710	121	1450	146	3000	171	6150
71	345	97	730	122	1500	147	3075	172	6300
72	355	98	750	123	1550	148	3150	173	6500
73	365	99	775	124	1600	149	3250	174	6700
74	375	100	800	125	1650	150	3350	175	6900
75	387	101	825	126	1700	151	3450	176	7100
76	400	102	850	127	1750	152	3550	177	7300
77	412	103	875	128	1800	153	3650	178	7500
78	425	104	900	129	1850	154	3750	179	7750
79	437	105	925	130	1900	155	3875	180	8000
80	450	106	950	131	1950	156	4000	181	8250
81	462	107	975	132	2000	157	4125	182	8500
82	475	108	1000	133	2060	158	4250	183	8750
83	487	109	1030	134	2120	159	4375	184	9000
84	500	110	1060	135	2180	160	4500	185	9250
85	515								

Indice di velocità	Velocità km/h	Indice di velocità	Velocità km/h	Indice di velocità	Velocità km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

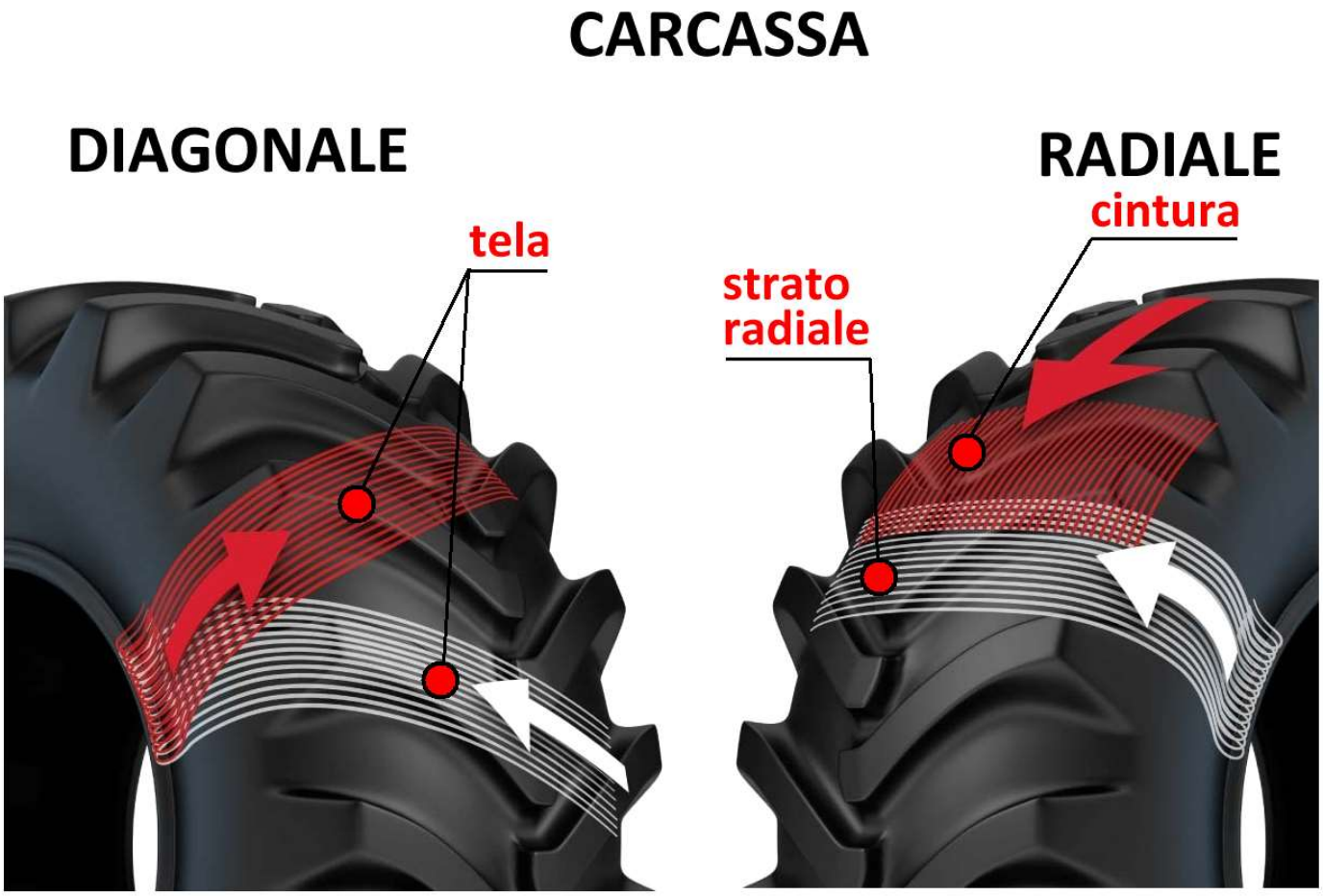
Gli **indici di carico (Load Index, LI) e di velocità (Speed Index, SI)** sono stati standardizzati dall'ente internazionale ETRTO (European Tyre and Rim Technical Organization) .

E' importante tenere presente che **i valori nelle relative tabelle sono riferiti alla pressione standard di 1,6 bar (160 kPa).**

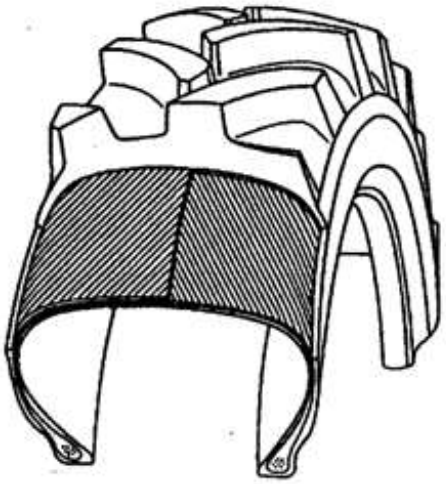
Pertanto, se ad es. uno pneumatico ha LI "146" e SI "B" significa che, se gonfiato a 1,6 bar può portare in sicurezza un carico di 3000 kg fino a 50 km/h (ovvero 6000 kg per l'asse del trattore equipaggiato con quel tipo di pneumatico).

LA CARCASSA DELLO PNEUMATICO

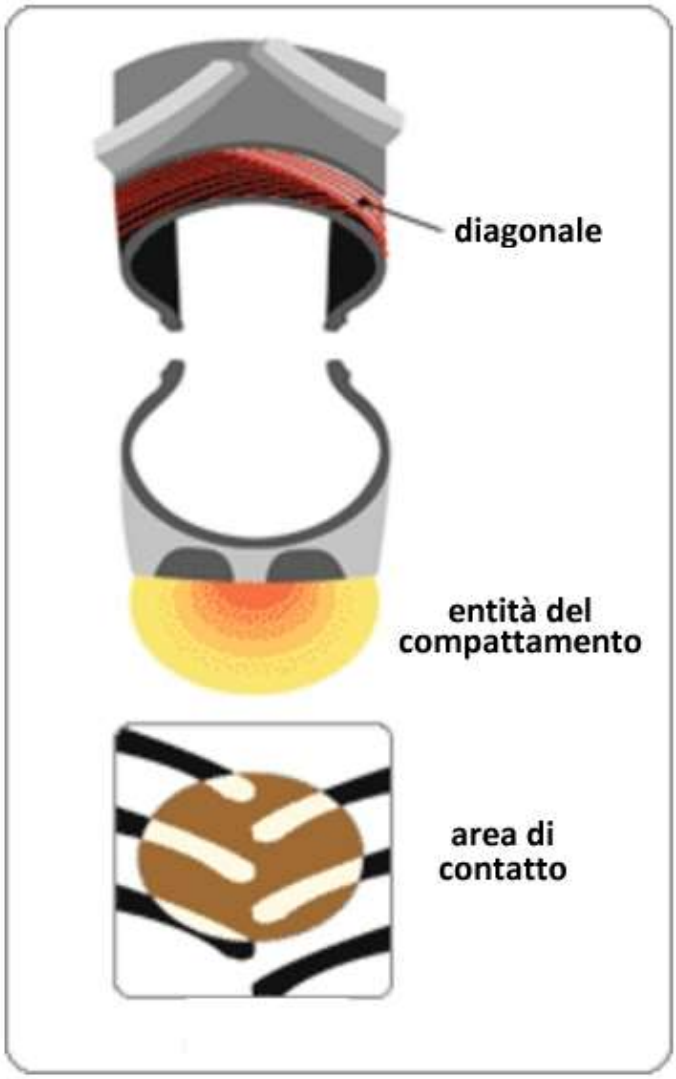
Si tratta della parte strutturale dello pneumatico, quella che gli conferisce la necessaria robustezza per sopportare e sollecitazioni statiche e dinamiche durante l'uso.
La carcassa non è visibile dall'esterno, perché è composta da una serie di fili o cavi di vari materiali annegati nella gomma.
Inizialmente, tali fili erano di origine tessile, collocati uno di fianco all'altro, a formare delle tele (in inglese: "ply") che erano disposte diagonalmente rispetto all'asse verticale dello pneumatico, e sovrapposte in modo incrociato una sopra l'altra. Tale costruzione (tuttora praticata, anche se in forma minoritaria) è detta **carcassa "diagonale" o "convenzionale"**. Il numero delle tele definisce quindi la "robustezza "dello pneumatico. In alternativa al materiale tessile, i fili possono essere di nylon.
A partire dagli anni '60 del secolo scorso e inizialmente nel settore *automotive*, ma poi quasi subito anche in agricoltur,a in luogo della carcassa diagonale si è progressivamente diffusa la **carcassa "radiale"**, dove le tele sovrapposte sono sostituite da un unico strato di fili, sempre in materiale tessile, o in nylon oppure anche in acciaio per le strutture più robuste, disposto non più diagonalmente, ma radialmente rispetto all'asse verticale dello pneumatico, Sopra la carcassa radiale molto spesso è disposto uno strato di rinforzo, la cosiddetta "cintura".

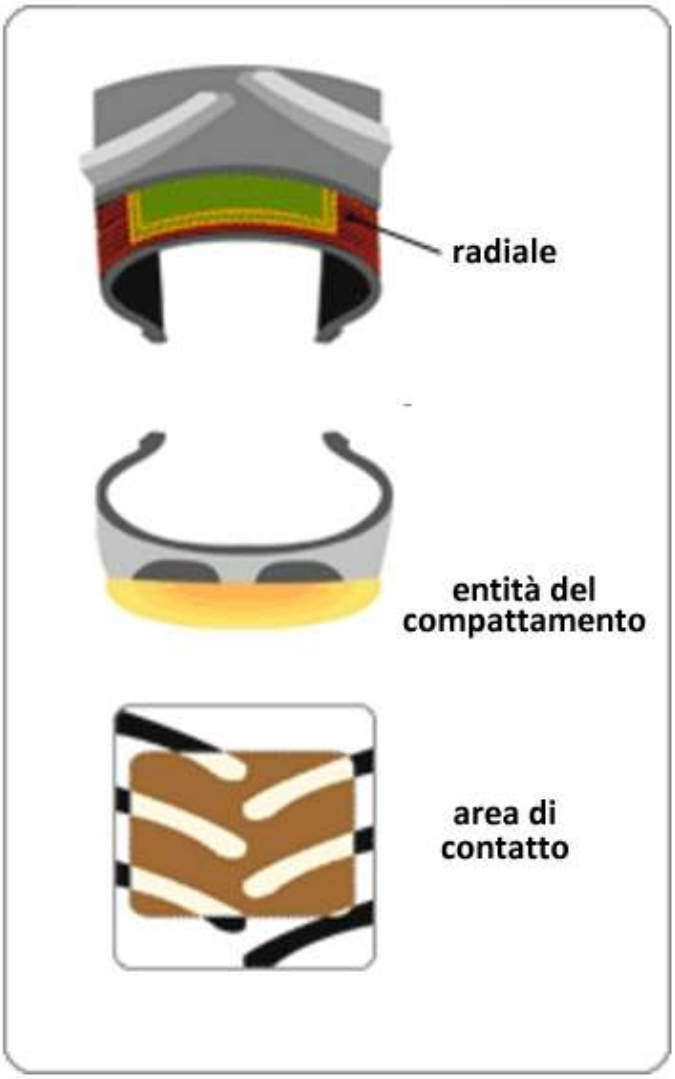


L'evoluzione dallo pneumatico diagonale a quello radiale ha comportato una minor rigidezza della carcassa, e di conseguenza una **maggior flessibilità dei fianchi**.
Pertanto, a parità di carico incidente e per una medesima misura dello pneumatico, l'area di contatto con il terreno (ovvero l'"impronta al suolo") risulta significativamente maggiore, soprattutto in larghezza.
In pratica la forma dell'impronta passa da ellissoide a pressocchè rettangolare.
La migliorata elasticità dei fianchi è frutto di un accurato studio delle mescole di gomma (sia di origine naturale, il caucciù, sia di sintesi) di cui sono composti sia i fianchi stessi che le altre parti dello pneumatico.



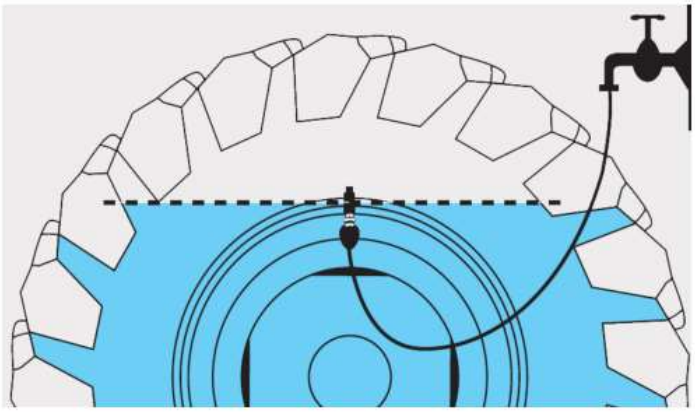
L'evoluzione dallo pneumatico diagonale a quello radiale ha comportato una minor rigidezza della carcassa, e di conseguenza una maggior flessibilità dei fianchi.
Pertanto, a parità di carico incidente e per una medesima misura dello pneumatico, l'area di contatto con il terreno (ovvero l'"impronta al suolo") risulta significativamente maggiore, soprattutto in larghezza.
In pratica la forma dell'impronta passa da ellissoide a pressocchè rettangolare.
Tutto ciò è stato preso possibile dalla migliorata elasticità dei fianchi, frutto di un accurato studio delle mescole di gomma (sia di origine naturale, il caucciù, sia di sintesi) di cui sono composti sia i fianchi stessi che le altre parti dello pneumatico.
In agricoltura, ciò ha comportato ad un duplice vantaggio:
-**un miglior aggrappamento dello pneumatico al suolo**, con un aumento della capacità di trazione del trattore;
- **una riduzione del compattamento del terreno**, perche il carico si distribuisce su una superficie più ampia, riducendo quindi la pressione.





ZAVORRATURA AD ACQUA

Per aumentare il peso aderente (ma anche abbassare il centro di gravità del mezzo agricolo e quindi migliorare la stabilità), si possono zavorrare gli pneumatici con del liquido.
Operativamente, si può riempire con una soluzione di acqua e opportuno anticongelante lo pneumatico sino al 75-80% del suo volume interno, avendo poi cura di portare alla pressione convenzionale il rimanente spazio per l'aria.
L'additivo antigelo è necessario per evitare che nella stagione fredda l'acqua si solidifichi, aumentando di volume e rischiando di danneggiare la carcassa dello pneumatico, a causa dell'aumentata pressione interna.
L'additivo ideale sarebbe il glicole etilenico, usato normalmente nei circuiti di raffreddamento del motore, ma le quantità necessarie e l'elevato costo unitario ne rendono proibitiva l'adozione. Il comune cloruro di sodio o l'alcol metilico potrebbero essere alternative alide, ma si tratta di sostanze che evidenziano un elevato potere corrosivo sulla gomma.
Un buon compromesso è rappresentato invece dal cloruro di calcio ($CaCl_2$), che usato per la correzione del pH dei terreni, è disponibile a basso costo e in elevate quantità.
E' fondamentale tenere presente che **la circolazione su strada pubblica (quindi ad elevate velocità) è PROIBITA con pneumatici zavorrati ad acqua**, perché lo sciabordìo e la turbolenza del liquido all'interno della copertura potrebbero comportare pericolosi sbilanciamenti del trattore in caso di manovre di emergenza, con conseguente potenzialmente molto gravi.

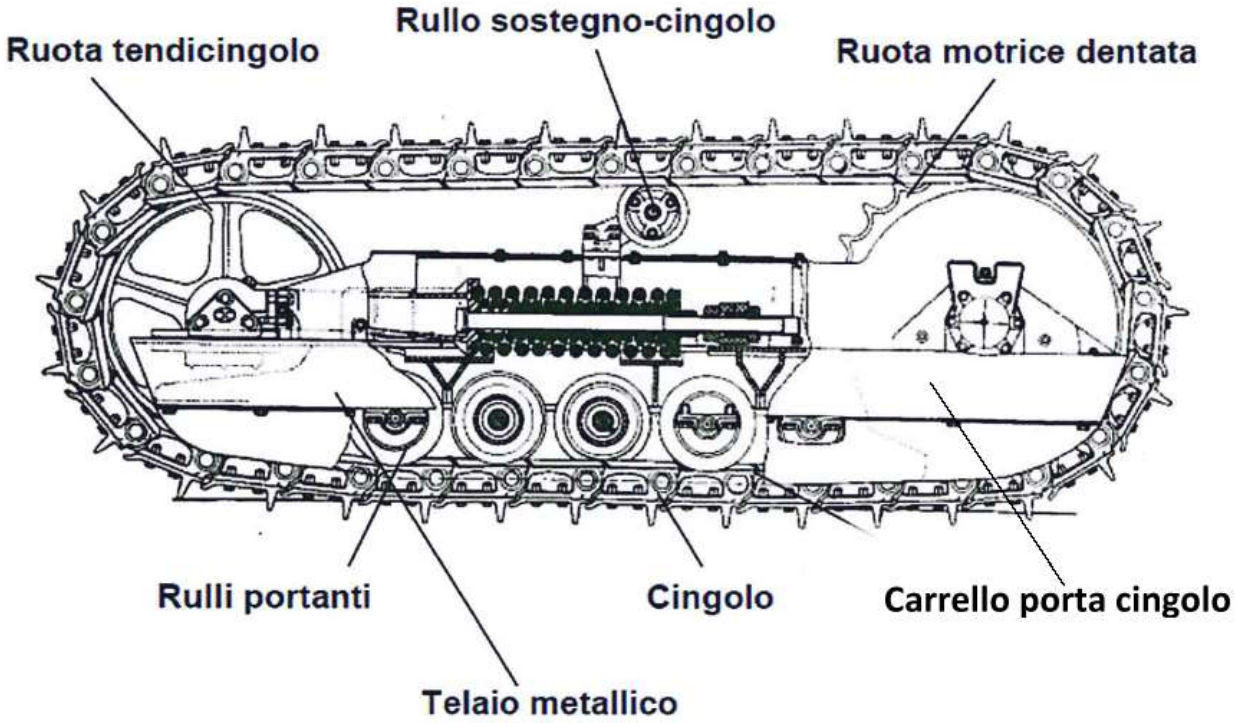


A sinistra: per riempire di acqua e anticongelante al 75-80% il volume interno dello pneumatico si colloca la valvola nel punto più alto e si riempie sin quando il liquido fuoriesce. A destra: riempimento con valvola aria-acqua.

I CINGOLI

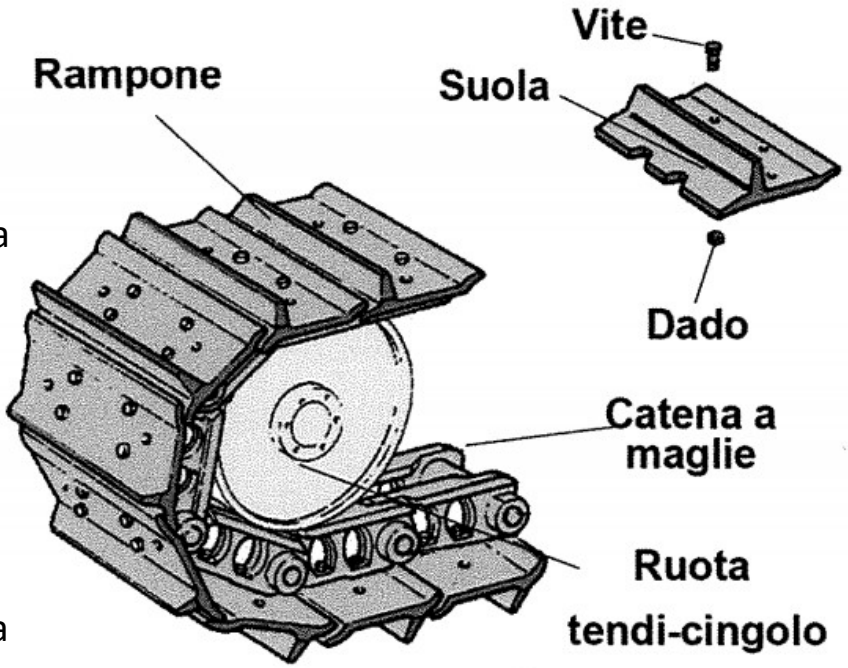
Sui mezzi agricoli, l'adozione dei cingoli risale alla seconda metà del 19° secolo, ma il loro impiego è probabilmente da far risalire già alla seconda metà del '700. Tradizionalmente a maglie d'acciaio, da diversi anni sono disponibili sul mercato anche cingoli in gomma di varia foggia e dimensione, che possono equipaggiare sia trattori di limitata che di elevata potenza.

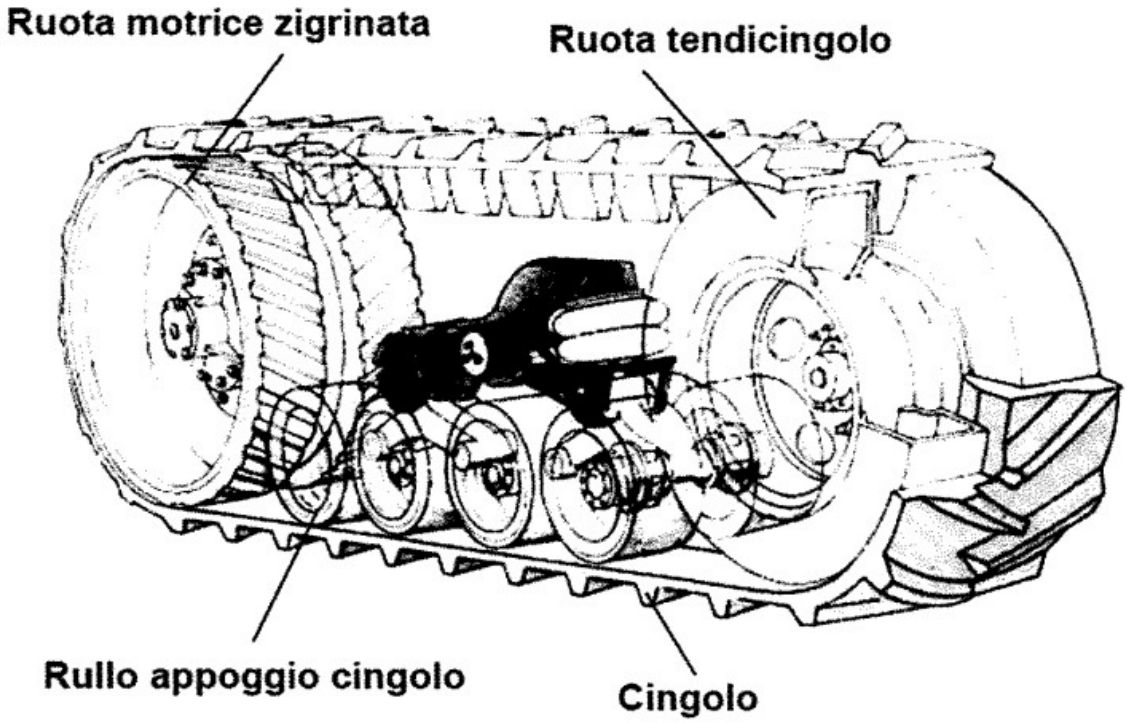
Un trattore con cingoli tradizionali in acciaio di piccola potenza (a sinistra) e uno con cingoli in gomma di potenza elevata (a destra).



Il cingolo in acciaio classico consiste in una catena articolata senza fine, che costituisce una sorta "rotaia" di cui si avvale (di solito come coppia) il veicolo. E' costituito da un carrello porta cingolo, una ruota motrice dentata, una ruota tendi cingolo sempre dentata, dei rulli di sostegno e dei rulli portanti.

Più nel dettaglio, il cingolo vero e proprio è munito esternamente di piastre d'appoggio (**suole**), nervate e articolate, e internamente di una **catenaria** (o catena a maglie), che ingrana la ruota motrice dentata. La tensione del cingolo è mantenuta da una ruota apposita (detta appunto "**tendicingolo**") collocata anteriormente al carrello. Per sviluppare la miglior aderenza, ogni suola è dotata di un **rampone**, in pratica una sottile (ma robusta) barra orientata trasversalmente alla direzione di avanzamento.





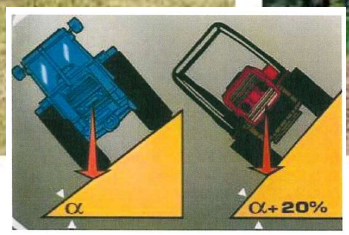
Viceversa, nei cingoli in gomma la catena è sostituita da un **nastro** senza fine **in robusta tela** (o maglia d'acciaio) **gommata**. La superficie verso il terreno è dotata di costole (o ramponi) per l'aggrappamento al terreno, mentre la superficie interna presenta dei risalti che consentono alla **ruota motrice** di fare presa sui cingolo. Ruota motrice e tendicingolo sono in gomma, cosi come i rulli portanti.

ORGANI DI PROPULSIONE (pneumatici e cingoli)

A parità di massa, i trattori cingolati hanno una **capacità di trazione superiore** a quelli a ruote, grazie ad una più equilibrata ripartizione sugli assi e alla più ampia superficie di contatto dell'organo di propulsione con il terreno. Inoltre, consentono una **buona mobilità su terreno accidentato**, con un più semplice il superamento di ostacoli.
Da tenere presente che la pressione esercitata sul terreno è di molto inferiore a quella di qualsiasi tipo di pneumatico, raggiungendo valori medi di soli 0,3-0,5 bar (all'incirca come quella esercitata dal piede di un individuo di media corporatura). Ciò li rende particolarmente indicati ad operare in terreni della portanza limitata, perché molto bagnati, ancor di più se di tessitura tendente all'argilloso.
I cingoli in acciaio hanno una maggiore resistenza meccanica rispetto allo pneumatico (la loro vita utile è pari a 1,5-2 volte quella degli pneumatici), mentre quelli in gomma, specie se impiegati in modo notevole su strada, mostrano una durata leggermente inferiore.

Per effetto della loro **manovrabilità**, permettono al trattore cingolato di svoltare con raggi di curvatura minori rispetto a un veicolo gommato; bloccando infatti la rotazione di un cingolo si può ruotare con un raggio di sterzata estremamente ristretto. Invertendo il senso di marcia di uno dei due cingoli è possibile addirittura ruotare sul posto.

Tuttavia, il rischio in questo caso è di danneggiare il soprassuolo (specie se inerbito) e di scalzare radici e ceppaie. Peraltro, rispetto ad un corrispondente trattore a ruote, il cingolato evidenzia una **stabilità fino al 20% superiore** nelle lavorazioni in pendenza (sia a *girapoggio,* cioè secondo le linee di livello, sia a *rittochino,* cioè secondo la linea di massima pendenza) grazie soprattutto ad un più basso centro di massa, ma anche alla più ampia superficie d'appoggio al suolo, il che permette anche un minore scivolamento verso valle.



Peraltro, uno dei Limiti di maggior impatto dei trattori con cingoli in acciaio di tipo tradizionale è la loro **limitata velocità massima** di avanzamento, che il Codice della Strada italiano limita a **15 km/h**. Inoltre, per la circolazione su strada pubblica, devono essere **montati obbligatoriamente dei sovrapattini (o soprassuole)** in acciaio, gomma piena o poliuretano, per evitare di danneggiare il manto stradale. Tale pesante limitazione è stata completamente superata dai modelli con **cingoli in gomma**; i veicoli che montano tale tipo di organo di propulsione possono infatti viaggiare sino a **40 km/h**.

Più in generale, i trattori dotati di cingoli evidenziano un comfort inferiore ai corrispondenti a ruote. Innanzitutto, nella normale manovrabilità la macchina è soggetta a reazioni elastiche violente, che si traducono in elevate sollecitazioni al conducente e al mezzo, nonché in elevati livelli di vibrazione, fastidiosi e spesso anche dannosi.
Inoltre, quasi tutti i modelli di cingolati tradizionali non montano un volante per la guida del mezzo, ma dispongono di una coppia di leve o stegoli (i comandi delle frizioni di sterzo). In pratica, per controllare il direzionamento del veicolo occorre impegnare entrambe le mani del conducente. In alcuni casi, sono stati messi a punto comandi maggiormente ergonomici.
Per il caratteristico "'sferragliare" del cingolo, il livello sonoro al posto di guida è sempre più elevato rispetto ad un trattore a ruote; alcuni modelli più recenti montano a tale proposito una cabina insonorizzata (e anche climatizzata) che migliora la situazione, senza però riuscire a rendere equiparabile il livello di comfort assicurato dai trattori a ruote .

A posto degli **stegoli di sterzo** (a sinistra), alcuni modelli di cingolato montano comandi alternativi, come ad esempio una **un unico comando a joystick** (a destra).