



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
FACOLTÀ DI AGRARIA**

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali

TESI DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

**ANALISI TECNICHE ED ECONOMICHE DEI SISTEMI PER IL TRASPORTO E L'ASPERSIONE DEI LIQUAMI**

Relatore:

Prof. Ing. Marco Bietresato

Correlatore:

Prof. Ing. Cesare De Zanche

Laureando:

Alessio Signori

Matricola n. 594504

ANNO ACCADEMICO 2010- 2011

<b>1</b>	<b>RIASSUNTO</b>	<b>3</b>
1.1	ORGANIZZAZIONE DELLA TESI	3
<b>2</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>5</b>
2.1	ORGANIZATION OF THE THESIS	5
<b>3</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>UTILIZZO DEGLI SPANDILQUAME IN AGRICOLTURA</b>	<b>9</b>
4.1	EVOLUZIONE DELLE MACCHINE PER LA DISTRIBUZIONE DI FERTILIZZANTI ORGANICI CONSEQUENTEMENTE ALL'INTRODUZIONE DELLA DIRETTIVA NITRATI	10
4.2	MACCHINE DA IMPIEGARE IN UN CANTIERE CHE COMPRENDA UN DIGESTORE ANAEROBICO	11
<b>5</b>	<b>I MEZZI SPANDILQUAME: TIPOLOGIE E PRINCIPALI SOTTOSISTEMI</b>	<b>13</b>
5.1	TIPOLOGIE	13
5.2	TELAIO E SOSPENSIONI	14
5.3	MOTORE	16
5.4	TRASMISSIONE	17
5.5	POMPA	19
5.6	SERBATOIO O CISTERNA PER IL LIQUAME	22
5.7	SISTEMA DI SOLLEVAMENTO	22
5.8	SISTEMA DI DISTRIBUZIONE DEL LIQUAME	23
5.9	RUOTE E PNEUMATICI	28
5.10	CIRCOLAZIONE STRADALE	31
5.11	CONFIGURAZIONI PRINCIPALI	34
<b>6</b>	<b>ANALISI TECNICA ED ECONOMICA</b>	<b>53</b>
6.1	SPANDILQUAMI TRAINATI	58
6.1.1	<i>Numero di assi</i>	59
6.1.2	<i>Tipologia di pompa</i>	62
6.1.3	<i>Materiale per il serbatoio</i>	64
6.1.4	<i>Tipologia di serbatoio</i>	65
6.1.5	<i>Tipologia di sospensioni</i>	66
6.1.6	<i>Tipologia di impianto frenante</i>	68
6.1.7	<i>Sistema di agitazione del liquame sul serbatoio</i>	70
6.1.8	<i>Prezzi di listino</i>	71
6.1.9	<i>Analisi delle masse</i>	77
6.1.10	<i>Pneumatici</i>	86
6.1.11	<i>Analisi delle configurazioni</i>	99
6.2	SPANDILQUAMI SEMOVENTI	101
6.2.1	<i>Potenza</i>	101
6.2.2	<i>Capacità del serbatoio per il carburante e cilindrata</i>	102
6.2.3	<i>Sistema di alimentazione</i>	104
6.2.4	<i>Trasmissione</i>	104
6.2.5	<i>Tipologia di pompa</i>	105
6.2.6	<i>Materiale del serbatoio</i>	105
6.2.7	<i>Analisi delle masse</i>	106
6.2.8	<i>Pneumatici</i>	110
6.3	POMPE PER SPANDILQUAME	118
6.3.1	<i>Tipologia di pompe</i>	119
6.3.2	<i>Modalità di azionamento</i>	121
6.3.3	<i>Analisi delle portate</i>	123
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>125</b>

<b>8</b>	<b>APPENDICI</b>	<b>129</b>
8.1	COMPOSIZIONE CHIMICA DEL LIQUAME	129
8.2	DIRETTIVA NITRATI	129
8.3	DIGESTIONE ANAEROBICA	131
8.4	CONFIGURAZIONI DEI MODELLI TRAINATI IN COMMERCIO	133
8.5	SISTEMI FISSI	139
8.5.1	<i>Sistemi ombelicali</i>	140
8.5.2	<i>Tubazioni</i>	141
8.5.3	<i>Stazioni di pompaggio</i>	141
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>143</b>
9.1	LIBRI	143
9.2	ALTRI DOCUMENTI ELETTRONICI	143
9.3	SITI INTERNET	144

## 1 RIASSUNTO

Sulla spinta delle nuove normative in materia di protezione ambientale e di produzione di energia da fonti rinnovabili di origine agricola, il mercato dei mezzi adibiti al trasporto e allo spandimento dei liquami ha subito notevoli cambiamenti negli ultimi anni.

Lo scopo della tesi è di analizzare dal punto di vista tecnico ed economico i modelli proposti dai vari costruttori relativamente ai mezzi preposti al trasporto e allo spandimento del liquame.

L'analisi ha riguardato sia i mezzi trainati sia i mezzi semoventi ed è entrata nel dettaglio delle caratteristiche tecniche di ciascun loro sottosistema, sia esso preposto alla movimentazione diretta del liquame (es. pompa, sistema di distribuzione), sia complementare al funzionamento del mezzo (es. tipologia di sospensioni o di pneumatici).

I confronti sono stati effettuati su diversi parametri tecnici, ricavati da dati preventivamente raccolti tramite un'estesa ricerca di mercato, e hanno permesso di evidenziare analogie e differenze.

La visione globale del mercato conseguentemente a queste ricerche ha permesso infine di proporre una schematizzazione delle principali configurazioni costruttive di questi mezzi, distinte sulla base del tipo di serbatoio, della posizione dei punti di presa e di uscita.

### *1.1 Organizzazione della tesi*

La prima parte riguarda la descrizione degli spandiliquame trainati e semoventi in tutti i loro componenti/sottosistemi, con eventuale riferimento alla relativa normativa.

- *Telaio*: struttura che ha il compito di sostenere la massa dei componenti sopra posizionati (es.: serbatoio, pompa, sistema di distribuzione) e di scaricarlo a terra per mezzo delle ruote
- *Motore* (solo semoventi): sistema di erogazione della potenza necessaria per il dislocamento, il funzionamento della pompa e l'utilizzo del sistema di distribuzione
- *Trasmissione* (solo semoventi): sistema che collega l'albero motore agli organi preposti al moto
- *Sistema di sollevamento* (solo semoventi): è lo stesso utilizzato sui trattori e garantisce la possibilità di utilizzare diversi sistemi di distribuzione

- *Pompa*: sistema utilizzato per il riempimento e lo scarico del serbatoio
- *Sistema di distribuzione*: utilizzato nell'aspersione in campo del liquame con dose imposta dall'operatore, assume configurazioni anche molto diverse tra loro, è una delle parti che ha ultimamente subito i maggiori cambiamenti. Nei mezzi semoventi in genere si presenta più complesso rispetto a quelli trainati in quanto molto spesso è abbinato ad attrezzi che eseguono anche una lavorazione del terreno: ciò è possibile per il fatto che la potenza a disposizione in genere risulta maggiore rispetto a quella dei trattori sui quali è accoppiato lo spandiliquame trainato
- *Ruote pneumatiche*: dispositivi di propulsione utilizzati negli spandiliquame per la circolazione del mezzo su strada e in campo; una loro scelta errata ha importanti ripercussioni nell'aggravare il problema della compattazione del suolo agrario. Si descrivono anche i sistemi di autogonfiaggio eventualmente presenti sui mezzi semoventi, molto pesanti

Nella seconda parte della tesi si espongono i risultati dell'analisi di mercato effettuata e le successive elaborazioni, entrambi distinti per sottosistema secondo quanto prima descritto. I dati raccolti principalmente sui siti Internet delle maggiori aziende italiane produttrici, sono stati rielaborati in tabelle e grafici per un'agevole comparazione.

## 2 SUMMARY

As a consequence of the new directives on environmental protection and energy production from renewable agricultural sources, both the market of transports and the market of the manure spreaders has significantly changed in the recent years.

The aim of this work is to analyze, from a technical and economic point of view, the models proposed by several companies for transporting and spreading the sewage.

The analysis concerns both the trailers and the self-propelled vehicles, detailing the technical characteristics for each subsystem devoted to directly handle the manure (e.g. pump, distribution system) as well as complementary to the operation of the means (e.g. suspensions or tires).

Various technical parameters, derived from data previously collected through an extensive market research, allow to make many comparisons, highlighting similarities and differences.

Finally, the global vision of the market subsequent to this research allowed schematizing the main layouts of these means, distinguishing them on the basis of the type of tank, the location of input and output pipes.

### 2.1 Organization of the thesis

The first part of this work describes the pulled and the self-propelled manure spreaders in all their components/subsystems with reference to the legislation:

- *Chassis*: structure devoted to support the weight of the components placed on the top (e.g. tank, pump, distribution system) and discharge it on the ground by the wheels
- *Engine* (self-propelled only): system providing the power needed for the vehicle deployment, for its operation including the pump of the distribution system
- *Drive train* (self-propelled only): system connecting the engine crankshaft to the propulsion system
- *Lifting system* (self-propelled only): it is the same one used on tractors and let the operator use different distribution systems
- *Pump*: system used for filling and emptying the tank
- *Distribution system*: used for spreading the manure on the field and in the dose set by the operator; it can assume very different configurations and it is one of the parts that

has recently undergone major changes; in the self-propelled means it is, in general, more complex than pulled implements' one as it often combine tools performing soil tillage; this is possible thanks to the available engine power, generally greater than that the power of the tractors coupled with the sewage spreader

- Wheels and tires: propulsion devices used for the circulation of the road or in the field; a wrong choice for them has important implications in worsening the problem of soil compaction. Self-inflating systems, eventually present on self-propelled vehicles, very heavy, are also described

All the analyses were based on the data made available by companies on their respective websites; every comparison has been performed by using tables and graphs.

In the second part of this thesis, the results of the market survey and of its subsequent processing are then exposed, distinguished them in the same subsystems described above. The data, principally collected on the websites of the major Italian companies producing manure spreader, were processed in tables and graphs for easy comparison.

### 3 INTRODUZIONE

La tesi prende in considerazione i sistemi di trasporto e spandimento del liquame i quali, negli ultimi anni, soprattutto a seguito del recepimento da parte dei costruttori della cosiddetta “Direttiva Nitrati” (91/676/CEE), sono cambiati notevolmente al fine di fornire all’utente i mezzi tecnici per controllare con maggiore precisione la dose di liquame limitando l’evaporazione dell’ammoniaca e la sua lisciviazione.

Il lavoro si è soffermato in particolar modo sugli spandiliquame (fig. 3.1), macchine operatrici utilizzate nel settore agricolo - zootecnico per il trasporto e la distribuzione dei liquami di allevamento<sup>1</sup> al suolo. Per quanto riguarda la suddetta tipologia di macchine, è stata condotta un’analisi costruttiva a livello nazionale per delinearne le tipologie costruttive e le principali differenze tra i vari modelli a disposizione.



Fig. 3.1 – Spandiliquame a 3 assi (www.forum-macchine.it)

A tal fine si sono considerati i seguenti parametri:

- capacità, materiale e tipologia di serbatoio
- tipologia e portata della pompa
- posizione e tipologia di entrate ed uscite dal serbatoio
- pneumatici impiegati e tare

---

<sup>1</sup> Per *liquame zootecnico* si intende l’insieme delle deiezioni solide e liquide, spesso diluite con acqua (utilizzata per il lavaggio delle strutture oppure di origine meteorica), provenienti dall’attività zootecnica. Il suo quantitativo giornaliero prodotto per capo di bestiame dipende dalla specie allevata, dal tipo di stabulazione e dall’alimentazione alla quale sono sottoposti gli animali. Prima dell’aspersione al suolo il liquame sosta in apposite vasche nelle vicinanze della stalla per periodi più o meno lunghi durante i quali subisce dei cambiamenti di tipo chimico (processo di maturazione).



Sono stati presi in considerazione anche i modelli semoventi adibiti al trasporto e alla distribuzione in campo del liquame che, anche se in misura minore, si stanno affacciando sul mercato nazionale.

Grazie ai dati tecnici raccolti si è suddiviso il mercato in base ai principali parametri costruttivi e sono stati individuati degli schemi esemplificativi delle principali configurazioni:

- Le analisi effettuate hanno lo scopo di evidenziare le principali differenze costruttive relative ai modelli proposti sul mercato dalle varie aziende produttrici in modo da offrire dei parametri utili agli utilizzatori all'atto dell'acquisto.
- Gli schemi rappresentano invece delle tipologie ricorrenti tra tutti i modelli presenti sul mercato e sono quindi utilizzabili anch'essi per l'effettuazione di confronti anche a livello economico in fase di acquisto.

I parametri analizzati per i mezzi trainati sono stati molteplici: numero di assi, tipologia, portata e modalità di azionamento delle pompe, tipologia e materiale del serbatoio, tare, sospensioni, impianto frenante, sistema di agitazione del liquame, ruote, pneumatici e prezzi.

A questi si devono aggiungere, per i mezzi semoventi, anche potenza, capacità del serbatoio carburante, sistema di alimentazione e tipologia della trasmissione.

#### 4 UTILIZZO DEGLI SPANDILIQUEAME IN AGRICOLTURA

Da sempre gli effluenti zootecnici sono stati utilizzati in agricoltura per apportare al suolo sostanze nutritive ed organiche al fine di migliorarne la fertilità e le caratteristiche chimico – fisiche (fig 4.1).

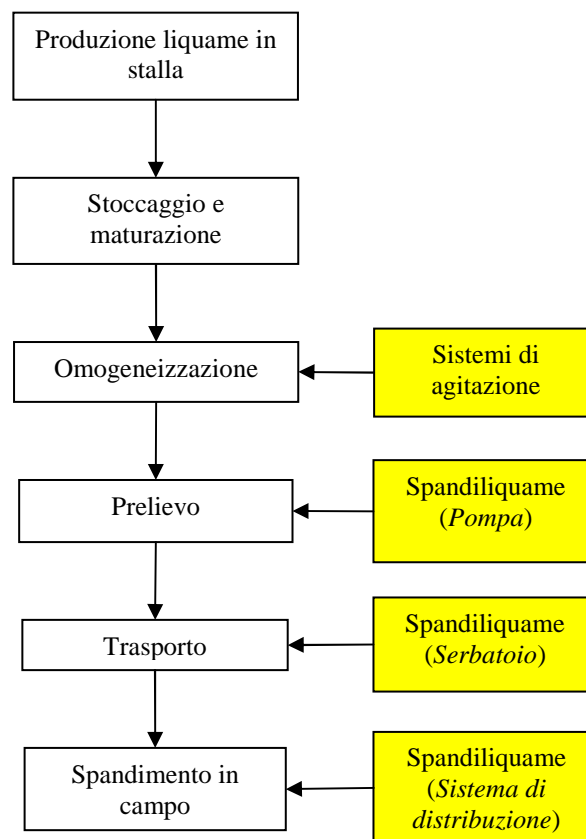
Per eseguire questa operazione vengono utilizzati gli *spandiliqueame*, mezzi inizialmente molto semplici composti da un telaio da accoppiare in maniera trainata al trattore al di sopra del quale si trova il serbatoio e la pompa per il carico e il suo svuotamento.

A partire dagli anni '60, con il passaggio dall'allevamento tradizionale a quello industriale, è stata notevolmente ridotta l'utilizzazione della lettiera nelle zone di stabulazione per cui è aumentato notevolmente il volume di liquame prodotto da ogni singolo allevamento.

Il mercato degli spandiliqueame ha seguito in maniera parallela lo sviluppo del settore zootecnico e, conseguentemente, i mezzi proposti dal mercato hanno subito, col passare degli anni, un notevole incremento della capacità media del serbatoio, mantenendo inalterata la configurazione originale.

Negli ultimi anni, per effetto della maggiore sensibilità ambientale sia dell'opinione pubblica che degli operatori del settore, la configurazione degli spandiliqueame ha subito ulteriori modifiche per quanto riguarda il sistema di distribuzione, privilegiando quelli a ridotto impatto ambientale (*sistemi di distribuzione interrata, rasoterra, sottosuperficiale*).

Recentemente, il settore delle macchine per il trasporto e l'aspersione del liquame ha subito un'ulteriore cambiamento conseguentemente all'entrata sul mercato dei *mezzi semoventi*.



**Fig. 4.1** – Schematizzazione dei processi (in bianco) che subisce il liquame dalla produzione all'utilizzazione finale, nella stessa figura sono state evidenziate in giallo i mezzi coinvolti nelle varie operazioni.

#### ***4.1 Evoluzione delle macchine per la distribuzione di fertilizzanti organici conseguentemente all'introduzione della Direttiva Nitrati***

Con l'introduzione della "Direttiva Nitrati" il comparto dei mezzi atti allo spargimento del liquame ha subito una serie di modifiche, relative soprattutto ai suoi sistemi di distribuzione.

Precedentemente all'entrata in vigore di tale normativa, infatti, la distribuzione in campo avveniva solamente sulla superficie per mezzo di piatti deviatori oppure tramite lance orientabili (dette "gettoni") e l'interramento avveniva in un secondo momento con la lavorazione del terreno (principalmente tramite aratura). Questi sistemi avevano il pregio della semplicità durante l'uso e avevano ridotte richieste di potenza ed esigenze di manutenzione; per contro, l'uso di questi mezzi portava ad un'elevatissima produzione di odori e volatilizzazione dell'ammoniaca (con conseguente riduzione dell'efficienza agronomica dell'azoto) che mal si conciliava con la crescente sensibilità all'impatto ambientale delle pratiche agricole.

Furono così introdotti i primi sistemi di distribuzione interrati che, oltre ad avere dei vantaggi a livello agronomico, risultano di gran lunga meno impattanti rispetto ai tradizionali mezzi di spandimento. Lo svantaggio maggiore riscontrato per queste tipologie di distributori è l'elevato assorbimento di potenza: a parità di capacità del serbatoio serve una maggior forza di trazione da parte del trattore per eseguire l'interramento del refluo.

Altri sistemi di distribuzione recentemente introdotti allo scopo di ridurre gli effetti negativi dello spandimento del liquame sono

- i sistemi per la distribuzione rasoterra i quali distribuiscono il liquame in superficie grazie a condotte che lo rilasciano nelle vicinanze della superficie del terreno, senza interrarlo
- i sistemi per la distribuzione sottosuperficiale che eseguono un leggero interramento e che possono essere utilizzati per la concimazione in copertura di colture seminate a righe (cereali autunno – vernini e foraggere)

#### **4.2 Macchine da impiegare in un cantiere che comprenda un digestore anaerobico**

Il notevole sviluppo che ha interessato il settore delle bioenergie, ed in particolar modo gli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas<sup>2</sup>, ha coinvolto anche il mercato delle attrezzature per la distribuzione dei liquami.

In questo tipo di impianto gli spandiliquami vengono utilizzati

1. per gestire la logistica qualora il liquame risulti uno dei componenti della biomassa da fermentare e soprattutto
2. per il trasporto e lo spandimento della frazione liquida del digestato.

Nella prima attività l'importanza degli spandiliquame risulta relativa in quanto, se l'impianto si trova nelle vicinanze delle strutture di allevamento o stoccaggio, l'ingresso del refluo nel fermentatore viene garantito dalla presenza di apposite condutture fisse, interrate o meno, e da pompe dedicate; qualora l'impianto si trovasse in posizione distaccata o l'azienda fosse munita di più corpi aziendali per cui bisogna garantire il trasporto su strada dell'effluente, gli spandiliquami risultano i mezzi più adatti a tale scopo.

Per quanto riguarda lo spandimento del digestato invece, questo segue le stesse regole che interessano gli altri reflui zootecnici (per cui è soggetto alla direttiva nitrati) e devono essere attuate le medesime pratiche per quanto riguarda l'interramento in modo da ridurre o evitare i fenomeni di volatilizzazione dell'ammoniaca, emissione di odori e lisciviamento o erosione con conseguente inquinamento delle falde sotterranee o dei corpi idrici superficiali.

Generalmente le macchine impiegate in questo settore sono di elevate capacità e spesso di tipo semovente in quanto le quantità di digestato liquido sono molto elevate e i tempi di smaltimento risultano ristretti sia per i tempi organizzativi relativi all'ordinamento colturale (gli impianti digestione anaerobica molto spesso prevedono doppi raccolti sugli stessi appezzamenti) sia per i blocchi imposti dalla normativa relativa ai nitrati.

---

<sup>2</sup> Il *biogas* è una miscela derivante dalla degradazione in ambiente anaerobico (=in assenza di ossigeno) della sostanza organica; esso si compone di metano (in genere pari al 55-75% quando ottenuto con gli effluenti zootecnici), anidride carbonica, acqua sotto forma di umidità e presenta tracce di idrogenosolfato.



## 5 I MEZZI SPANDILIQUAME: TIPOLOGIE E PRINCIPALI SOTTOSISTEMI

Gli spandiliquame sono delle macchine operatrici impiegate nel settore agro-zootecnico per il trasporto e la distribuzione in campo del liquame zootecnico.

Prima dello spargimento in campo il liquame sosta in opportune vasche, adeguatamente dimensionate e site in prossimità delle strutture di allevamento, per un periodo più o meno lungo a seconda principalmente della disponibilità di terreno libero da colture (e quindi suscettibile di aspersione) e dell'ordinamento colturale. Il caricamento dello spandiliquame viene effettuato da queste vasche e deve essere preceduto dall'omogeneizzazione, effettuata con opportuni miscelatori azionati da motori elettrici o dalla presa di potenza del trattore. Durante il periodo di stoccaggio, infatti, il liquame tende a sedimentare e a formare una crosta superficiale (cappello galleggiante).

### 5.1 Tipologie

Le tipologie dei mezzi spandiliquame proposti dal mercato sono essenzialmente due: i mezzi trainati e i mezzi semoventi.

Per quanto riguarda la costituzione di uno **spandiliquame trainato**, a livello macroscopico esso risulta formato da un telaio portante che scarica le masse del mezzo stesso attraverso una o più coppie di ruote con la mediazione delle sospensioni. Il telaio nella parte anteriore termina con l'occhione per il collegamento al trattore, verso la parte posteriore si trovano invece la pompa e il serbatoio; nella parte posteriore dietro il serbatoio si trova, infine, il sistema di distribuzione. Attualmente non esistono in commercio spandiliquame trainati con ralla sterzante.

Per **mezzo semovente** si intende una macchina operatrice dotata di motore proprio. In particolare, tale tipologia (fig. 5.1) è stata introdotta di recente nel nostro Paese soprattutto a seguito delle nuove norme in materia di smaltimento degli effluenti di allevamento e di rispetto ambientale. Infatti, anteriormente all'entrata in vigore della Direttiva Nitrati, gli effluenti zootecnici venivano distribuiti tutto l'anno, attualmente invece la finestra di spandimento è stata ristretta, riducendo notevolmente il tempo a disposizione delle aziende che quindi hanno dovuto puntare sull'utilizzazione di macchine ad elevata capacità lavorativa per far fronte all'intera mole di lavoro.

In genere sono macchine ad elevata superficie dominabile, ad appannaggio quindi principalmente delle grandi aziende agro – meccaniche che eseguono lavorazioni conto terzi.

Un altro fattore che ha portato alla diffusione di queste macchine è stato l'affermarsi



**Fig. 5.1** – Mezzo semovente adibito al trasporto e spandimento del liquame

degli impianti di digestione anaerobica per la cogenerazione di energia elettrica e termica anche in aziende agricole dove non è presente un allevamento. Da questi impianti si ottiene come sottoprodotto del digestato, avente una frazione solida ed una liquida.

## 5.2 Telaio e sospensioni

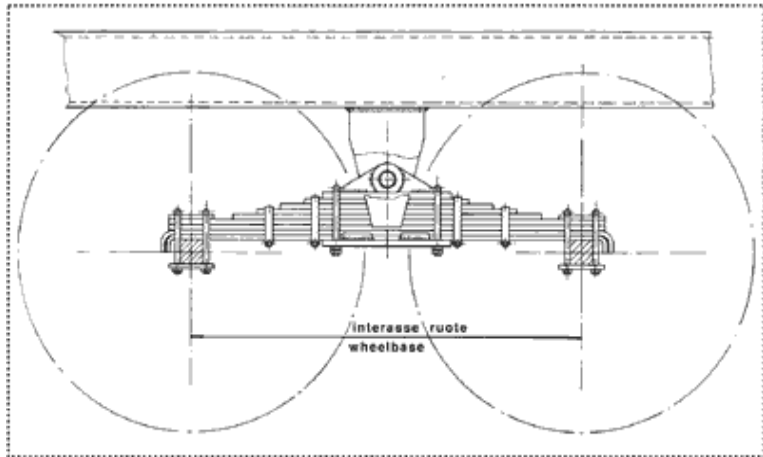
Il **telaio** è la parte dello spandiliquame appoggiato al suolo tramite le ruote, preposto a garantire il collegamento al trattore (modelli trainati) e che sostiene tutti gli altri componenti: pompa, serbatoio e sistema di distribuzione. Può essere montato su 2, 4 o 6 ruote. Per i modelli a 2 o 3 assi è previsto che l'ultimo o il primo e ultimo asse, rispettivamente, siano sterzanti in modo da ridurre l'angolo di svolta e migliorare, di conseguenza, la manovrabilità delle macchine.

Il collegamento tra telaio e ruote (e quanto connesso ad esse, come i freni e i mozzi) avviene per mezzo di **sospensioni**, i cui componenti controllano il movimento del telaio rispetto alle ruote stesse consentendo la compressione o l'estensione al variare delle forze in gioco. Esistono diversi tipi di sospensioni, le più usate per gli spandiliquami sono:

- *sospensioni a balestra*, l'organo elastico è una molla a balestra; le foglie di materiale elastico, solitamente acciaio, di cui essa si compone sono collegate tra loro per mezzo di graffe metalliche ed operano per flessione. Questo sistema garantisce lo spostamento verticale del perno della ruota senza necessità di guide e, grazie alla capacità di dissipare velocemente l'energia, può non essere dotato di ammortizzatori, componenti preposti allo smorzamento delle oscillazioni elastiche della sospensione.

Questo tipo di sospensione è stato il primo ad essere utilizzato sui veicoli a motore e attualmente risulta ancora impiegato in quelli particolarmente pesanti;

- *sospensioni a cantilever* (fig. 5.2) o meglio “sospensioni dotate di molle a balestra in configurazione Cantilever”, in cui cioè le molle sono caricate secondo uno schema a mensola. Raggruppano infatti due ruote per lato,



**Fig. 5.2** – Sospensione a cantilever (www.oscarsrl.it)

i cui perni sono collegati alle estremità della molla a balestra; la molla è invece articolata al telaio nel suo punto centrale e si presenta con una configurazione indeformata generalmente concava, a differenza dalle sospensioni a balestra propriamente dette che invece presentano le molle usualmente convesse, i perni delle ruote collegati ad esse nella parte centrale e le estremità articolate al telaio;

- *sospensioni pneumatiche o idrauliche* (fig. 5.3), le quali funzionano in base al molleggiamento di soffietti in gomma posti in corrispondenza di ogni ruota; sono le più sofisticate ma anche le più funzionali; ne esistono anche modelli regolabili, che permettono cioè di variare la



**Fig. 5.3** – sospensioni torpress pneumatiche (www.grazioliremac.it)

pressione dell'aria intrappolata facendo diventare le molle pneumatiche più rigide o più cedevoli;

- *Sospensioni rigide*, tipiche dei mezzi a limitata capacità di carico, caratterizzate dall'assenza delle balestre.



Nei mezzi semoventi il telaio sostiene la sua massa, sopportando le sollecitazioni statiche e dinamiche, ma ha anche il compito di dare posto, supporto, protezione e funzionalità agli organi operatori. La configurazione del telaio dei mezzi semoventi può essere distinto in:

- **Unico**, quando è costituito da un unico blocco formato da tre parti distinte rigidamente collegate tra loro:
  - *corpo centrale* (a longheroni, a monoblocco), che comprende il basamento del motore e la trasmissione, tra loro rigidamente collegate tramite bulloni
  - *corpo anteriore*, il quale si presenta come una struttura rigida imbullonata al corpo centrale con le ruote anteriori alla sua estremità
  - *corpo posteriore*, che comprende due elementi di fusione rigidi collegati al corpo centrale e con gli organi di trasmissione
- **articolato**, quando il corpo centrale è composto da due parti, collegate tra loro grazie ad una cerniera che garantisce la possibilità di disassamenti angolari sul piano orizzontale ma anche su quello verticale.

Queste tipologie di macchine presentano spesso nella fase di lavoro la possibilità del disassamento delle ruote anteriori rispetto alle posteriori così da evitare la sovrapposizione tra le carreggiate delle ruote anteriore rispetto a quelle posteriori riducendo così il fenomeno del calpestamento. Grazie all'utilizzo di questa tecnologia, le macchine semoventi riescono, nonostante la loro massa elevata, ad effettuare concimazioni di copertura su cereali autunno – vernini o su colture foraggere alla fine dell'inverno anche in terreni le cui condizioni non sono ancora ottimali, senza danneggiare la coltura.

### **5.3 Motore**

Il motore è una macchina che converte l'energia in entrata, in qualunque forma essa sia (es.: chimica, elettrica), in energia meccanica (lavoro meccanico). I motori usati nei mezzi semoventi sono solitamente di tipo endotermico alternativo a ciclo Diesel: la reazione di ossidazione esotermica di una miscela di carburante con il comburente avviene dentro alla camera di combustione con produzione finale di calore, acqua e gas di scarico; quest'ultimi costituiscono il fluido attivo che agisce sulle parti del motore mettendole in movimento e producendo il lavoro all'albero motore. Il ciclo termodinamico del motore si completa in due

giri completi dell'albero motore, cioè quattro corse del pistone (aspirazione, compressione, espansione, scarico).

Nei motori Diesel utilizzati negli spandiliquame semoventi l'alimentazione del combustibile viene effettuata principalmente tramite il sistema *common rail*, in cui le fasi di pressurizzazione e di iniezione del carburante sono separate e gestite elettronicamente, garantendo una combustione più completa e uniforme. Altra tecnologia utilizzata risulta la *turbosovralimentazione*, grazie alla quale si aumenta, per compressione, la densità dell'aria immessa ad ogni ciclo nel cilindro, permettendo la combustione completa di una maggior quantità di combustibile e quindi l'erogazione di una maggiore potenza; (pressione di sovralimentazione fino ad oltre 1 bar, incrementi di potenza del 25÷30 %).

La posizione tipica del motore sul telaio è generalmente anteriore poiché, a pieno carico, la maggior parte della massa del veicolo è dovuta al liquame contenuto nel serbatoio, posizionato invece posteriormente: il motore viene posizionato in maniera opposta rispetto a quest'ultimo in modo da ridistribuire in maniera ottimale la massa del mezzo.

Unica eccezione a questa configurazione, abbastanza tipica per gli spandiliquame, è costituita dal modello Xerion della Claas attrezzato per lo spandimento di liquame in campo. Esso presenta la cabina reversibile di 180° rispetto alla posizione di partenza, centrale; quando la cabina è ruotata, essa è spostata verso un'estremità del mezzo e tale posizione permette il posizionamento di un serbatoio proprio al di sopra del motore.

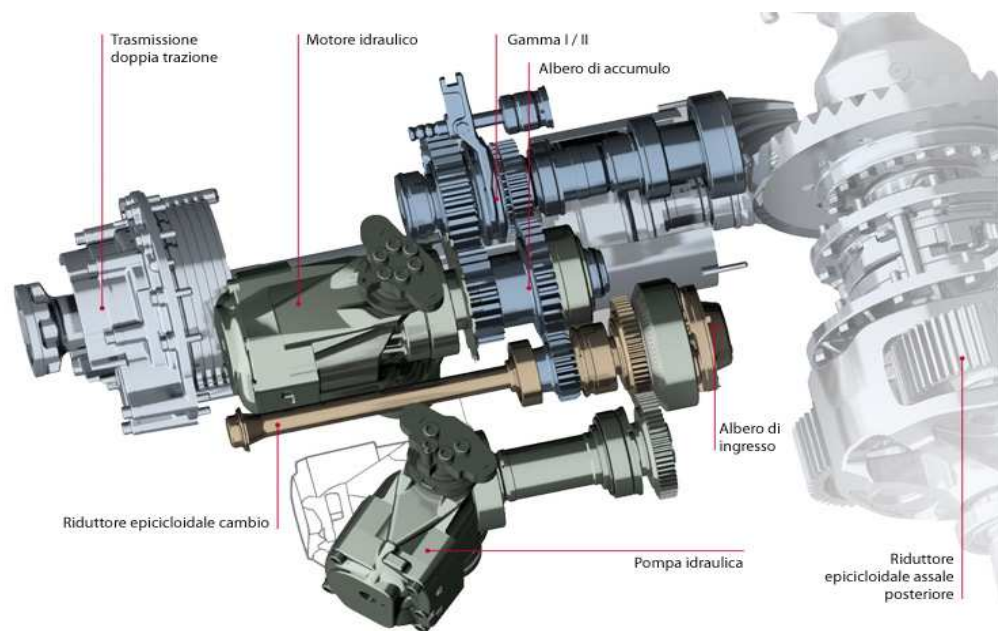
#### **5.4 Trasmissione**

I mezzi semoventi analizzati montano due tipi principali di cambio

- *Power-shift*: sistema di cambio di velocità ad azione idraulica, prevalentemente a quattro rapporti, in cui le coppie di ingranaggi vengono rese solidali ai rispettivi alberi mediante frizioni idrauliche, garantendo quindi al conducente la possibilità di effettuare il cambio di marcia sotto carico solo azionando una leva e senza disinserire la frizione principale
- *A variazione continua (CVT)*: questo tipo di cambio offre un numero di rapporti di trasmissione infinito per cui consente al motore di lavorare nelle migliori condizioni di regime per tutte le diverse velocità di lavoro richieste dalla macchina. Esistono due tipologie di questa trasmissione:

- idrostatica, la quale non ha mai avuto notevole diffusione per il basso rendimento di cui sono caratterizzate
- mista meccanica-idraulica, in cui un gruppo pompa/motore idraulico permette la regolazione della velocità di uno dei componenti di un rotismo epicicloidale a due rapporti<sup>3</sup>; in questo modo, la potenza erogata all'albero motore si scompone in due parti, una passante attraverso la parte meccanica della trasmissione e l'altra attraverso la pompa e il motore idraulico, che possono essere sottratte o sommate tra loro tramite il rotismo epicicloidale.

Tra tutte le soluzioni di possibile adozione, si segnala quella in cui una pompa a pistoncini assiali con angolo compreso tra  $\pm 45^\circ$  è azionata direttamente dall'albero motore e, a sua volta, alimenta il motore idraulico a cilindrata fissa che muove la corona del rotismo epicicloidale (fig. 5.5). La regolazione della velocità di rotazione della corona è controllata dall'inclinazione della pompa e quindi dalla portata che essa fornisce.



**Fig. 5.5** – Schema di un cambio a variazione continua (www.fendt.it)

---

<sup>3</sup> Il *rotismo epicicloidale* è un dispositivo meccanico costituito da tre elementi: il solare, posto al centro, la corona dentata, con dentatura interna, e il paratreno o porta satelliti, che porta tre ruote dentate dette planetari in presa sia con il solare che con la corona.

## 5.5 Pompa

La pompa è una macchina operatrice idraulica, che sfrutta l'energia meccanica prodotta da un'altra macchina motrice e la trasferisce al liquido elaborato sotto forma di incrementi o di energia di pressione o di energia cinetica. Le pompe si possono suddividere in due principali tipologie in base al tipo di trasferimento dell'energia al fluido. Si distinguono perciò pompe:

- *Dinamiche*, quando trasferiscono energia al fluido facendone aumentare la quantità di moto; sono pompe a flusso continuo, cioè la portata del liquido trattato è costante nel tempo; ne fanno parte le pompe a girante palettata centrifughe (turbomacchine a flusso radiale) e assiali (turbomacchine a flusso assiale)
- *volumetriche* quando sfruttano la variazione di volume in una camera per provocare un'aspirazione o una spinta su un fluido. La portata erogata è indipendente dalla prevalenza ed è invece direttamente proporzionale alla velocità di rotazione. A loro volta queste ultime si possono dividere in alternative (caratterizzate dal moto alternativo di un pistone o stantuffo) e rotative (pompe a vite, a ingranaggi, a palette, a lobi)

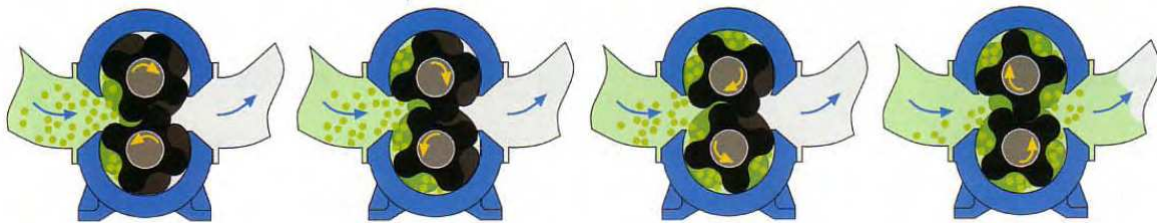
Sugli spandiliquame si utilizzano delle pompe ogni qualvolta si voglia effettuare la movimentazione del liquame per azione diretta su di esso. In questo caso i mezzi sono dotati di serbatoi a pressione atmosferica. È possibile effettuare la movimentazione del liquame anche per via indiretta, agendo sul cuscino d'aria presente all'interno di serbatoi non in diretta comunicazione con l'esterno (pressurizzati). I mezzi sono dotati in questo caso di compressori d'aria funzionanti come pompe del vuoto nella fase di carico (depressione massima: 0.5 bar = 50 000 Pa) e come compressore nella fase di scarico (pressione massima: 0.5÷2.0 bar = 50 000÷200 000 Pa). Negli spandiliquame trainati la pompa o il compressore vengono azionati dalla p. d. p. del trattore tramite albero cardanico.

Sugli spandiliquame vengono montate entrambe le tipologie di pompe sopra enumerate. In particolare, le più utilizzate sono:

- *(dinamiche) centrifughe*: sono pompe utilizzate in molti settori, composte da una parte fissa che comprende la cassa a forma di spirale e da una parte mobile costituita dalla girante. La cassa e la palettatura della girante hanno forme tali da creare condotti divergenti nel senso del moto del fluido per trasformare l'energia cinetica ceduta dalla

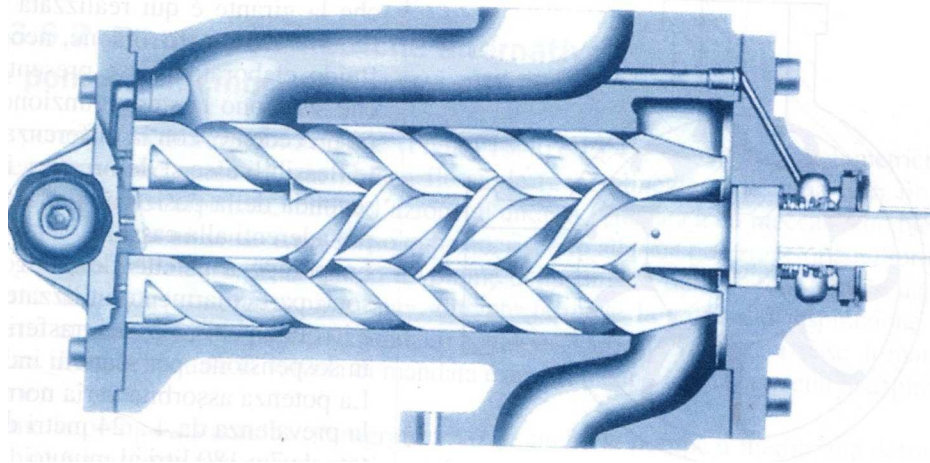
girante al liquido in energia di pressione; poiché questo tipo di pompa risulta più soggetto a usura ed otturazione si richiede la presenza a monte della pompa di sistemi di filtrazione e triturazione;

- *volumetriche*, che a loro volta si suddividono in:
  - *a lobi*: è costituita da due rotori ciascuno dei quali possiede 2 o 3 lobi montati a sbalzo su 2 alberi paralleli muniti di ingranaggi; i lobi, mossi dagli ingranaggi, incamerano il fluido nei vani e lo trasferiscono dalla camera di aspirazione a quella di mandata. I lobi non entrano mai in contatto né con la cassa né tra di loro per cui la loro usura si può definire nulla. Caratteristica tipica di questa tipologia di pompa è la bassa rumorosità (fig. 5.6);



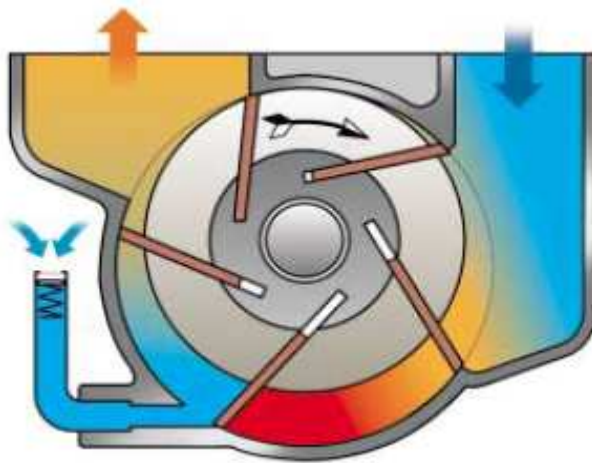
**Fig. 5.6** – Schema relativo al funzionamento di una pompa a lobi ([www.engineered-to-work.com](http://www.engineered-to-work.com))

- *a vite*: costituita solitamente da tre rotori a forma elicoidale di cui quello intermedio riceve il movimento direttamente dall'albero motore e lo trasmette alle altre 2 viti esterne. Il fluido viene incamerato tra la cassa e i filetti di 2 viti accoppiate e trasferito in direzione assiale da un'estremità della macchina dove si trova la bocca di aspirazione all'estremità opposta dove è posizionata la bocca di mandata. La portata è costante e, non essendoci moti turbolenti, non si forma schiuma. Queste pompe sono caratterizzate da un'usura molto ridotta, da una quasi assenza di vibrazioni e da una notevole silenziosità (fig. 5.7).



**Fig. 5.7** – Spaccato di una pompa volumetrica a vite

- *a palette*: sono costituite da una cassa all'interno della quale ruota il rotore, eccentrico rispetto alla cassa stessa, sul quale sono alloggiato delle palette che vengono tenute premute contro la parete interna per effetto della forza centrifuga o per azione di molle (fig. 5.8).



**Fig. 5.8** – Schema di funzionamento di una pompa a palette  
([www.juop.it](http://www.juop.it))

## 5.6 *Serbatoio o cisterna per il liquame*

Il serbatoio è la parte dello spandiliquame che serve al contenimento e al trasporto del liquame; ne esistono 2 tipologie principali che sono:

- *serbatoio in pressione*: a sezione cilindrica e tenuta ermetica; l'aria ivi contenuta può avere pressioni comprese tra -0,5 bar (decompressione in fase di carico) e +1,5 bar (compressione in fase di scarico), determinando la movimentazione del liquame ma anche una notevole sollecitazione della struttura che deve essere adeguatamente dimensionata e realizzata secondo le norme previste; sono soggetti ad omologazione e revisione periodica.
- *serbatoio a pressione atmosferica*: lavora in condizioni di pressione normale e può essere realizzato con materiali meno resistenti dei serbatoi appartenenti alla categoria precedente, tipo acciaio con spessore ridotto o anche materiali plastici (vetroresina); la pompa lavora direttamente il liquame sia nella fase di riempimento che di distribuzione. Per la maggioranza dei modelli la forma del serbatoio risulta anche in questo caso cilindrica, con rare eccezioni di modelli a sezione policentrica.

Il serbatoio, se opportunamente dimensionato e omologato, può essere usato come telaio portante riuscendo così, a parità di ingombro del mezzo, ad aumentare la capacità e ridurre la massa della tara.

Recentemente per il suo carico è stata introdotta la *proboscide*, tubo articolato posto lateralmente alla macchina

## 5.7 *Sistema di sollevamento*

Il sistema di sollevamento è presente solo sui mezzi semoventi e serve per realizzare un accoppiamento di tipo portato del sistema di distribuzione del liquame. Il dispositivo di attacco è del tipo standardizzato a tre punti, uguale a quello montato sui trattori, e risulta costituito da:

- *tiranti*: due bracci portattrezzi connessi anteriormente al mezzo tramite un'apposita cerniera e collegati ai bracci di sollevamento grazie a due aste regolabili in lunghezza; ai bracci portattrezzi sono collegati anche due ulteriori tiranti con tenditori che ne limitano lo spostamento trasversale;

- *puntone*: incernierato nella parte superiore della scatola del sollevatore, possiede nell'estremità libera un perno sfilabile ed allungabile grazie ad un sistema a vite o idraulico, rappresenta il terzo punto per il collegamento dell'attrezzo.

Le estremità libere sia del puntone che dei tiranti terminano con rotule munite di boccole sferiche che consentono l'aggancio all'attrezzo distributore e garantiscono una certa possibilità di oscillazione.

### 5.8 *Sistema di distribuzione del liquame*

La deposizione del liquame sul terreno può essere effettuata in diversi modi<sup>4</sup>

- *Aerea*, quando il liquame viene "lanciato in aria" e ricade successivamente a terra ad una certa distanza dal mezzo; con questo metodo l'emissione di odori e la volatilizzazione dell'ammoniaca sono massimi
- *Superficiale o rasoterra*, quando il liquame, mediante apposite condotte, viene rilasciato in prossimità della superficie del suolo con polverizzazione ridotta o nulla; questo sistema riduce notevolmente il rilascio di odori e la volatilizzazione dell'ammoniaca
- *Interrata*, qualora il liquame, mediante appositi organi, viene iniettato direttamente nel terreno riducendo ulteriormente la produzione di odori, la perdita di azoto ammoniacale e il dilavamento del liquame stesso nei corsi d'acqua superficiali.

---

<sup>4</sup> La scelta del sistema di distribuzione dipende da diversi fattori, tra i quali si ricordano:

- il *tipo di liquame* prodotto dall'allevamento (se subisce processi di separazione solido – liquido oppure viene distribuito tal quale, se deriva da allevamenti con pavimentazione piena o con grigliato)
- l'*organizzazione aziendale* e il *tipo di cantiere di lavoro*
- le *caratteristiche geopedologiche* del suolo in cui avviene lo spandimento (se il terreno si trova in pendio bisogna escludere i sistemi che effettuano una distribuzione superficiale o rasoterra)
- il *tipo di coltura* che beneficerà dell'aspersione e la *stagione* in cui avviene lo spandimento (se si effettua la distribuzione in copertura su colture seminate con interfila largo o ridotto oppure pre – semina)



Il sistema di distribuzione permette la deposizione del liquame sul terreno secondo una qualsiasi delle tre modalità enumerate e si compone di vari organi meccanici, differenti a seconda della modalità di distribuzione che si vuole realizzare. In ogni caso, il liquame esce sempre dal serbatoio attraverso una valvola a saracinesca (a comando manuale, meccanico o idraulico), che ne regola il flusso, e giunge all'elemento distributore, variamente conformato, cioè a:

- *piatto deviatore*: costituito da un boccaglio dal quale esce il liquame che va ad impattare direttamente su una lamiera metallica; la fascia di terreno coperta dal liquame può arrivare a larghezze di 16 – 20 m con le pressioni più elevate (2 bar) e con angolo tra getto in uscita e piatto deviatore molto ridotto. Esistono piatti ad inclinazione fissa o regolabile per poter migliorare la larghezza, l'altezza e l'uniformità di aspersione; la distribuzione non risulta uniforme su tutta la larghezza di lavoro per cui se si vuole raggiungere la massima uniformità bisogna eseguire una sovrapposizione di almeno 4 – 5 m tra le passate successive ottenendo una larghezza utile di distribuzione che si attesta sugli 8 – 10 m; presenta bassi costi, elevata affidabilità, ridotto ingombro e poca manutenzione;
- *gettone o lancia orientabile*: simile all'irrigatore dinamico usato per l'irrigazione a pioggia. Si compone di una lancia alla cui estremità è presente un opportuno boccaglio che, in base al diametro, determina la gittata di distribuzione; ruota attorno ad un asse verticale a giri completi o a settori; generalmente risulta posto in posizione posteriore rispetto al serbatoio e spostato lateralmente;
- *ancore interratrici*: sono organi assolcatori (fig. 5.9), simili agli organi ripuntatori, presenti in numero di 2 o 4 distanziati di 60÷80 cm tra loro e penetrano nel terreno per 10÷35 cm; al loro interno, o posizionati subito dietro, sono presenti delle condotte che depositano il liquame prelevato dal serbatoio sul fondo del solco appena formato; possono essere impiegati anche coltivatori a denti più o meno elastici disposti in una o più file dove, ad ogni elemento



Fig. 5.9 – Ancore interratrici (www.crai-srl.com)

lavorante, corrisponde un tubo di distribuzione. L'assorbimento medio di potenza, riferito ad un modello medio con 2 – 6 ancore che lavorano ad una profondità di 10 –

35 cm, è sull'ordine dei 15÷18 kW di cui circa il 90% serve come forza di trazione, mentre la velocità di avanzamento si aggira sui 3.5 – 4 km/h <sup>[7]</sup>;

- *distributori sottosuperficiali*: sistema per effettuare la distribuzione interrata su cotico erboso senza danneggiarlo, costituito da una serie di elementi distributori collegati al serbatoio mediante tubi adduttori. Risultano formati da una serie di dischi folli verticali che producono una fessurazione di 2 – 5 cm sul terreno, sufficienti per contenere gli odori e la volatilizzazione dell'ammoniaca, seguiti da elementi costipatori simili a dei rulli che chiudono il solco dopo che è stato depositato il liquame; il tipo di distribuzione che si ottiene con queste attrezzature viene perciò definita distribuzione sottosuperficiale;
- *distributori rasoterra*: sono sistemi costituiti da tubi flessibili multipli o barre per la localizzazione al suolo del liquame. Il loro impiego non richiede sovrapposizioni dei passaggi successivi, non imbrattano la vegetazione aerea della coltura in atto per cui possono essere impiegati per la distribuzione in copertura; esistono anche sistemi in cui, alla fine di ogni tubo distributore, si trova un deflettore che aumenta la superficie interessata all'aspersione e crea anche una leggera sovrapposizione.

Nei *mezzi semoventi* il sistema di distribuzione risulta molto complesso e a ridotto impatto ambientale, vista anche la giovane età che caratterizza queste tipologie di spandiliquame.

In questo caso quindi la distribuzione può essere di tipo rasoterra, sottosuperficiale o interrata in modo da ridurre al minimo le emissioni di odori, la volatilizzazione dell'ammoniaca e la lisciviazione del liquame. I sistemi di distribuzione possono essere costituiti da uno o più ordini di denti flessibili (con zappette variamente conformate), dischi (sempre di diversa conformazione), oppure entrambi, posti in corrispondenza dei tubi adduttori in modo da eseguire l'interramento del liquame. Data l'elevata potenza delle macchine considerate gli organi lavoranti riescono ad eseguire una minima lavorazione oppure una lavorazione complementare all'aratura successivamente alla quale si può andare direttamente in semina. Altro sistema di distribuzione montato in questa tipologia di mezzo è la barra irroratrice costituita da una serie di tubi distributori che eseguono la distribuzione rasoterra e che si può impiegare anche per la distribuzione del liquame in copertura dopo aver adeguatamente sostituito i pneumatici a sezione larga con altri, più stretti ed adatti a marciare nelle interfile. L'ultima tipologia di distributori in uso sono quelli per la distribuzione sottosuperficiale su colture in atto (tipo cereali autunno – vernini o colture foraggere). Data l'importanza di queste

macchine spesso vengono montati sistemi elettronici per il controllo della quantità di liquame e di nutrienti distribuita, c'è anche la possibilità di impostare la quantità complessiva ad ettaro da somministrare in base alla velocità di avanzamento.

Le caratteristiche dei vari sistemi di distribuzione utilizzati negli spandiliquame trainati e semoventi sono riassunte nella tab. 5.1.

**Tab. 5.1**– Tabella riassuntiva relativa ai sistemi di distribuzione degli spandiliquame

SISTEMA DI DISTRIBUZIONE	VANTAGGI	SVANTAGGI
<i>Piatto deviatore</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevata larghezza di lavoro</li> <li>• Elevata velocità di lavoro;</li> <li>• Basso assorbimento di potenza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevata emissione di odori</li> <li>• Elevata volatilizzazione dell'ammoniaca</li> </ul>
<i>Gettone</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevata larghezza di lavoro</li> <li>• Elevata velocità di lavoro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevata emissione di odori</li> <li>• Elevata volatilizzazione dell'ammoniaca</li> </ul>
<i>Ancore</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ridotta emissione di odori</li> <li>• Bassa volatilizzazione dell'ammoniaca</li> <li>• Maggior efficienza dei nutrienti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevato assorbimento di potenza</li> <li>• Ridotta larghezza di lavoro</li> </ul>
<i>Distributori sottosuperficiali</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ridotta emissione di odori</li> <li>• Bassa volatilizzazione dell'ammoniaca</li> <li>• Maggior efficienza dei nutrienti</li> <li>• Utilizzo del liquame per la concimazione in copertura delle colture autunno – vernine e/o foraggere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complessità di costruzione</li> <li>• Elevato assorbimento di potenza</li> </ul>
<i>Distributori rasoterra</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ridotta emissione di odori</li> <li>• Bassa volatilizzazione dell'ammoniaca</li> <li>• Maggior efficienza dei nutrienti</li> <li>• Elevata larghezza di lavoro</li> </ul>	/

Recentemente con l'introduzione del concetto di *Agricoltura di Precisione*, anche nel settore della distribuzione del liquame sono stati elaborati dei sistemi elettronici per regolare e controllare la dose distribuita, abbinati a sensori che riescono a determinare in tempo reale il contenuto dei singoli macronutrienti nel liquame soggetto ad aspersione. Questi sistemi possono anche essere collegati grazie a sistemi di tipo CAN – bus, a programmi in grado di

determinare la posizione georeferenziata dello spandilquame in modo da poter verificare e dimostrare il rispetto delle norme vigenti per quanto riguarda i quantitativi massimi distribuibili in aree vulnerabili ai nitrati o meno.

Al di là dei sistemi di controllo si fa notare che molti dei mezzi in commercio sono tecnicamente impossibilitati a rispettare la normativa riguardante i quantitativi massimi di azoto in campo, a causa delle loro caratteristiche tecniche. Seguono alcuni esempi che dimostrano questa affermazione. A parità di larghezza di lavoro e impostata una certa velocità di avanzamento del mezzo, è possibile regolare la dose da distribuire agendo sulla regolazione della portata del liquame in uscita secondo la formula

$$D\left(\frac{m^3}{ha}\right) = \frac{Q\left(\frac{m^3}{min}\right) \cdot 600}{\ell(m) \cdot v\left(\frac{km}{h}\right)}$$

Utilizzando la stessa formula, opportunamente manipolata, è possibile calcolare ad esempio per un carro botte modello “B3200 Fbbossini” (larghezza di lavoro  $\ell = 4m$ , densità liquame  $\rho = 1 t/m^3 = 1 kg/dm^3$ ):

- la *dose* D, nota la portata di liquame (valore che si trova nelle brochure tecniche:  $Q = 14\,600\ l/min = 14\,600\ dm^3/min = 14.6\ m^3/min$ ) e la velocità di avanzamento ( $v = 4\ km/h$ ); si ottiene  $D = 547.5\ m^3/ha$ ; considerando il contenuto medio di azoto del liquame bovino pari a 0.4% t. q. l’azoto distribuito risulta pari a:  $547.5\ t/ha \times 0.4\% = 2.19\ t/ha = 2\,190\ kg/ha$
- la *velocità* v, nell’ipotesi di rispettare il vincolo imposto dalla legge qualora il terreno ricada in zona vulnerabile ai nitrati di 170 kg/ha di azoto (corrispondenti a  $D = 170\ kg/ha / 0.4\% = 42\,500\ kg/ha = 42\,500\ dm^3/ha = 42.5\ m^3/ha$  di liquame tal quale da apportare) e con la stessa portata di sopra; si ottiene  $v = (Q \times 600) / (D \times \ell) = 51.5\ km/h$
- la *velocità* v nel caso il vincolo sia di 340 kg/ha di azoto (terreni che ricadono in zona non vulnerabile ai nitrati); la dose è di  $340 / 0.4\% = 85\,000\ kg/ha = 85\,000\ dm^3/ha = 85\ m^3/ha$ , la portata è come sopra; si ottiene una velocità di  $v = (Q \times 600) / (D \times \ell) = 25.7\ km/h$

- la *portata*  $Q$ , nell'ipotesi di rispettare il vincolo dei 170 kg/ha di azoto e con la stessa portata come ai punti precedenti, ottenendo  $Q = (D \times l \times v) / 600 = 1.13 \text{ m}^3/\text{min}$
- la *portata*  $Q$ , nell'ipotesi di rispettare il vincolo dei 170 kg/ha di azoto e con la stessa portata come ai punti precedenti, ottenendo  $Q = (D \times l \times v) / 600 = 2.26 \text{ m}^3/\text{min}$

Con i dati ottenuti si può capire che il mezzo considerato, come molti altri mezzi, non riesce a rispettare la Direttiva Nitrati: infatti, nel primo esempio i risultati ottenuti indicano che l'azoto distribuito risulta molto maggiore dei limiti stabiliti per legge, mentre gli altri due esempi portano alla luce che le velocità da tenere durante lo spargimento, per rispettare i quantitativi di legge, sono realisticamente improponibili per qualsiasi mezzo spandiliquame. Infine, anche per quanto riguarda le portate, i dati si discostano notevolmente rispetto a quelli tipici delle pompe utilizzate per questi lavori (in particolare risultano essere troppo basse).

## 5.9 Ruote e pneumatici

Le **ruote** degli spandiliquame trainati hanno la funzione di solo sostegno, cioè provvedono a scaricare sul terreno la massa del mezzo e non esercitano nessuna forza di trazione, in quanto ruotano folli sui propri perni; sono costituite da una parte strutturale rigida (cerchio o cerchione con disco<sup>5</sup>) e da una parte elastica (pneumatico).

Il **pneumatico**<sup>6</sup> è costituito da una camera d'aria (mancante nei modelli tubeless) e da una copertura, dove si distinguono principalmente carcassa e battistrada. Per capire il tipo e le

---

<sup>5</sup> Cerchio e disco sono costituiti da materiale metallico e risultano saldati insieme nelle ruote portanti (nel caso di ruote motrici vengono fissati insieme da staffe e bulloni)

<sup>6</sup> Le singole parti di uno pneumatico sono:

- *battistrada*: è la zona dello pneumatico che si appoggia al suolo, presenta delle tipiche scolpiture dette costolature che variano a seconda del tipo e delle funzioni dello pneumatico e dal terreno che in genere tende ad affrontare;
- *carcassa*: è la struttura che conferisce resistenza allo pneumatico, è formata da diversi strati di tela gommata sovrapposta con andamento diagonale o radiale che terminano con dei talloni per il calettamento sul cerchio; le carcasse a tele radiali garantiscono una maggior aderenza, una minor resistenza al rotolamento, una pressione di gonfiaggio e una pressione al suolo minori rispetto alle carcasse con tele diagonali perché hanno una maggiore superficie di contatto con il terreno;

caratteristiche di un pneumatico è stata introdotta una marcatura univoca che riporta i seguenti parametri (fig. 5.10):

- corda espressa in pollici o mm;
- diametro di calettamento in pollici, cioè il diametro del cerchio
- rapporto di forma o aspetto, cioè il rapporto percentuale tra altezza della sezione dello pneumatico e corda
- indice di carico, misurato in N
- codice di velocità massima cui può avanzare il pneumatico, espresso in km/h
- numero convenzionale di tele, o numero P.R. (*ply rating*), che dà indicazioni sull'indice di resistenza meccanica alla maggiore o minore deformabilità

Ulteriori informazioni sul pneumatico sono date dalla presenza di uno o più asterischi che identificano la versione del pneumatico in base alla pressione di gonfiaggio di base relativa al carico massimo che essa può sopportare: un asterisco vale 1.6 bar, due asterischi 2.4 bar e così via.

- 
- *fianchi*: fanno da congiungimento tra battistrada e talloni con funzioni di ammortizzazione e capacità di adattarsi al peso del mezzo in ogni applicazione e situazione;
  - *talloni*: sono gli elementi che servono all'accoppiamento tra pneumatici e cerchio, sono costituiti da fili di acciaio molto robusti e rivestiti di gomma attorno ai quali vengono arrotolate le tele della carcassa.
-

► Come leggere il Pneumatico:



**Fig. 5.10** – Schematizzazione riguardante la lettura del pneumatico (www.pneusmarca.com)

Per quanto riguarda i mezzi spandilquame semoventi, i pneumatici più frequentemente utilizzati sono quelli a sezione elevata proprio per ridurre al minimo l'effetto di compattamento del suolo dovuto alla massa elevata che li contraddistingue. Gli stessi mezzi sono inoltre dotati di sistemi di autogonfiaggio, caratterizzati dalla possibilità di poter sgonfiare e gonfiare a piacimento (fig. 5.11), tramite dei comandi posti sulla cabina di guida, tutte le ruote del mezzo. In questo modo quando si entra in campo, si riduce la pressione di gonfiaggio in modo da aumentare la superficie di contatto tra pneumatico e terreno, aumentare la galleggiabilità della macchina per cui il calpestamento viene ridotto al minimo. Quando il mezzo ritorna su strada la pressione dei pneumatici viene aumentata così da poter avere una minor resistenza all'avanzamento e usura degli pneumatici e un'adeguata aderenza.



**Fig. 5.11** – Sistema di regolazione della pressione delle ruote

### ***5.10 Circolazione stradale***

Secondo il Codice della strada gli spandilquame trainati rientrano nella categoria dei rimorchi agricoli, cioè veicoli destinati al carico e trainabili dalle trattrici agricole che possono eventualmente essere muniti di apparecchiature per lavorazioni agricole; qualora la massa complessiva a pieno carico non sia superiore a 1.5 t, sono considerati parte integrante della trattrice.

Le macchine agricole, compresi anche i rimorchi agricoli, sono soggetti all'omologazione e al rilascio della carta di circolazione da parte dell'ufficio provinciale della direzione generale della Motorizzazione Civile.

I rimorchi agricoli con massa complessiva superiore a 1,5 t e quelli con massa inferiore ma dimensioni di ingombro (compresi gli organi di aggancio) che superano i 4 m di lunghezza e i 2 m di larghezza devono essere dotati di una targa speciale contenente i dati di immatricolazione del rimorchio stesso; inoltre, qualora il mezzo ostacoli la visione della targa del macchina agricola che lo traina, deve essere presente la targa ripetitiva.

Per quanto riguarda l'assicurazione dei rimorchi agricoli dai rischi dinamici, se agganciati alla macchina agricola semovente con idonea estensione al traino, l'assicurazione di quest'ultima copre anche il veicolo trainato durante la circolazione; per quanto riguarda i rischi statici, per tutelare persone terze da rischi derivanti dallo stazionamento, va stipulata un'assicurazione autonoma.

Le caratteristiche costruttive imposte dal Codice della strada ai rimorchi agricoli sono le seguenti:

- devono essere equipaggiati di dispositivi per la segnalazione visiva e per l'illuminazione
- devono essere munite di dispositivi per la frenatura
- devono essere forniti di ruote o cingoli adatti alla circolazione su strada
- devono essere presenti i dispositivi amovibili per la protezione delle parti pericolose



- devono essere predisposti i dispositivi di agganciamento, anche amovibile, se predisposte per il traino

Dalla seguente tab. 5.2 si mette in evidenza la tipologia di dispositivo di frenatura dei rimorchi agricoli previsti dal codice della strada.

**Tab. 5.2** – Dispositivi di frenatura dei rimorchi agricoli previsti dal codice della strada (da E.NA.M.A. Norme per la circolazione stradale 2002 – sintesi per operatori agricoli e agro-meccanici)

<b>Massa complessiva a pieno carico della macchina trainata</b>	<b>Dispositivo di frenatura del veicolo trainato</b>	<b>Caratteristiche del dispositivo</b>
Rimorchi agricoli considerati parte integrante della trattrice agricola traente (massa complessiva a pieno carico fino a 1,5 t, dimensioni di ingombro, compresi gli organi di aggancio, non superano i 4 m di lunghezza e i 2 m di larghezza) con un rapporto di traino > 1	Può essere sprovvisto del dispositivo di frenatura di servizio ed essere trainato entro il limite della massa rimorchiabile riconosciuta alla trattrice per macchine agricole rimorchiate prive di freni	Il dispositivo di frenatura di servizio può mancare in quanto è sufficiente la frenatura della sola trattrice agricola
Rimorchi agricoli considerati parte integrante della trattrice agricola traente con rapporto di traino tra 1 e 0,5	Di servizio almeno di tipo ad inerzia	
Rimorchi agricoli considerati parte integrante della trattrice agricola traente con rapporto di traino <0,5	Di tipo pneumatico comandabile dal conducente della trattrice agricola	
Rimorchio agricolo tra 1,5 t e 5 t	Dispositivi di servizio e stazionamento	Il dispositivo di servizio, se di tipo meccanico, può essere con comando a leva di tipo unificato montato sulla trattrice e deve agire sulle ruote di almeno un asse. Il dispositivo di stazionamento può essere comandato da una persona a terra
Rimorchio agricolo tra 5 e 6 t	Dispositivi di servizio agente sulle ruote di almeno un asse e di stazionamento	Il dispositivo di servizio, se di tipo meccanico deve essere comandato dall'inerzia del rimorchio e nei rimorchi a 2 o più assi può agire anche sul solo asse anteriore. Il dispositivo di stazionamento può essere comandato da una persona a terra.
Rimorchio agricolo >di 6 t	Dispositivo di servizio che utilizza una sorgente di energia diversa da quella muscolare del conducente o dell'energia cinetica del rimorchio e di stazionamento.	L'azione del dispositivo di servizio deve esercitarsi contemporaneamente su tutte le ruote.

L'occhione deve essere approvato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e nei documenti di trasporto sono elencati i dispositivi di aggancio che possono essere utilizzati sulla macchina agricola.

I limiti di sagoma, cioè altezza, larghezza e lunghezza, di ogni macchina agricola sia semovente che trainata devono rispettare determinati parametri altrimenti il veicolo diventa eccezionale per sagoma e, per la circolazione stradale, deve rispettare gli obblighi relativi a tali macchine particolari. I valori limite sono:

- larghezza massima non superiore a 2,55 m dalla quale non sono comprese le sporgenze relative ai retrovisori se mobili
- altezza massima non eccedente i 4 m
- lunghezza totale non superiore ai 12 m compresi gli organi di traino per i veicoli isolati

Analogamente per i limiti di massa che ogni macchina agricola semovente e trainata deve rispettare per poter circolare su strada. Per le macchine agricole semoventi o trainate munite di pneumatici, il cui carico medio unitario trasmesso dall'area di impronta sulla strada non sia superiore a  $8 \text{ daN/cm}^2$ , la massa complessiva a pieno carico massima consentita risulta:

- 6 t se possiede un solo asse
- 14 t o 11 t se presenta 2 assi rispettivamente con distanza interasse minore o maggiore di 1,2 m
- 20 t se sono presenti 3 o più assi con distanza fra due assi contigui non inferiore a 1,2 m

Si può così evincere che i mezzi a 3 assi la cui capacità del solo serbatoio a pieno carico arriva, o addirittura supera, le 20 t non possono circolare regolarmente sulle strade italiane.

### 5.11 Configurazioni principali

A partire dal materiale presente nel sito delle aziende produttrici sono stati analizzati tutti i modelli presenti sul mercato per ricondurli, grazie a schemi esemplificativi, alle principali configurazioni presenti sul mercato italiano. I parametri presi in considerazione sono stati:

- il numero degli assi
- il sistema di distribuzione
- il numero e il posizionamento delle entrate e delle uscite
- la presenza o meno del gettone

Dalla suddetta analisi sono emerse ben 44 configurazioni (18 per i modelli a 2 e 3 assi e 8 per i modelli monoasse) descritte nella seguente tab. 5.3.

**Tab. 5.3** – Principali configurazioni costruttive degli spandilquame trainati in commercio

ASSI	PROBOSCIDE	ENTRATE		DISTRIBUZIONE	GETTONE	CODICE
		NUMERO	POSIZIONE			
3	Si	2	Lat. sinistra e destra	2 ancore	No	3P2SD2-
3	Si	1	Lat. sinistra	2 ancore	No	3P1S2-
3	Si	1	Lat. destra	Piatto	No	3P1DP-
3	Si			Piatto	Si	3P--PG
3	Si			2 ancore	Si	3P--2G
3	Si			4 ancore	Si	3P--4G
3	Si	1	Lat. sinistra	4 ancore	No	3P1S4-
3	Si	1	Lat. destra	2 ancore	Si	3P1D2G
3	Si			Piatto	No	3P--P-
3	Si			4 ancore	No	3P--4-
3	Si	1	Lat. sinistra	Piatto	Si	3P1SPG
3	Si			Rasoterra	No	3P--R-
3	Si	1	Lat. sinistra	Piatto	No	3P1SP-
3	Si	1	Lat. sinistra	2 ancore	No	3P1S2-
3	Si			2 ancore	No	3P--2-
3	No	2	Lat. sinistra e destra	Piatto	No	3-2SDP-
3	No	2	Lat. sinistra e destra	4 ancore	No	3-2SD4-

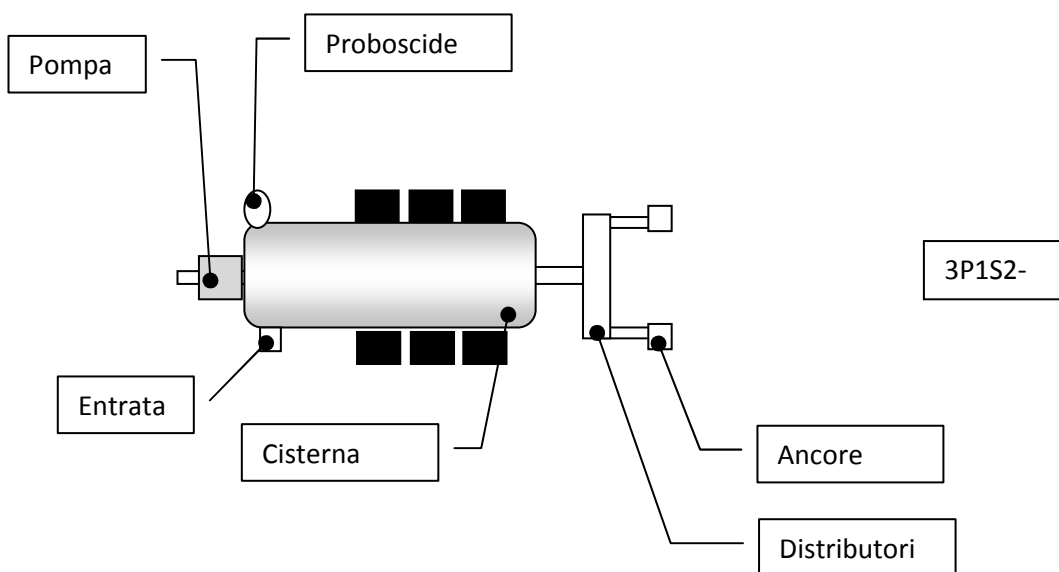
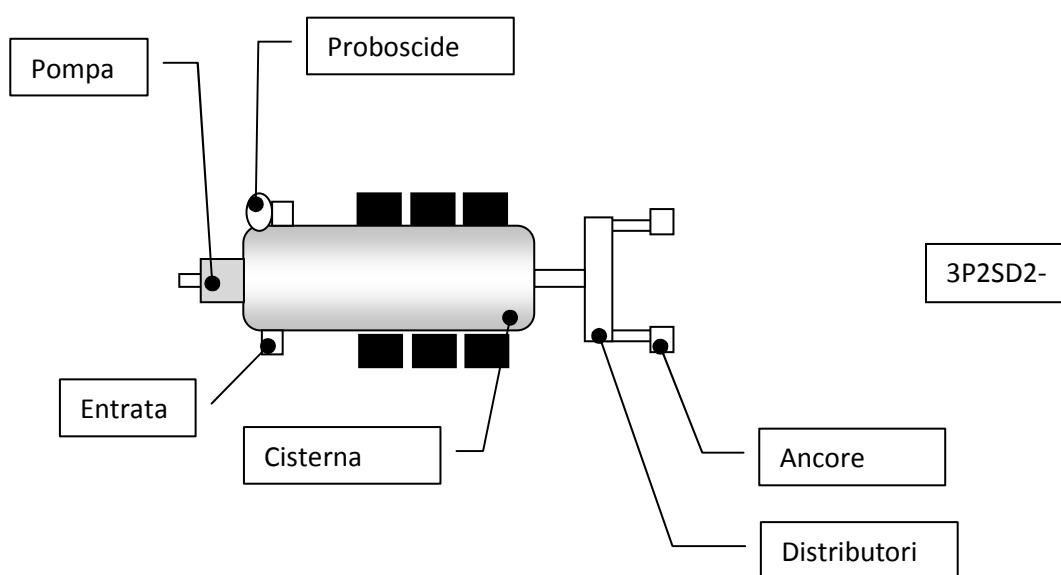
ASSI	PROBOSCIDE	ENTRATE		DISTRIBUZIONE	GETTONE	CODICE
		NUMERO	POSIZIONE			
3	No	1	Lat. destra	4 ancore	Si	3-1D4G
2	Si	2	Lat. sinistra e destra	Piatto	Si	2P2SDPG
2	Si	1	Lat. sinistra	2 ancore	No	2P1S2-
2	Si	1	Lat. sinistra	Piatto	No	2P1SP-
2	Si			2 ancore	Si	2P--2G
2	Si	1	Lat. sinistra	Piatto	Si	2P1SPG
2	Si			Rasoterra	No	2P--R-
2	Si			2 ancore	No	2P--2-
2	Si	1	Lat. destra	Piatto	No	2P1DP-
2	Si			4 ancore	No	2P--4-
2	Si			Piatto	No	2P--P-
2	No	1	Lat. destra	Piatto	Si	2-1DPG
2	No	1	Lat. sinistra	Piatto	No	2-1SP-
2	No	1	Lat. sinistra	Piatto	Si	2-1SPG
2	No	2	Lat. sinistra e destra	Piatto	Si	2-2SDPG
2	No	1	Lat. destra	Rasoterra	Si	2-1DRG
2	No	1	Lat. destra	Piatto	No	2-1DP-
2	No	1	Lat. destra	Ancore + dischi	No	2-1DD-
2	No	1	Lat. destra	4 ancore	No	2-1D4-
1	Si			2 ancore	No	1P--2-
1	No	1	Lat. destra	Piatto	No	1-1DP-
1	No	1	Lat. destra	Piatto	Si	1-1DPG
1	No	1	Lat. sinistra	Piatto	Si	1-1SPG
1	No	1	Lat. sinistra	Piatto	No	1-1SP-
1	No	2	Lat. sinistra e destra	Piatto	Si	1-2SDPG
1	No			Piatto	Si	1---PG
1	No			Piatto	No	1---P-

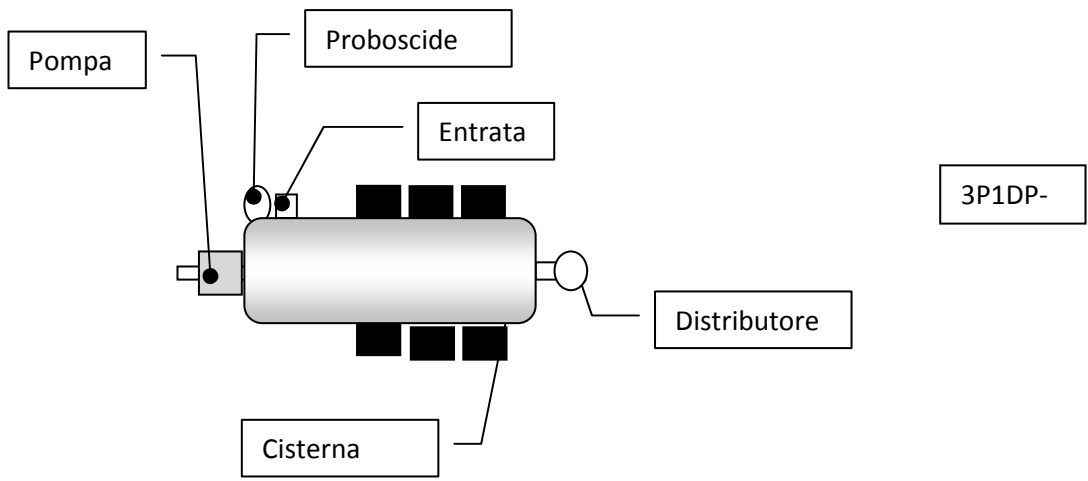
Il codice alfanumerico che contraddistingue ogni configurazione è composto da:

- un numero iniziale relativo al numero di assi (es.: 3P1S2G)
- la lettera P indica la presenza della proboscide per il carico del liquame (es.: 3P1S2G)
- un numero e le lettere D e/o S indicano il numero e la posizione rispetto al serbatoio di eventuali entrate in più rispetto alla proboscide (es.: 3P1S2G)

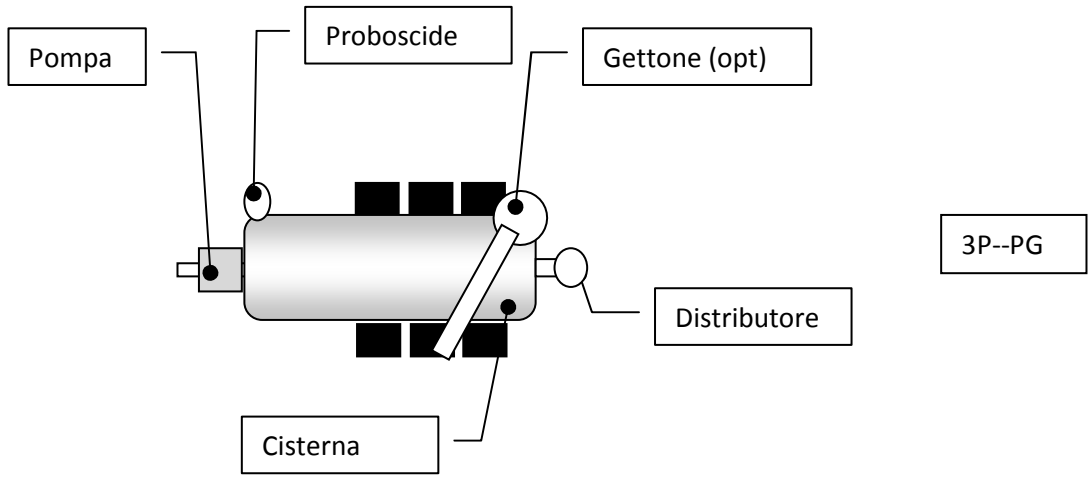
- il sistema di distribuzione viene indicato da un numero o una lettera (2=2ancore; 4=4 ancore; P=piatto deviatore; D=4 ancore più dischi) (es.: 3P1S2G)
- la presenza nell'ultima posizione della lettera G indica che la configurazione prevede la presenza del gettone (es.: 3P1S2G)

Di seguito vengono riportati dei semplici schemi descrittivi, uno per ogni configurazione presente, in modo da rendere più chiara la loro comprensione. Tale codice è stato utilizzato per classificare tutti i modelli presenti sul mercato (v. specifica appendice).

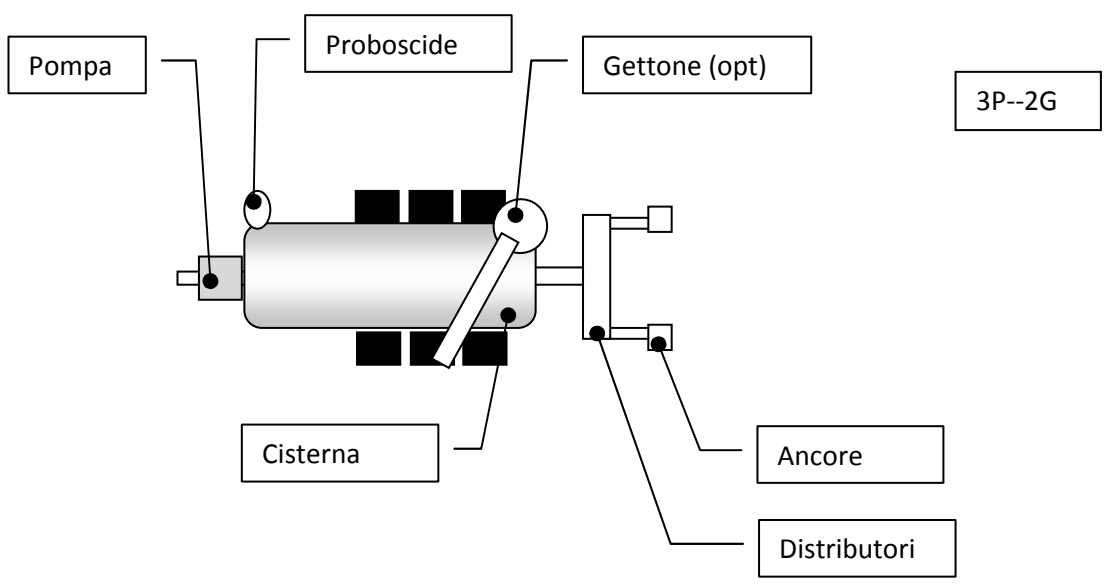




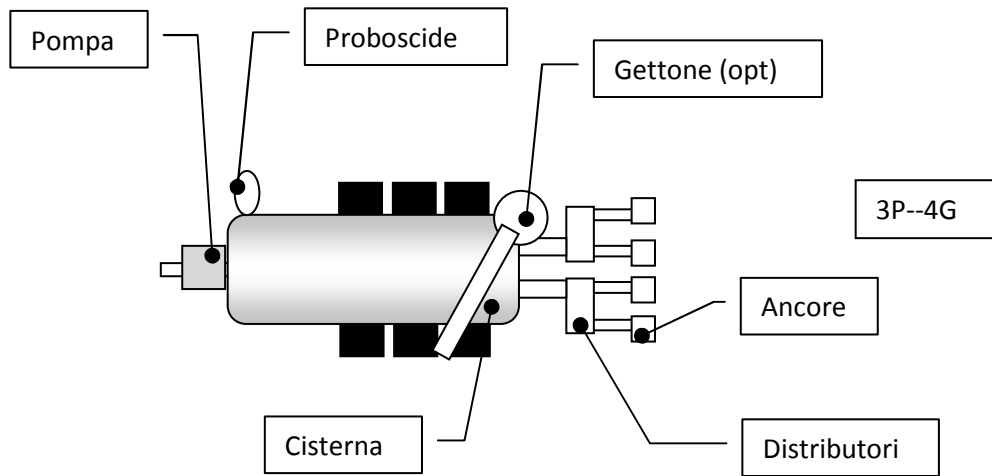
3P1DP-



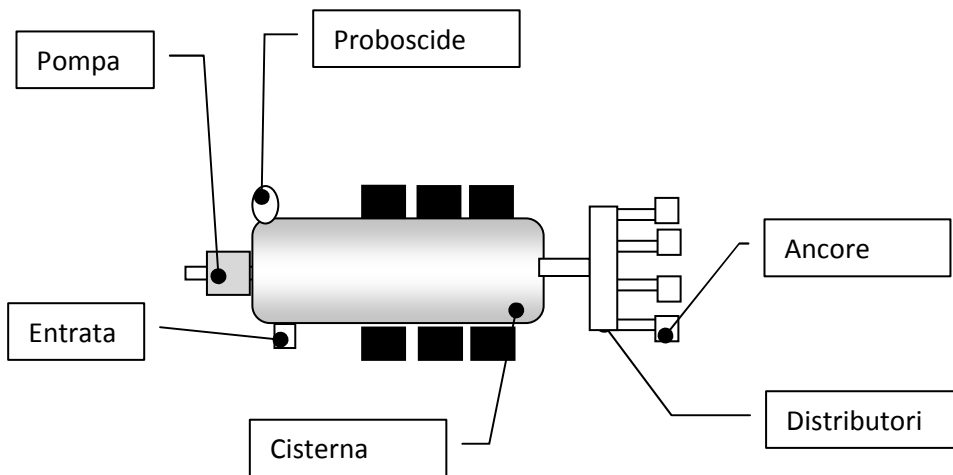
3P--PG



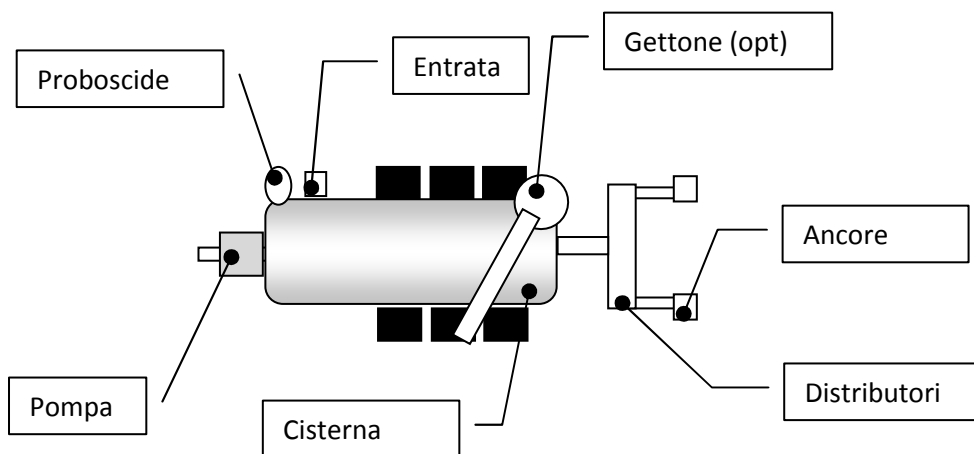
3P--2G



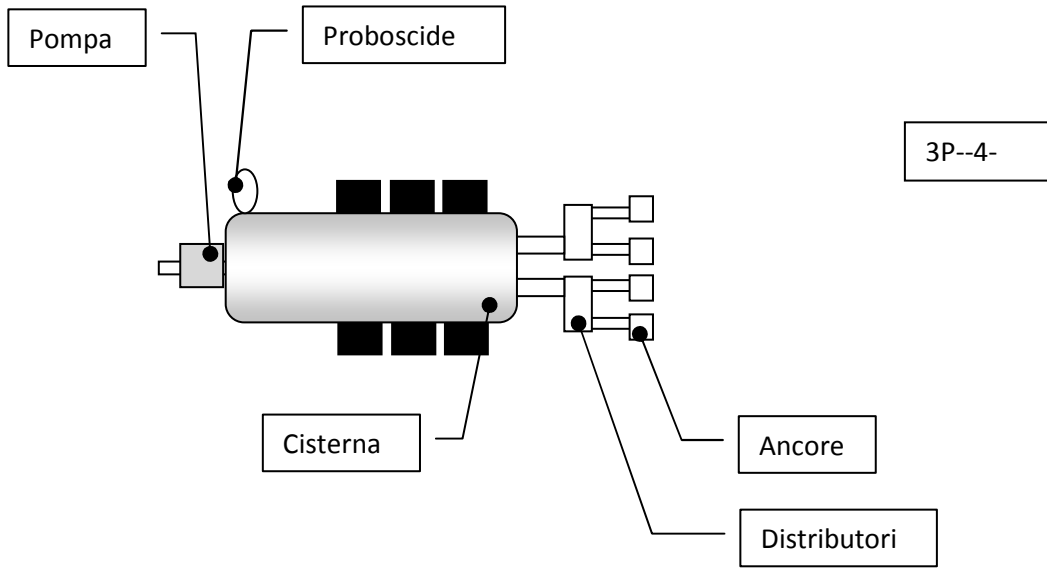
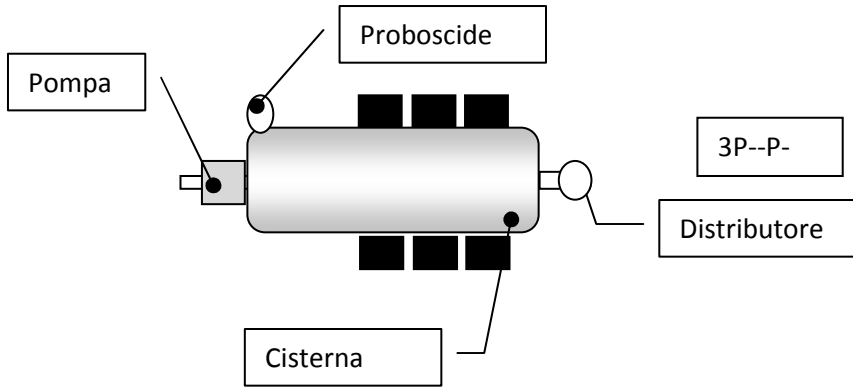
3P--4G



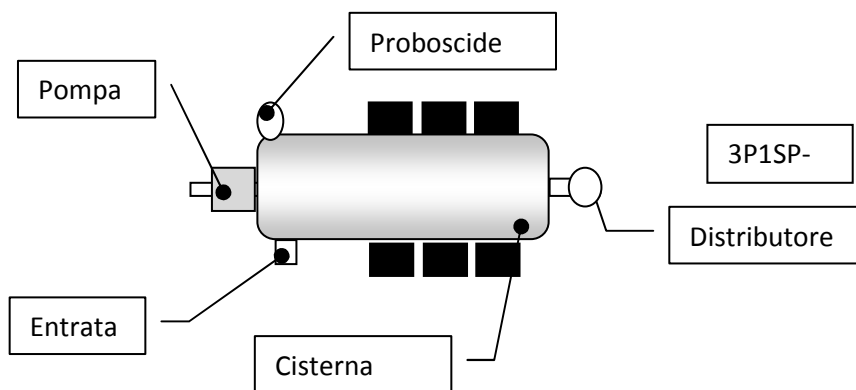
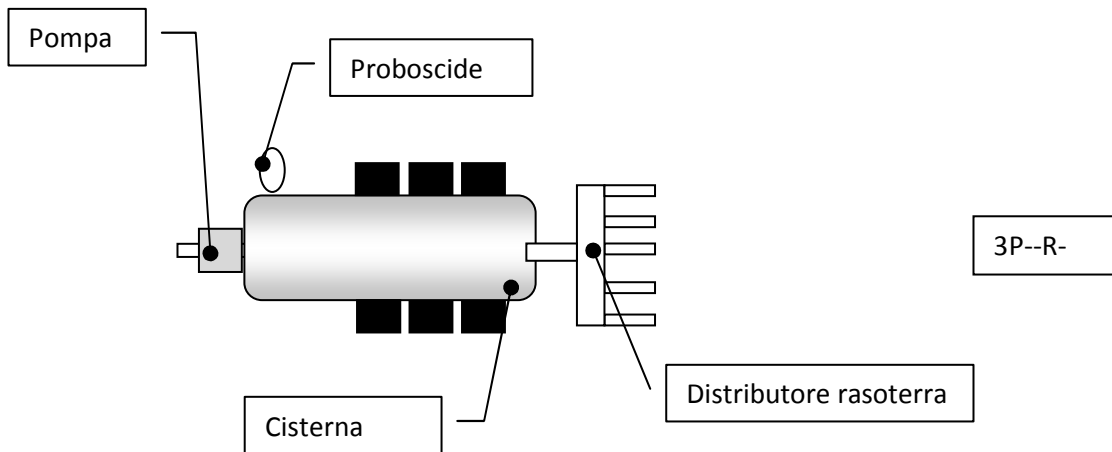
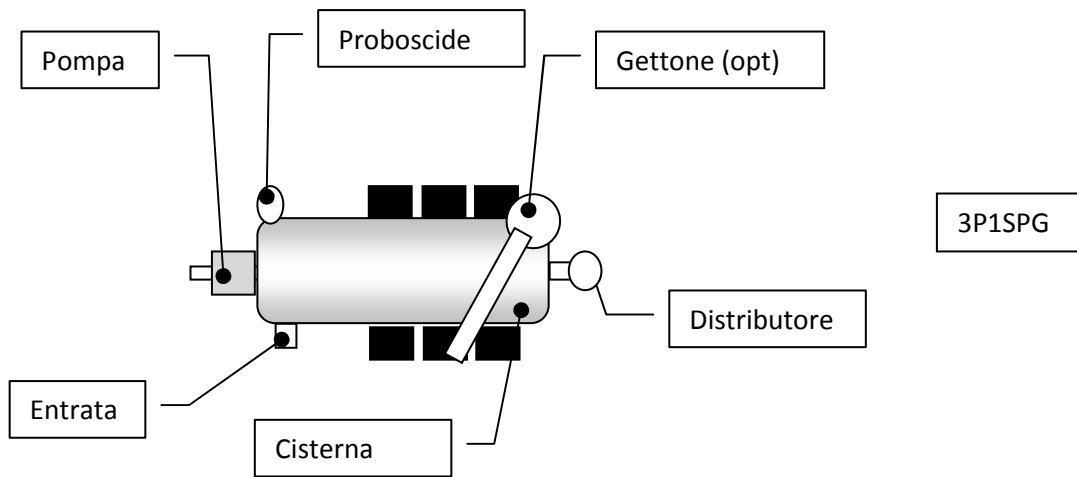
3P1S4-

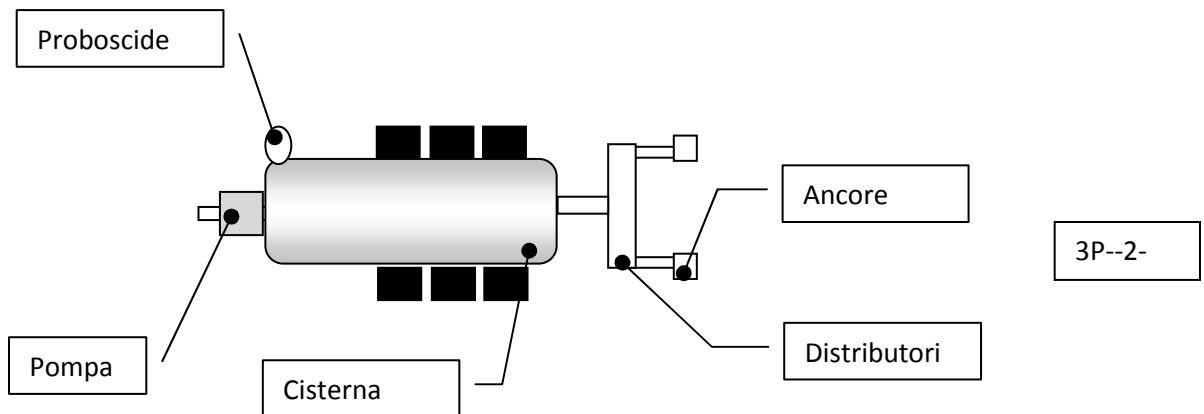
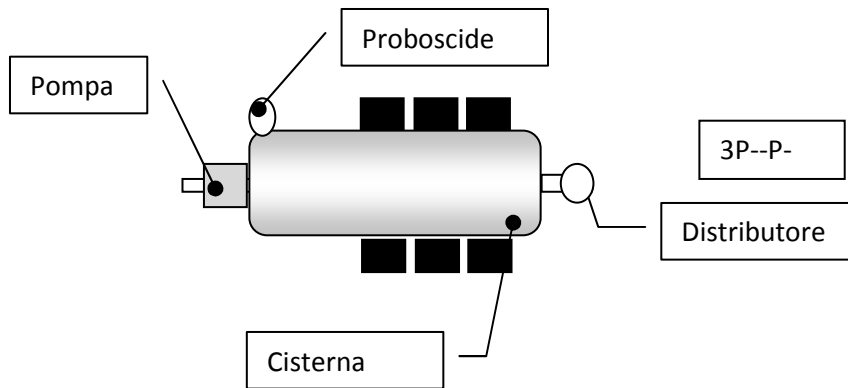
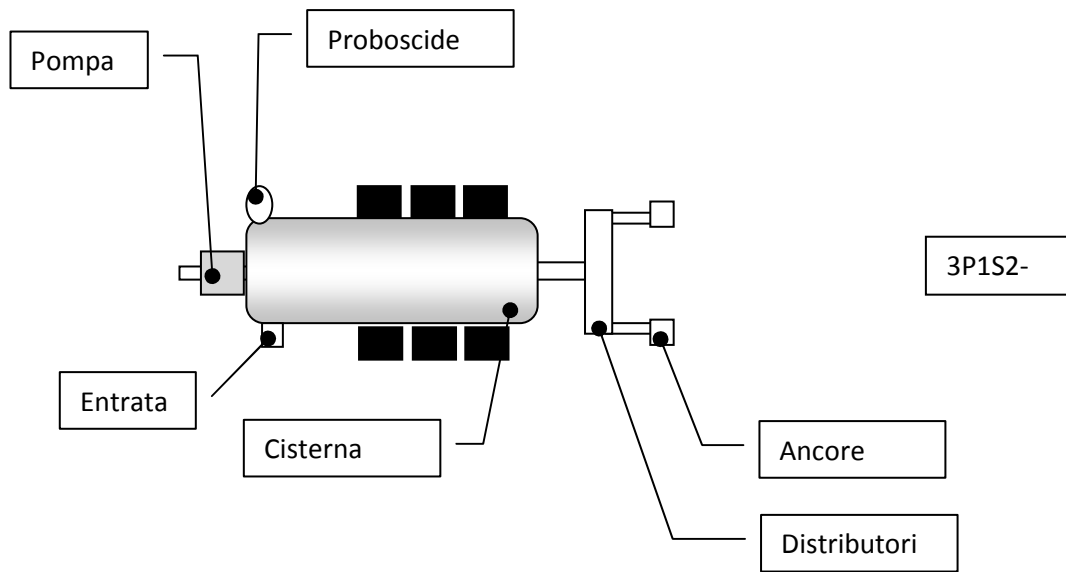


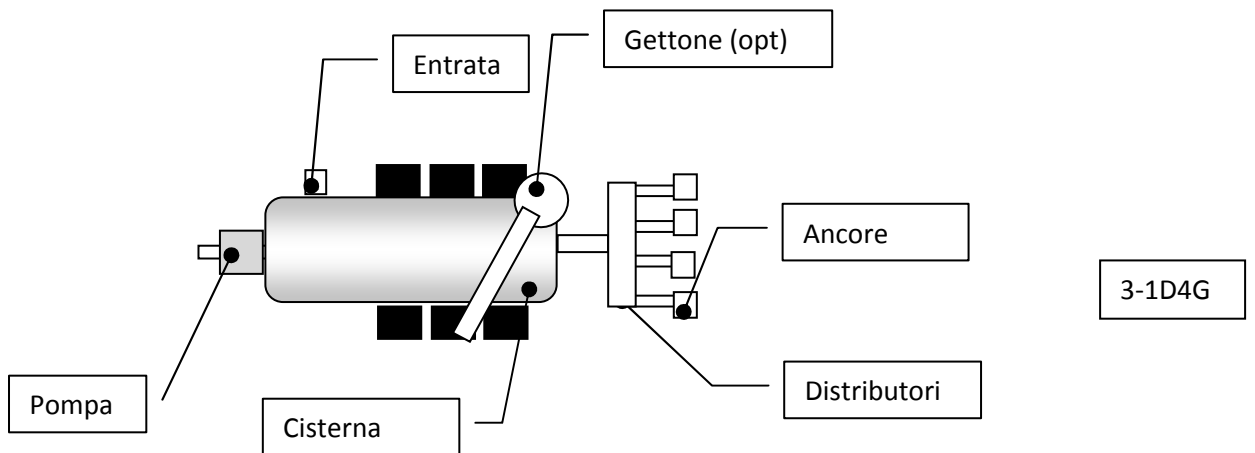
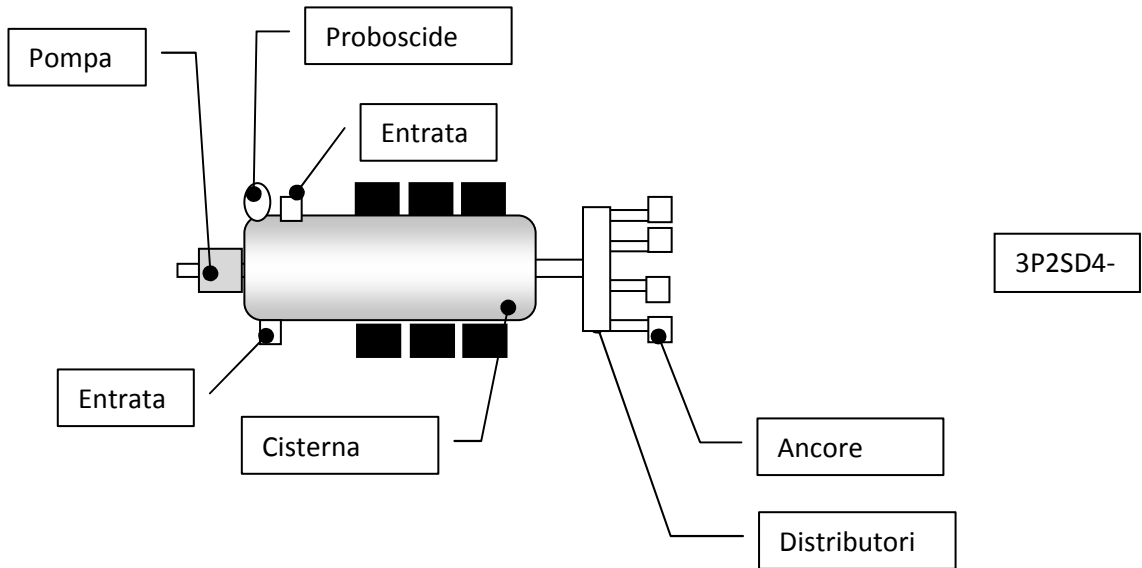
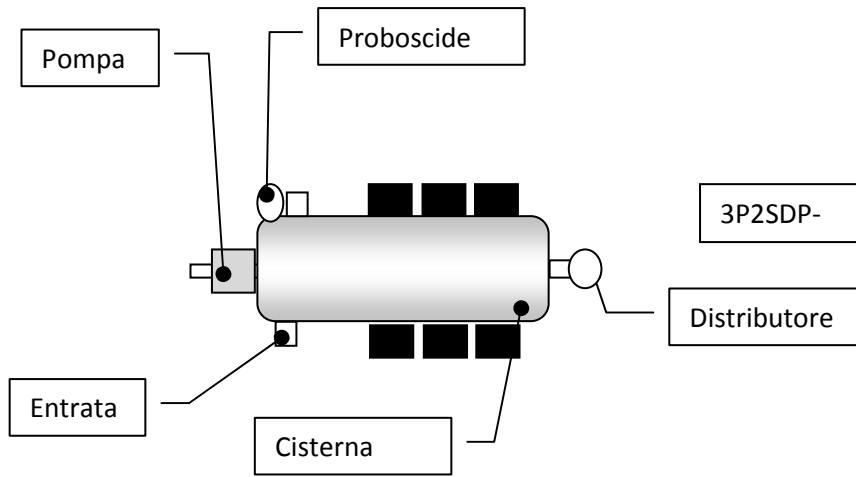
3P1D2G

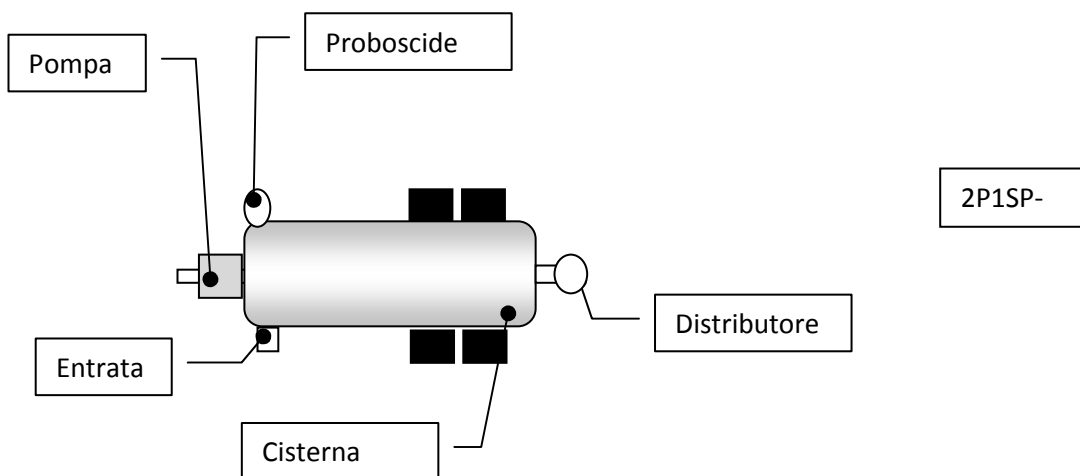
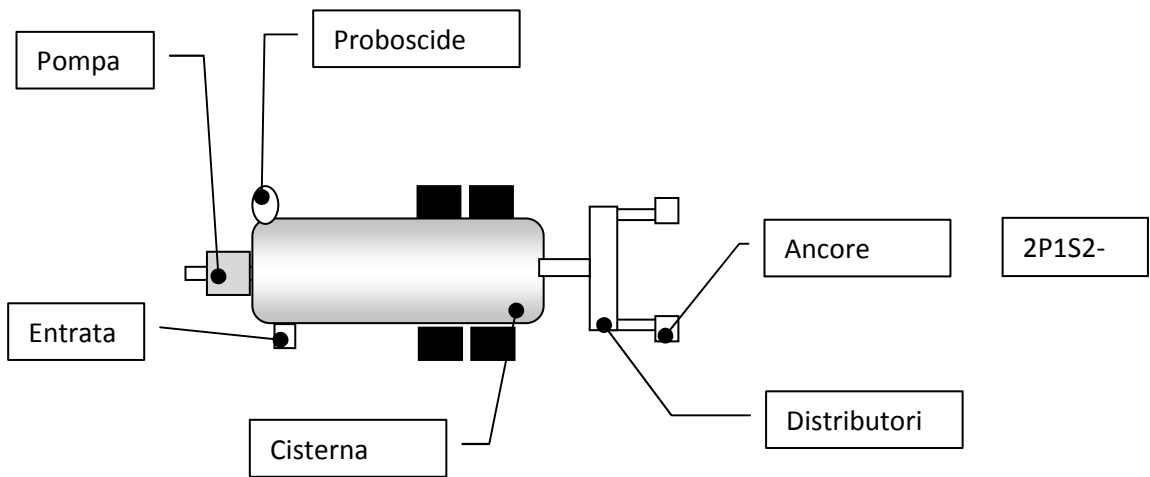
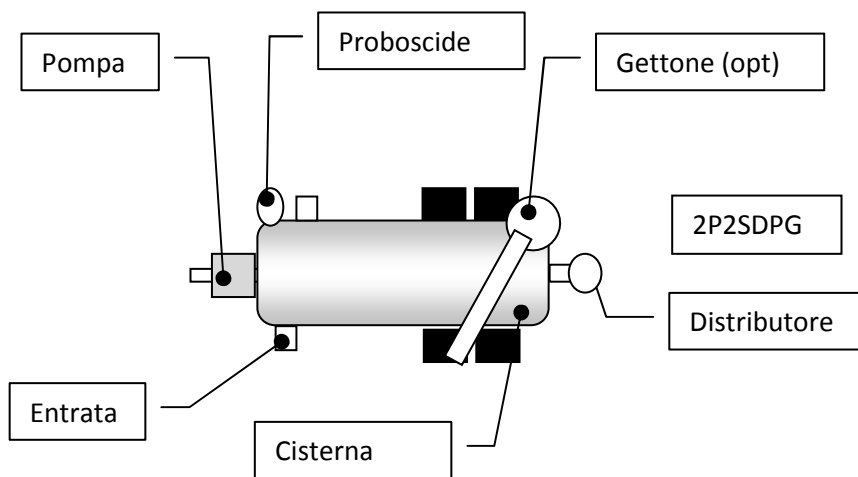


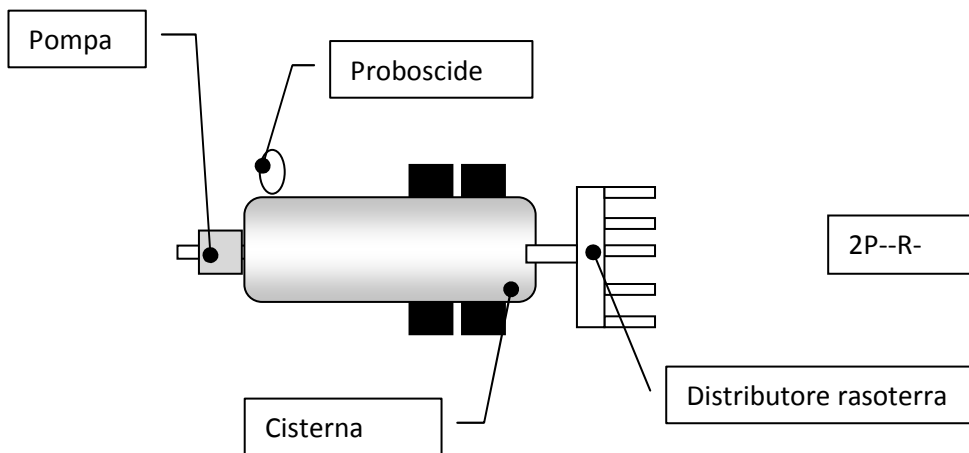
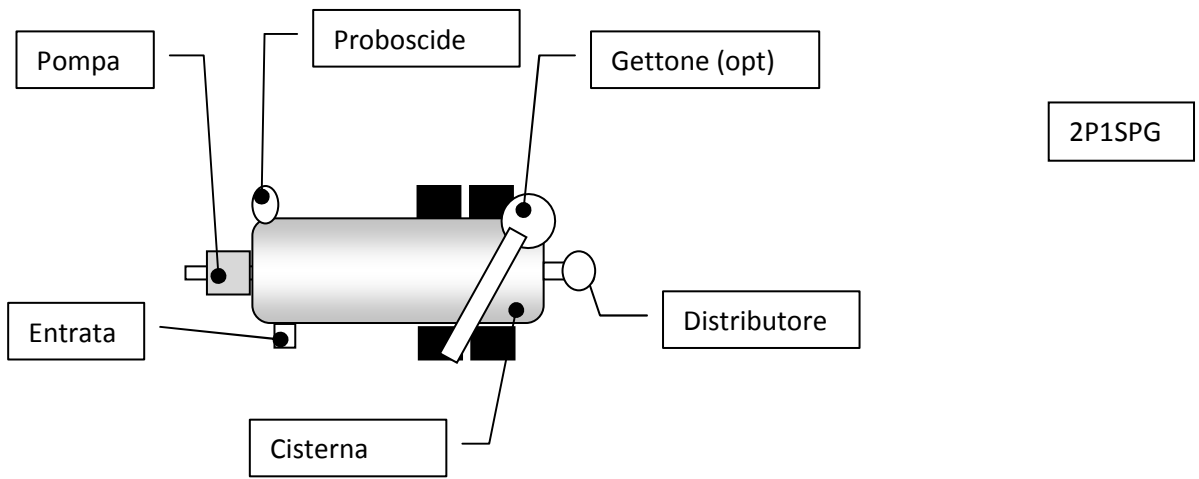
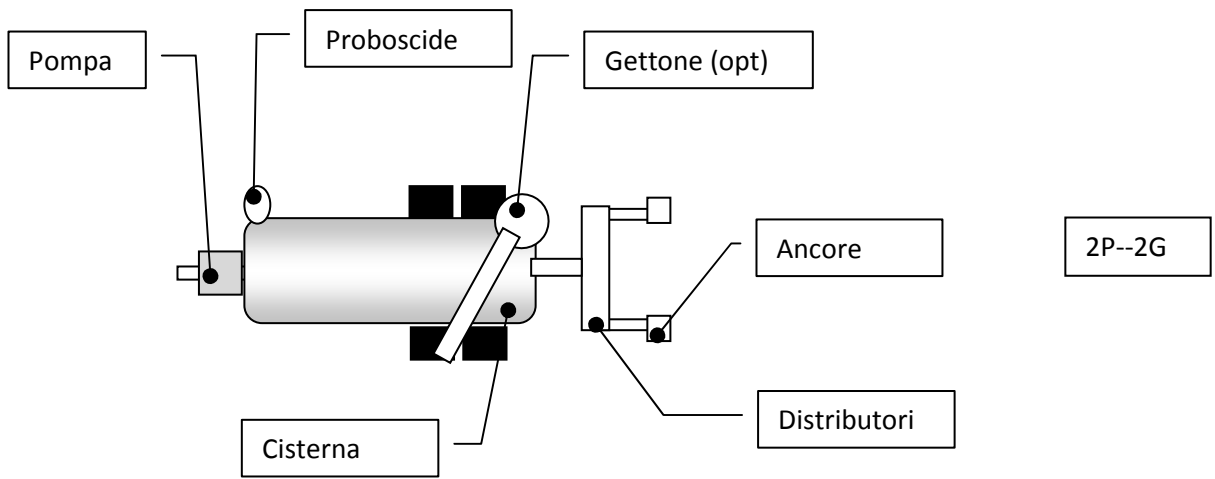


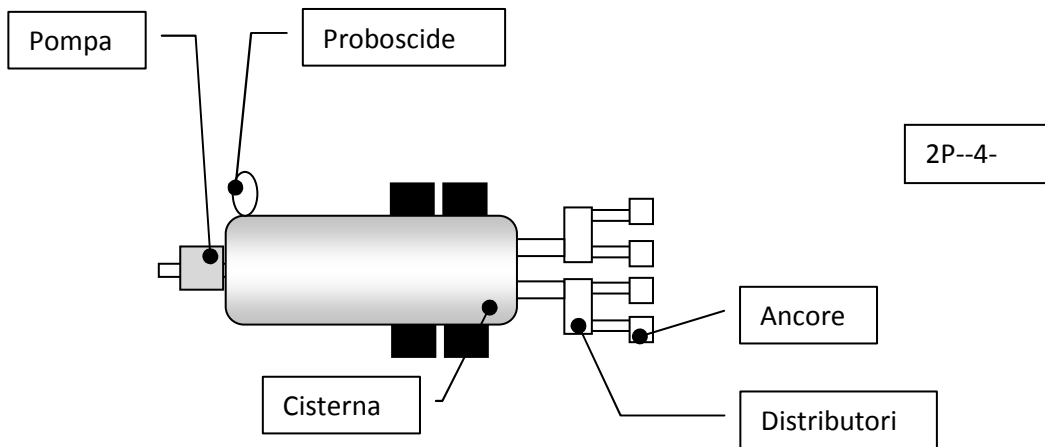
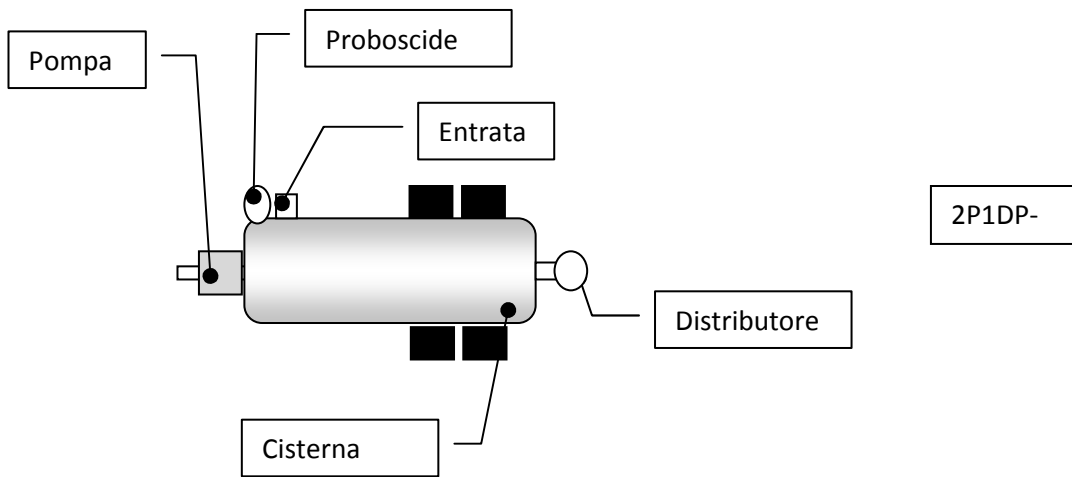
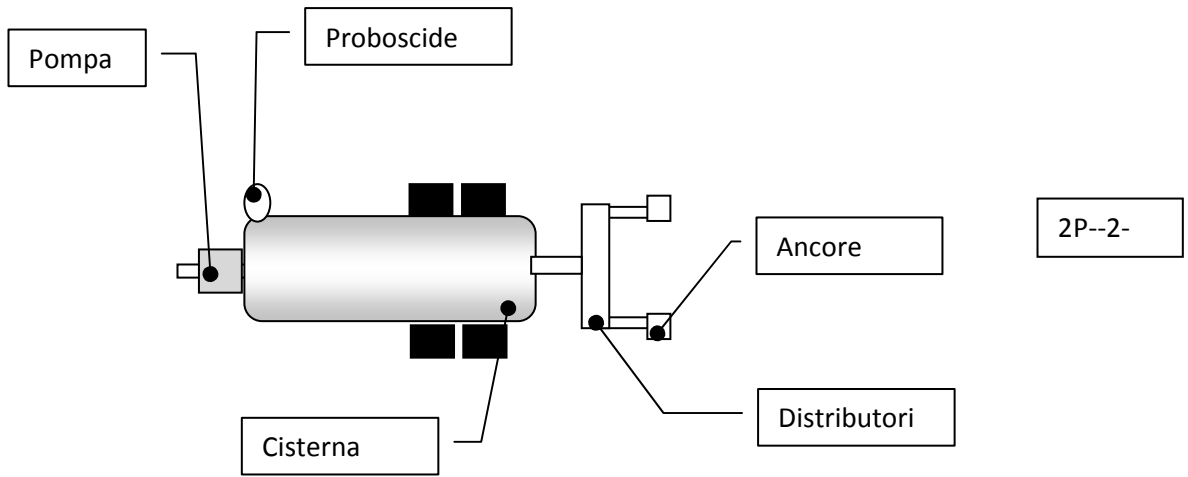


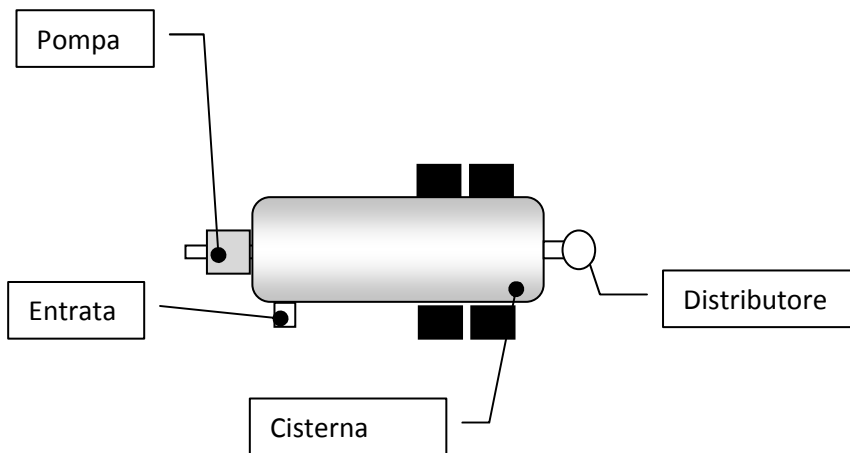
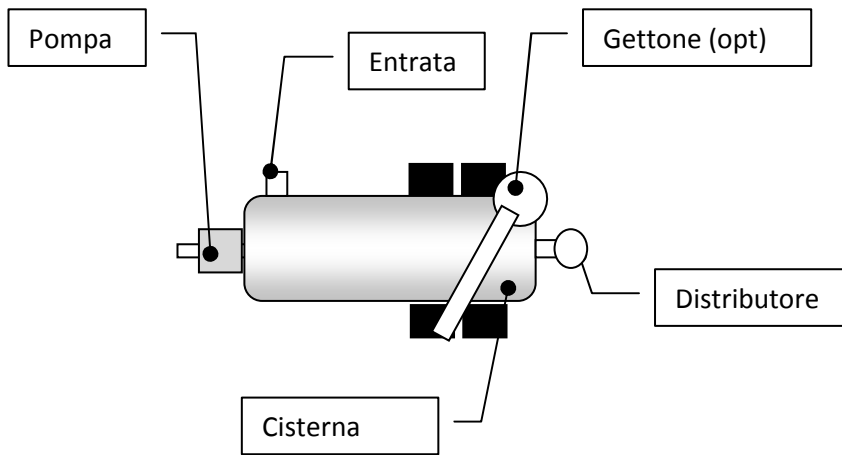
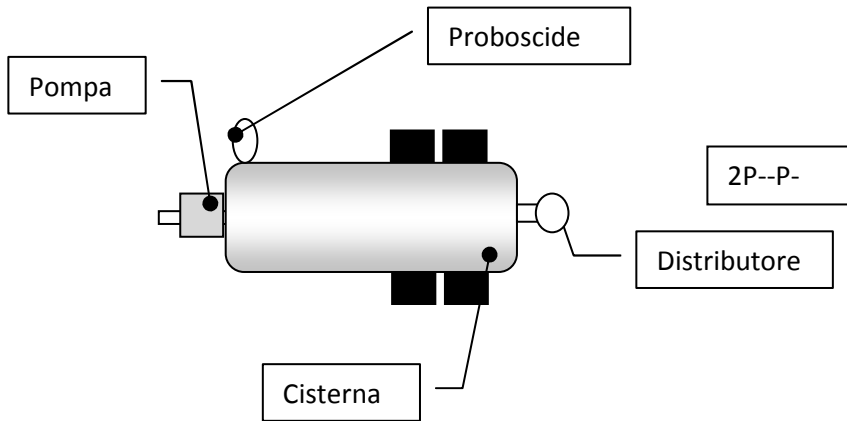


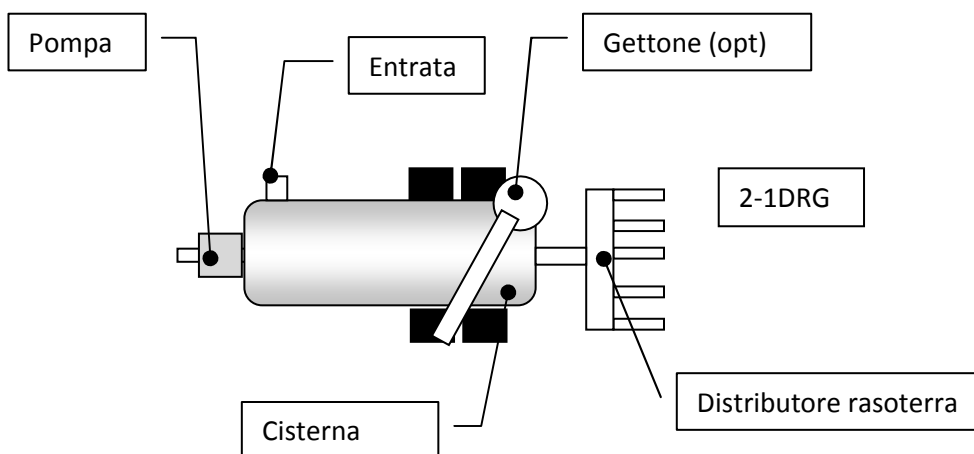
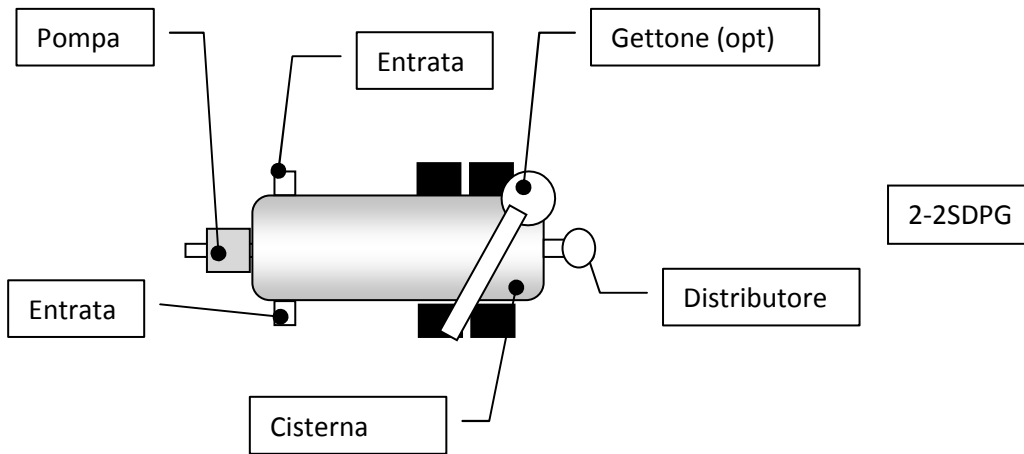
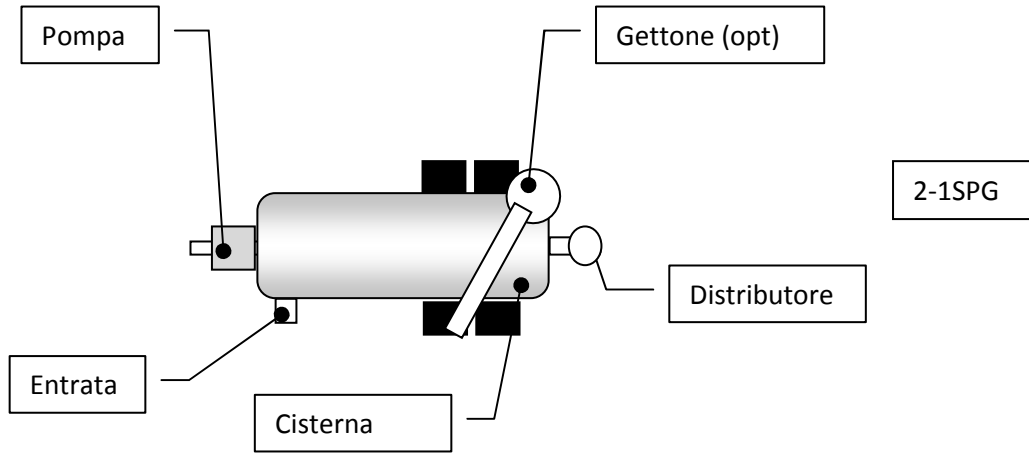




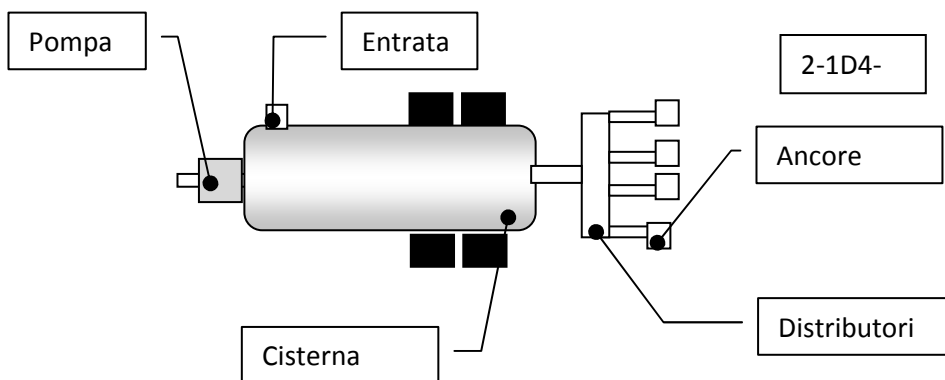
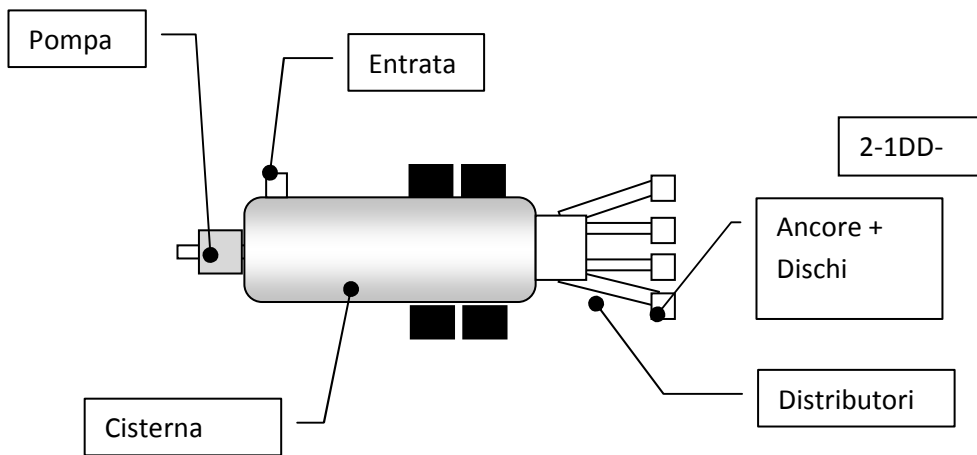
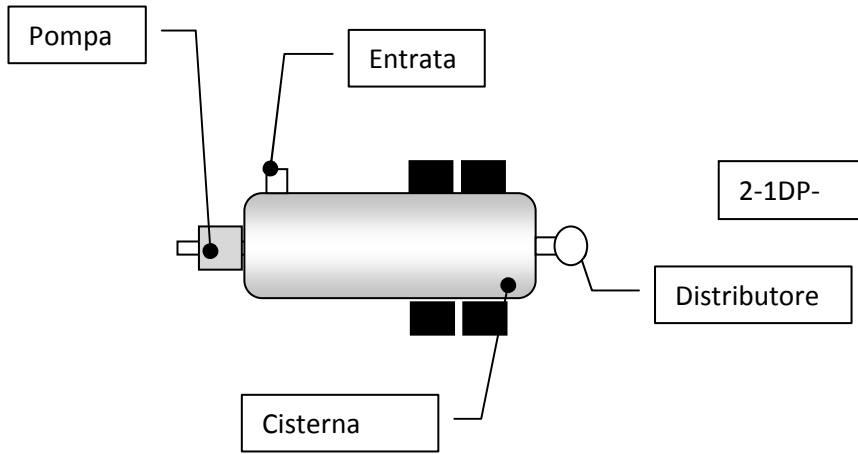


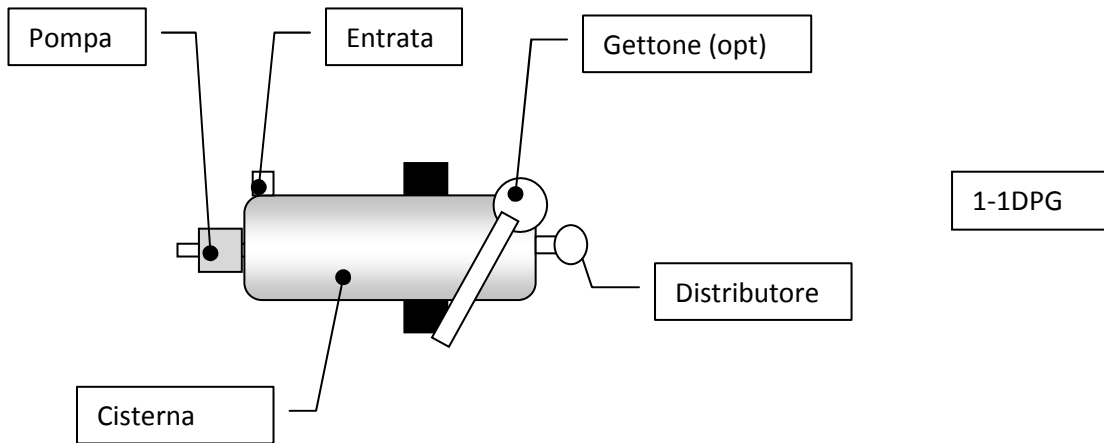
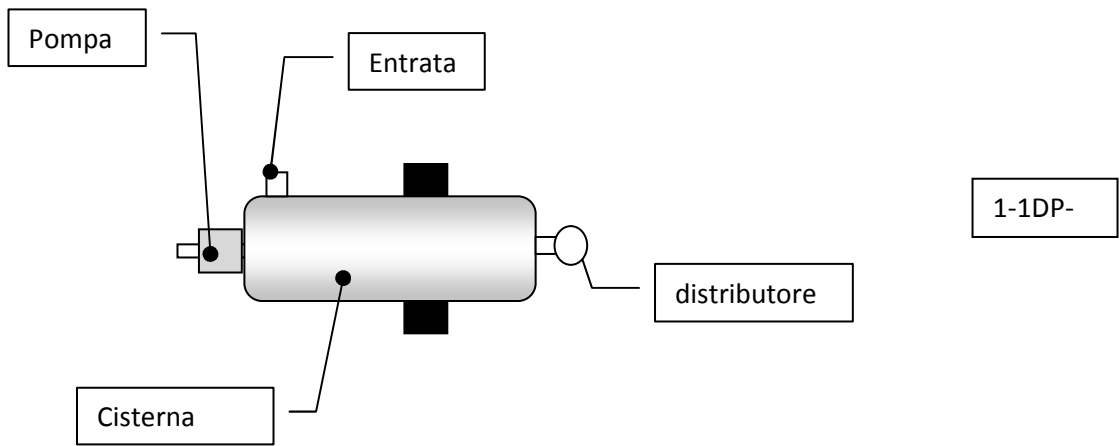
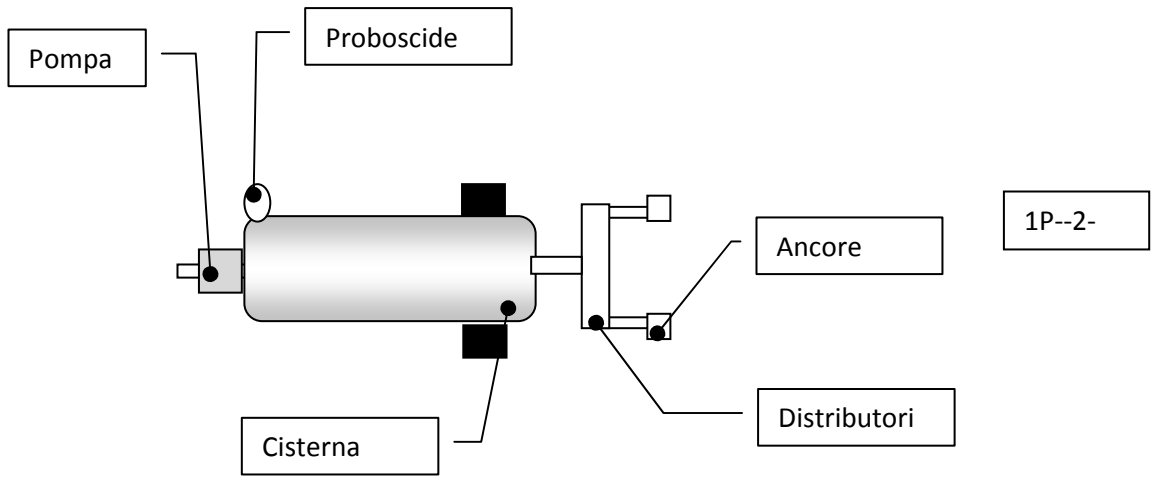


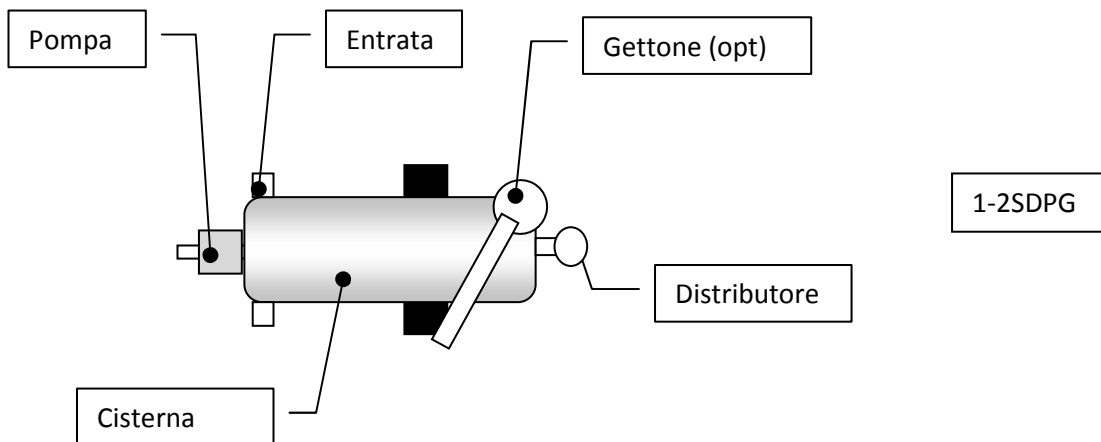
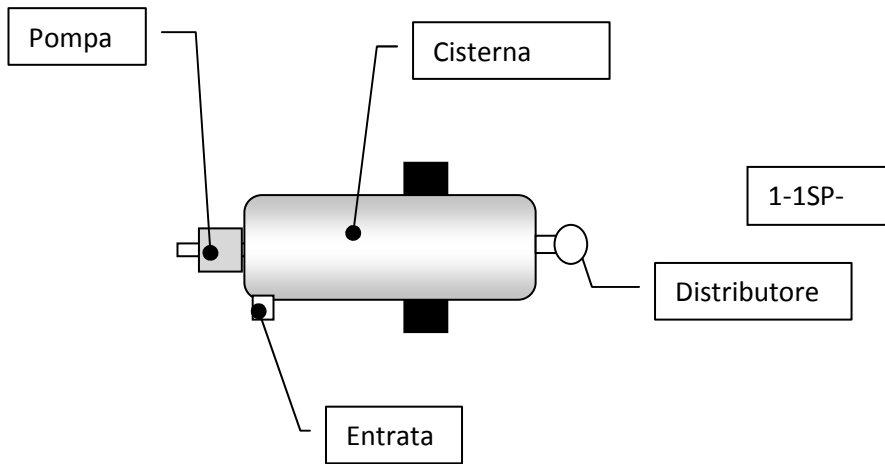
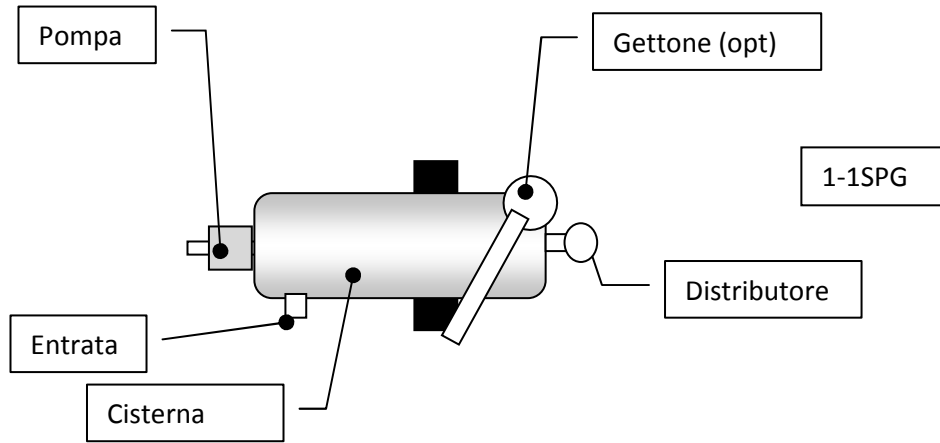


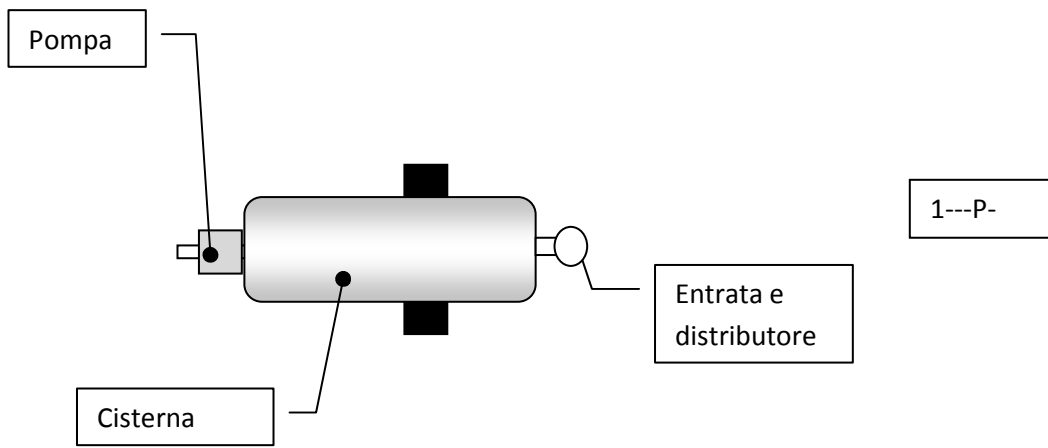
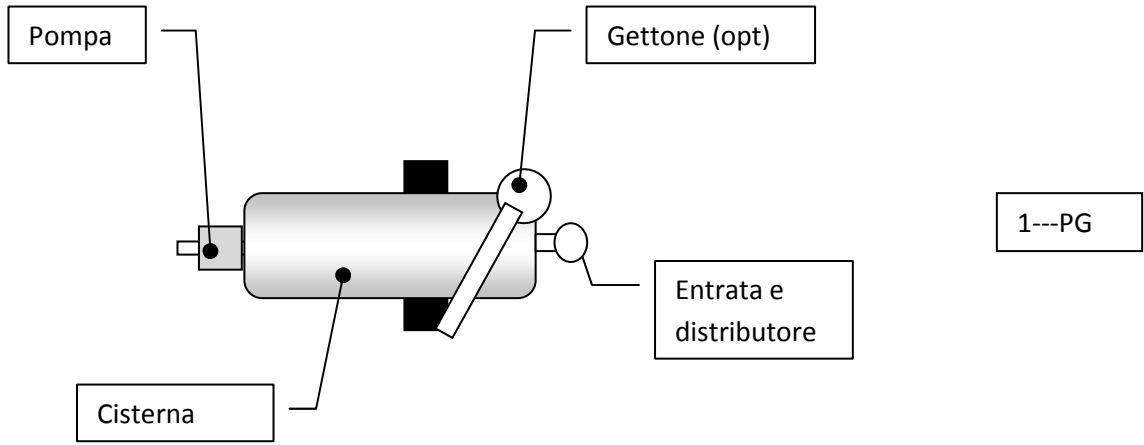














## 6 ANALISI TECNICA ED ECONOMICA

L'analisi ha preso in considerazione i modelli proposti dalle principali ditte costruttrici nazionali di spandiliquame trainati e semoventi e di relative pompe.

Lo scopo di questa indagine è quello di individuare le differenze costruttive e funzionali tra i vari modelli: queste informazioni possono risultare utili agli utenti per poter scegliere il mezzo più adatto alle loro esigenze o il mezzo migliore tra le macchine a parità di costo.

I primi dati analizzati (numero di assi, materiale di costruzione del serbatoio) sono quelli principali che caratterizzano i singoli modelli degli spandiliquame trainati e verranno successivamente utilizzati come parametri di confronto nei riguardi di altri dati analizzati (prezzo di listino, masse, pneumatici): questo è dovuto al fatto che, essendo dati oggettivi non soggetti a interpretazione personale, si possono utilizzare come termine di paragone tra modelli che possiedono caratteristiche diverse.

L'elaborazione ha riguardato le principali ditte costruttrici di spandiliquame trainati elencate nella tab.7.1 e i dati sono stati rielaborati con vari tipi di grafici (a dispersione, a torta, istogrammi).

Per quanto riguarda i grafici a dispersione, sono state calcolate le linee di regressione, cioè quella funzione che descrivono il possibile legame fra due variabili, e i valori del coefficiente di determinazione  $R^2$ , che misura la bontà dell'adattamento della regressione lineare stimata ai dati osservati: questo dato, che assume valori compresi tra 0 e 1, è tanto più attendibile quanto maggiore è il suo valore.

Per l'analisi dei dati a livello statistico sono stati utilizzati alcuni parametri tipo <sup>[1]</sup>:

- media aritmetica, che si ottiene dal rapporto tra la somma di n numeri e il numero n
- minimo e massimo, cioè il valore minore e maggiore di una serie di dati
- deviazione standard, la misura della dispersione dei dati intorno al valore atteso

**Tab. 7.1** – Elenco delle ditte italiane produttrici di spandiliquami trainati

<b>DITTA</b>	<b>INDIRIZZO</b>	<b>RECAPITI</b>
<i>Bertuola</i>	Via E. Toti, 27 – Castagnole di Paese (TV)	Tel.: 0422/959059 Fax: 0422/496481 E-mail: info@bertuola.com www.bertuola.com
<i>Bicchi</i>	Via G. Chiarini, 53 - Arezzo	Tel.: 0575/903434 Fax: 0575/900976 E-mail: bicchi@bicchi.it www.bicchi.it
<i>Bonsegna</i>	Statale Nardò, Lecce	Tel.: 0833/832321 Fax: 0833/832320 E-mail: info@bonsegna.it www.bonsegna.it
<i>Bossini</i>	Via IV Novembre, 91 – Carpenedolo (BS)	Tel.: 030/969315-9966451 Fax: 030/9965615 E-mail: tecnico@fbbossini.com www.fbbossini.com
<i>Crai</i>	Strada Sacca, 76 – Goito (MN)	Tel.: 0376/605020 Fax: 0376/606455 E-mail: info@crai-srl.com www.crai-srl.com
<i>Crosetto</i>	Via Roma, 126 – Marene (CN)	Tel.: 0172/742118 Fax: 0172/743735 E-mail: www.rimorchicrosetto.com
<i>Feba</i>	Via Piane di Monteverde, 38 – Montegiorgio (AP)	Tel.: 0734/968227 Fax: 0734/964446 E-mail: info@febarimorchi.com www.febarimorchi.com
<i>Grazioli</i>	Via Carpenedolo, 24/A - Loc. Mezzano, Calvisano (BS)	Tel.: 030/9966019-9698860 Fax: 030/9966381 E-mail: info@grazioliremac.it www.grazioliremac.it
<i>Lochmann</i>	Via Merano, 37 – Vilpiano Terlano (BZ)	Tel.: 0471/678630 Fax: 0471/678571 E-mail: info@lochmann-erich.it www.lochmann-erich.it

<b>DITTA</b>	<b>INDIRIZZO</b>	<b>RECAPITI</b>
<i>Mutti Amos</i>	Via dell'industria, 24 – Asola (MN)	Tel.: 0376/710495 Fax: 0376/710798 E-mail: info@muttiamos.it www.muttiamos.it
<i>Pagliari</i>	Via Corriera, 23 - Squarzanella di Viadana (MN)	Tel.: 0375/80122-80420 Fax: 0375/808882 E-mail: info@pagliari.eu www.pagliari.eu
<i>Ravizza</i>	Via Larga, 12 – Calcinate (BG)	Tel.: 035/841138 Fax: 035/841111 E-mail: rimorchiravizza@alice.com www.ravizzarimorchi.com
<i>Rem</i>	Via Pavullese, 1927 – Marano (MO)	Tel.: 059/744040 Fax: 059/793111 E-mail: info@remmacchineagricole.it www.remmacchineagricole.it
<i>Tecnosima</i>	Via del Lavoro, 240 - Isola Rizza (VR)	Tel.: 045/6970121 Fax: 045/6979147 E-mail: info@tecnosima.it www.tecnosima.it
<i>Vaia</i>	Via Brescia, 57 - Calvisano (BS)	Tel.: 030/968018 Fax: 030/9968532 E-mail: vaiasnc@vaiasnc.it www.vaiasnc.it
<i>Valzelli</i>	Via Ferri, 28 – Borgosatollo (BS)	Tel.: 030/2701796 Fax: 030/2502126 E-mail: info@valzelliagricoltura.it www.valzelliagricoltura.it
<i>Vendrame</i>	Via Nerbon, 4 – Silea (TV)	Tel.: 0422/360518 Fax: 0422/360516 E-mail: info@vendrame.it www.vendrame.it
<i>Zaccaria</i>	Via E. Fermi,350 – Montese (MO)	Tel.: 059/981750 Fax: 059/982353 E-mail: info@zaccariarimorchi.com www.zaccariarimorchi.com



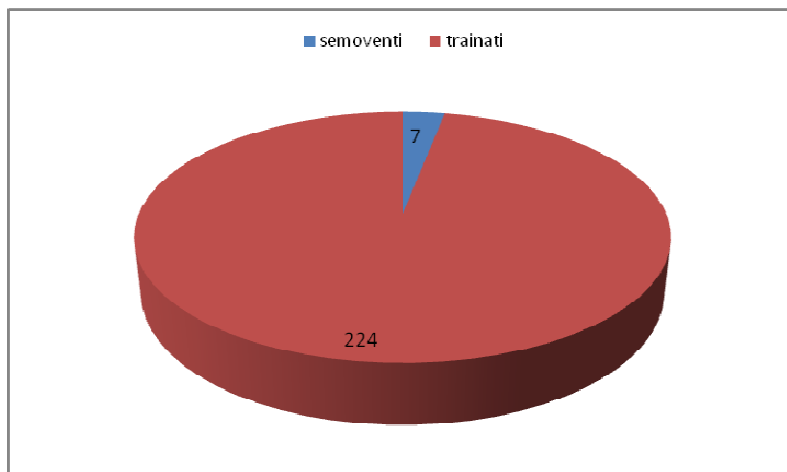
Successivamente sono state prese in considerazione anche le ditte costruttrici (tutte straniere) degli spandilquame semoventi commercializzati in Italia e di seguito elencate nella tab. 7.2.

**Tab. 7.2** – Elenco delle ditte costruttrici di spandilquami semoventi prese in considerazione per l'analisi di mercato

<b>DITTA</b>	<b>SEDE CENTRALE</b>	<b>SEDE ITALIANA</b>
<i>Challenger</i>	AGCO Netherlands B.V. Horsterweg 66a NL-5971 NG Grubbenvorst Paesi Bassi  Tel: +31 (077) 3278400 Fax: +31 (077) 3270202	Agco Italia Spa - Via Provinciale 39 (Loc. S.Quirico) - Trecasali (PR)  Tel. 052 1371910  Fax 052 1371920 www.challenger-ag.com
<i>Claas</i>	CLAAS KGaA mbH Münsterstr. 33 33428 Harsewinkel Germany  Tel. +49 (0)5247-12 0	Via Torino, 9/11 - Vercelli  Tel. +39 0161/29 84 11  Fax.+39 0161/29 47 83 email: info-it@claas.com www.claas.com
<i>Holmer</i>	Regensburger Str. 20 84069 Schierling/Eggmühl  Tel.: +49 (0) 9451 9303-0 Fax: +49 (0) 9451 3370  e-mail: info(at)holmer- maschinenbau.com www.holmer-maschinenbau.com	/
<i>Sgt</i>	An den Pappeln 3 D-39443 Atzendorf  Tel +49(0)39266 941950 Fax +49(0)39266 941951  e-mail cjcseegers@hotmail.com	/

La raccolta del materiale è avvenuta principalmente per consultazione dei siti Internet e del materiale informativo delle aziende, delle riviste di settore (Informatore Agrario) mentre, per quanto riguarda i mezzi semoventi, è stata effettuata anche una visita ad una giornata dimostrativa a Musile di Piave (VE) organizzata da Challenger per vedere i loro mezzi al lavoro.

I modelli trainati analizzati sono stati 224 mentre i semoventi risultano soltanto 7, per un totale di 231 mezzi presenti sul mercato (fig. 7.1).



**Fig 7.1** – Composizione del mercato suddivisa a seconda dei modelli trainati e semoventi

La netta prevalenza dei modelli trainati su quelli semoventi si può giustificare con la tipologia delle aziende agricole italiane, caratterizzate da una ridotta superficie e spesso frammentata in numerosissimi corpi fondiari: per le loro esigenze sono sufficienti dei mezzi di ridotte capacità.

I modelli trainati ad elevata capacità oppure i mezzi semoventi, in netta minoranza rispetto al totale, vengono quasi esclusivamente utilizzati dalle grandi aziende o dalle imprese agromeccaniche; per quanto riguarda queste ultime tipologie di macchine, come già ricordato, la loro diffusione è avvenuta parallelamente alla diffusione massiccia degli impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas negli ultimi anni.

Da notare infine che nessuna azienda propone modelli con accoppiamento al trattore di tipo portato in quanto, probabilmente, si ripercuoterebbe in maniera negativa sulla capacità del serbatoio: un sistema di accoppiamento del genere, per questa tipologia di macchina, presenta notevoli limitazioni per quanto riguarda sia gli ingombri che le masse.

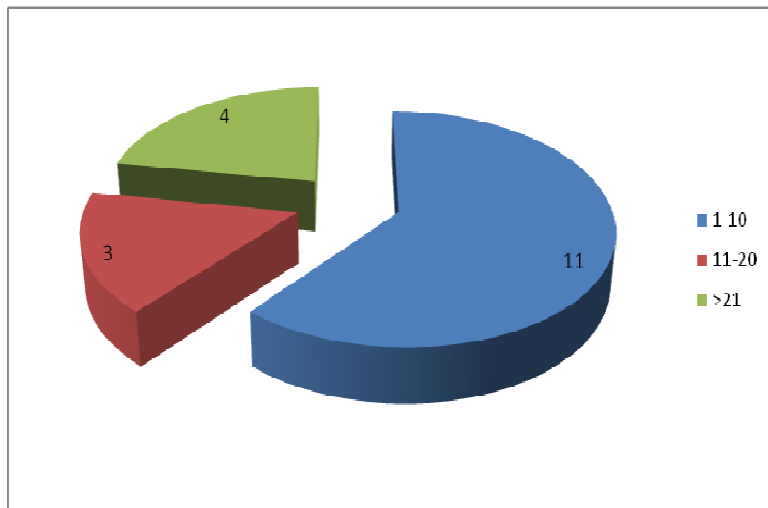
## 6.1 Spandiliquami trainati

Una prima analisi ha voluto prendere in considerazione il numero medio dei modelli messi a disposizione da ogni azienda ed i dati sono stati raccolti nella tab.7.3.

**Tab. 7.3** – Suddivisione delle ditte costruttrici di spandiliquami trainati secondo il numero di modelli

CLASSI PER MODELLI	NUMERO DITTE	PERCENTUALE
1-10	11	61%
11-20	3	17%
>21	4	22%
<b>TOTALE</b>	<b>18</b>	<b>100%</b>

Si evince come, su 18 aziende analizzate, ben 11 producano al massimo 10 modelli, 3 aziende tra gli 11 e i 20 modelli e solo 4 oltre i 20 modelli (fig. 7.2).



**Fig 7.2** –Suddivisione delle aziende prese in considerazione in base al numero di modelli, riportato in legenda.

La ridotta estensione di gamma che caratterizza ben più della metà delle aziende analizzate si può spiegare con il fatto che i modelli standard che escono dalla fabbrica possono essere allestiti in maniera diversa a seconda delle esigenze dell'acquirente. Un esempio è dato dal fatto che in genere i modelli vengono prodotti senza uno specifico sistema di distribuzione, il quale verrà montato su indicazione dell'interessato (sistema di interrimento a 2 o 4 ancore, sistema di aspersione rasoterra, presenza del gettone o meno) e lo stesso vale per le eventuali entrate da posizionare lateralmente nel serbatoio.

Le varianti basate su di uno stesso modello sono quindi molteplici, a tutto vantaggio della possibilità di personalizzazione del mezzo da parte dell'acquirente ma in netto contrasto con i principi di standardizzazione industriale che sottendono alle economie di scala proprie di una produzione di massa. Il basso numero di unità prodotte in un anno caratterizza queste aziende in semi-artigianali e rende quindi il sistema tutto sommato gestibile.

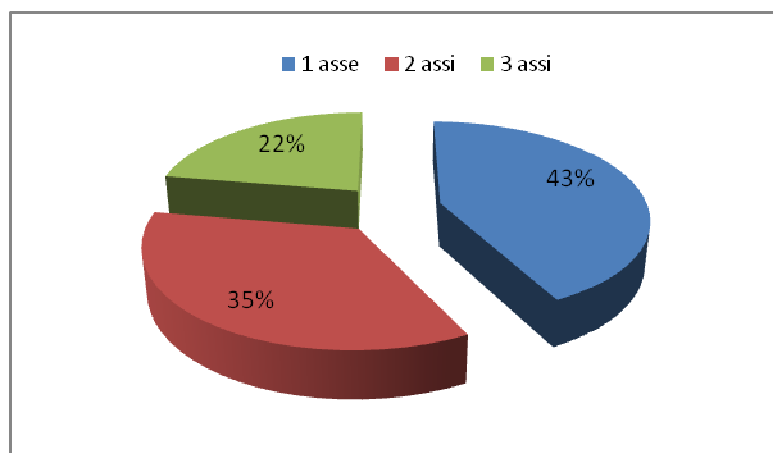
### 6.1.1 Numero di assi

La prima suddivisione del mercato basata su dati tecnici riguarda il numero di assi dei vari modelli (tab.7.4).

**Tab. 7.4** – Suddivisione del mercato degli spandilicame trainati in base al numero di assi

NUMERO ASSI	TOTALE	PERCENTUALE
1	95	43%
2	79	35%
3	50	22%
<b>TOTALE</b>	<b>224</b>	<b>100%</b>

Dall'elaborazione dei dati rappresentati nel fig. 7.3 sui modelli delle ditte considerate è emerso che, sul mercato italiano, prevalgono i modelli ad un asse con un 43%, seguiti da quelli a due e, per ultimi, quelli a tre assi con quote di mercato pari, rispettivamente, al 35% e 22%.



**Fig. 7.3** – Distribuzione dei modelli analizzati a seconda del numero di assi

Questi risultati, indicanti un'offerta tutto sommato equidistribuita sulle tre categorie, sono da considerare alla luce delle dimensioni medie delle aziende agricole italiane.

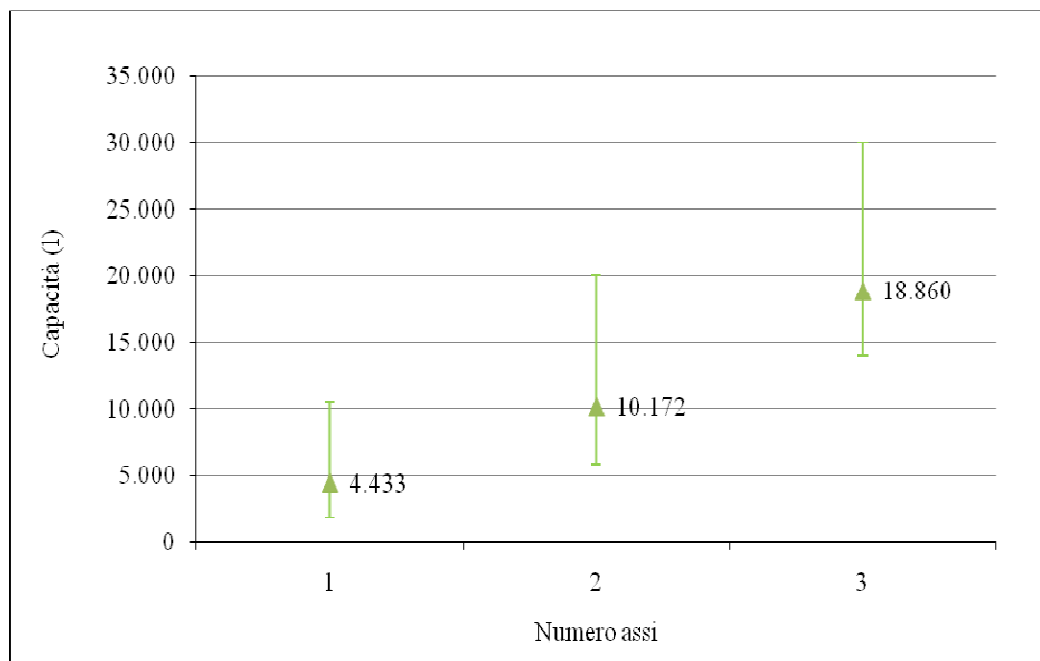
Da una parte è infatti noto a tutti il fenomeno di polverizzazione e frammentazione che le caratterizza e che si ripercuote, di conseguenza, sulla richiesta da parte degli agricoltori di mezzi prevalentemente di piccola taglia.

I modelli di grandezza superiore, invece, sono destinati alle grandi aziende, ma soprattutto ai numerosi operatori agro-meccanici che, avendo una superficie dominata superiore, possono tranquillamente ricorrere a questi macchine (ed eventualmente anche a spandilquame semoventi).

Un altro aspetto analizzato è il rapporto che intercorre tra il numero di assi e la capacità di carico del serbatoio: sono stati calcolati, per tutti i modelli, i valori minimi, massimi e medi delle capacità dei serbatoi in rapporto al numero di assi dello spandilquame (tab. 7.4).

**Tab. 7.4** – Valori minimi, medi e massimi delle capacità dei modelli analizzati rispetto al numero di assi

NUMERO ASSI	1	2	3
CAPACITA' MIN (ℓ)	1 790	5 840	14 000
CAPACITA' MEDIA (ℓ)	4 433	10 172	18 860
CAPACITA' MAX (ℓ)	10 500	20 000	30 000



**Fig 7.4** – Andamento dei valori minimi, medi e massimi suddivisi in base al numero degli assi relativi alla capacità del serbatoio

La fig. 7.4 evidenzia una correlazione lineare tra capacità del serbatoio (e quindi massa a pieno carico al netto della struttura) e numero di assi, andando incontro alla regola di buona progettazione che consiste nel limitare la massa gravante su ciascun appoggio (in questo caso su ciascuna ruota). Tale regola progettuale ha interessanti ripercussioni anche dal punto di vista agronomico (contenimento della pressione al suolo), trattandosi di mezzi che transiteranno sul terreno agrario e quindi è da ritenersi assolutamente virtuosa una sua adozione anche futura.

Dal grafico si può inoltre notare che per quanto riguarda i valori minimi, al di sotto dei 5840 l, e massimi, oltre i 20000 l, non ci sono possibilità di scelta al di fuori dei modelli a 1 o 3 assi rispettivamente. Per quanto riguarda i valori intermedi, ci sono più possibilità di scelta tra un diverso numero di assi, a parità di capacità di carico, lasciando quindi all'acquirente libertà di scelta a seconda delle proprie esigenze, del trattore che utilizza per lo spargimento del liquame, della tessitura dei terreni che destina all'aspersione e alle capacità economiche. Sicuramente, a parità di capacità, è meglio preferire modelli con il maggior numero di assi in modo da aumentare la superficie di appoggio al terreno e quindi ridurre il più possibile il calpestamento del terreno.

Oltre a quanto già detto è bene, all'atto della scelta della macchina da acquistare, consultare anche il Codice della strada per capire se ci sono problemi per la circolazione. Infatti, come

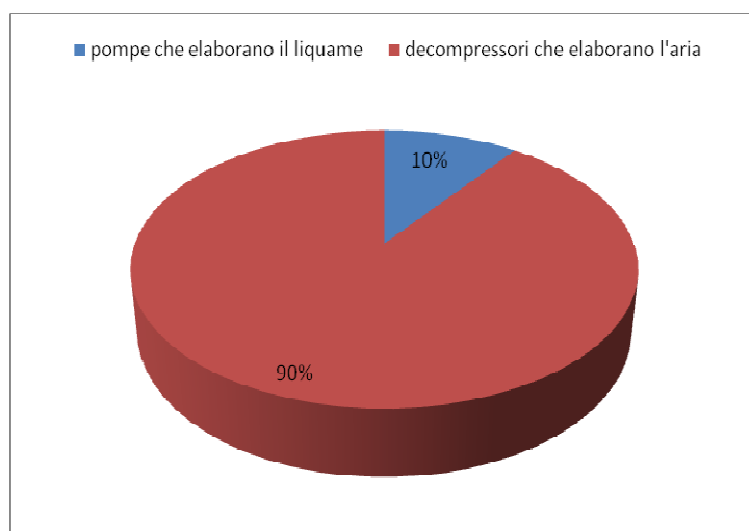
riportato nel paragrafo 5.10, i limiti di massa massimi a pieno carico risultano di 6 t per i modelli a 1 asse, 14 t o 11 t per quelli a 2 assi con interasse rispettivamente minore o maggiore di 1,2 m e 20 t per i 3 assi: risulta così evidente che ci sono mezzi che non sono in regola per quanto riguarda la marcia su strada e può succedere che l'acquirente non sia a conoscenza di tutto ciò.

### 6.1.2 Tipologia di pompa

La suddivisione dei modelli sul mercato in base al fluido elaborato dalla pompa (tab. 7.5 e fig. 7.5) mette in evidenza che nei mezzi trainati c'è una netta prevalenza del decompressore che risulta installato di serie sul 90% dei modelli considerati.

**Tab. 7.5** – Tipologia di pompa installata nei vari modelli analizzati

TIPOLOGIA POMPA	TOTALE	PERCENTUALE
POMPA CHE ELABORA IL LIQUAME	23	10%
DECOMPRESSORE CHE ELABORA ARIA	201	90%
<b>TOTALE</b>	<b>224</b>	<b>100%</b>



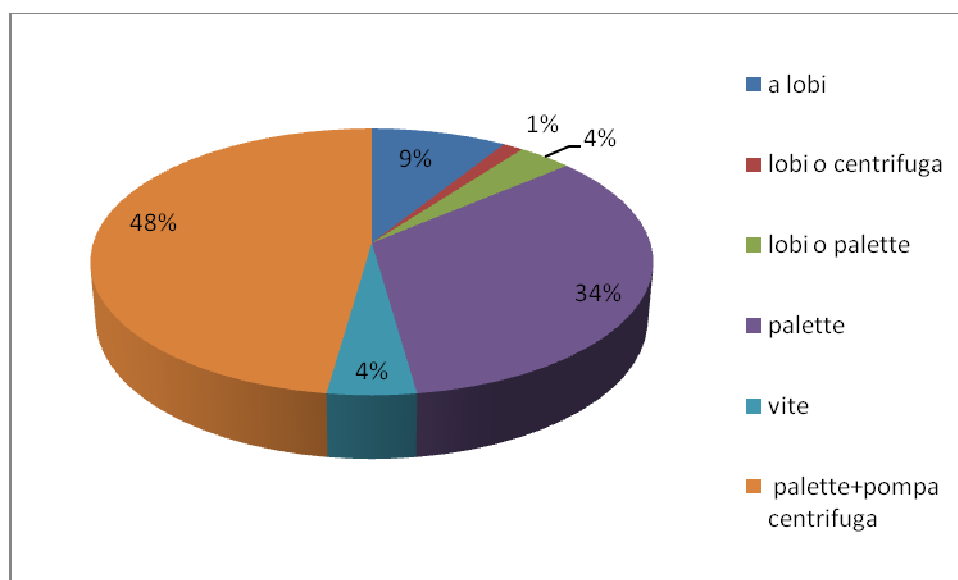
**Fig 7.5** – Elaborazione riguardante la tipologia di pompa montata sugli spandiliquame trainati.

Questi valori dovrebbero coincidere con i valori relativi alla tipologia di serbatoio analizzato in quanto ai decompressori corrispondono modelli con serbatoio in pressione mentre alle pompe corrispondono mezzi aventi il serbatoio a pressione ambiente.

Andando più in dettaglio, le divisioni appena descritte si possono ulteriormente suddividere a seconda della tipologia di pompa utilizzata. (tab. 7.6 e fig 7.6)

**Tab. 7.6** – Suddivisione delle pompe in base alla tipologia

FLUIDO ELABORATO	TIPOLOGIA	NUMERO	PERCENTUALE
liquame	a lobi	20	9%
	lobi o centrifuga	3	1%
aria	lobi o palette	8	4%
	palette	76	34%
	vite	10	4%
	palette+pompa centrifuga <sup>7</sup>	107	48%
<b>TOTALE</b>		<b>224</b>	<b>100%</b>



**Fig. 7.6** – Suddivisione dei modelli di pompa utilizzati nei mezzi trainati a seconda della tipologia

Come si può notare esistono tipologie di pompe come quelle a lobi che possono essere utilizzate sia per l'elaborazione dell'aria, sia per l'elaborazione del liquame, per cui si possono montare sia su mezzi con serbatoio in pressione che su mezzi con serbatoio atmosferico.

<sup>7</sup> Per quanto riguarda la tipologia delle pompe principali per l'aria, ove sia presente il gruppo di depressione a 2 unità, il dato è stato ricavato dall'osservazione delle fotografie presenti nei siti. In tali foto era chiaramente riconoscibile il depressore mod. Garda o Ledra della ditta Battioni e Pagani, tutti del tipo a palette



Altre tipologie, tipo quelle a vite o quelle a palette, vengono utilizzate solo per elaborare liquame e possono essere abbinate (quelle a palette) a pompe centrifughe qualora il mezzo disponga del gettone per l'aspersione del liquame.

### **6.1.3 Materiale per il serbatoio**

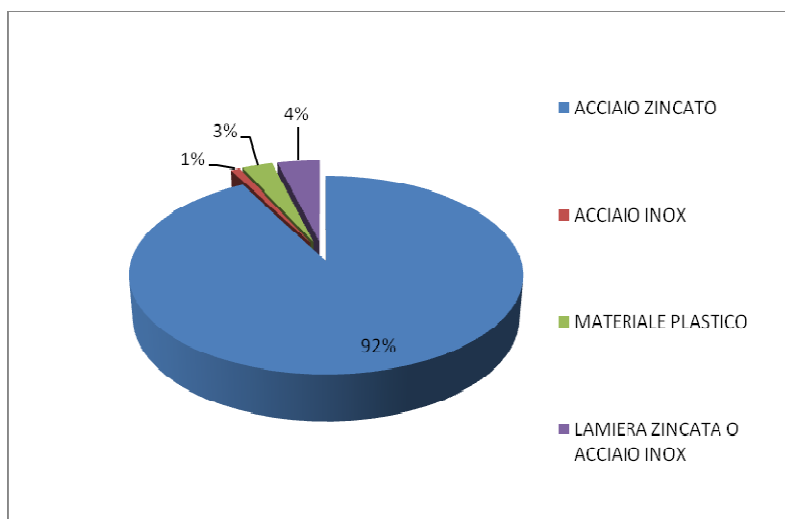
Un altro dato su cui si è soffermata l'analisi degli spandiliquame trainati riguarda il materiale con cui è prodotto il serbatoio: come si può osservare dalla tab. 7.7 e dalla fig. 7. 7, la quasi totalità dei serbatoi sono prodotti in acciaio zincato (92%), seguito dall'acciaio inox e dai materiali plastici con percentuali (irrisorie sul totale) dell'1% e del 3% rispettivamente. Questa netta preponderanza dell'acciaio zincato è dovuta all'ottimo rapporto tra resistenza e prezzo di acquisto a differenza, per esempio, dell'acciaio inox che sicuramente per quanto riguarda la capacità di resistere alla corrosione è migliore (tanto è vero che non necessita della zincatura), ma vanta un prezzo di acquisto molto elevato e non paragonabile a quello degli altri materiali<sup>8</sup>.

**Tab. 7.7** – Ripartizione dei modelli proposti dal mercato rispetto al materiale di fabbricazione del serbatoio

<b>MARCA</b>	<b>TOTALE</b>	<b>PERCENTUALE</b>
ACCIAIO ZINCATO	206	92%
ACCIAIO INOX	2	1%
MATERIALE PLASTICO	7	3%
LAMIERA ZINCATA O ACCIAIO INOX	9	4%
<b>TOTALE</b>	<b>224</b>	<b>100%</b>

---

<sup>8</sup> Al fine di rendersi conto dell'ordine di grandezza di prezzo dei vari materiali ferrosi, il costo di 1 kg di acciaio zincato al compratore finale è circa di 1.5-2 € (1€ per il materiale e 0.5-1 € per la zincatura), l'acciaio inossidabile costa invece circa 3-8 €/kg.



**Fig 7.7** – Ripartizione percentuale del mercato rispetto al materiale di fabbricazione del serbatoio

I serbatoi in materiale plastico sono contraddistinti da una maggiore leggerezza rispetto a quelli in acciaio (anche considerando gli spessori superiori che devono essere adottati nel caso del materiale plastico), per cui si riesce a ridurre in maniera considerevole le tare dei mezzi e, conseguentemente, gli effetti negativi dell'eccessivo costipamento del terreno causato dal passaggio delle macchine.

#### **6.1.4 Tipologia di serbatoio**

I serbatoi si possono distinguere in serbatoi in pressione e serbatoi atmosferici (o a pressione atmosferica): i dati relativi a questo parametro sono stati raccolti nella tab.7.8.

**Tab, 7.8** – Tipologia di serbatoio montata negli spandiliquami

SERBATOIO	NUMERO	PERCENTUALE SUL NUMERO DEI MODELLI INDICATI
A pressione atmosferica	23	10%
In pressione	201	90%
<b>TOTALE MODELLI</b>	<b>224</b>	<b>100%</b>

Dalla tabella risulta che sul 90% degli spandiliquami vengono montati serbatoi in pressione e per il restante 10% serbatoi atmosferici (fig 7.8).



**Fig 7.8** – Ripartizione di alcuni modelli rispetto alla tipologia di serbatoio montato

Come premesso nel paragrafo 7.1.2 relativo alla tipologia di pompa utilizzata sugli mezzi spandiliquame, le ripartizioni dei modelli in base alla tipologia di serbatoio coincidono esattamente con quelle relative alla tipologia di pompa, proprio perché le due caratteristiche sono inscindibili.

Il fatto che i serbatoi in pressione siano i più utilizzati è in contrasto con il fatto che sono anche i più complicati da costruire: infatti necessitano di materiali più resistenti e grossolani, sono soggetti ad omologazione e mettono in forte sollecitazione l'intera struttura quando la pompa è in lavoro; inoltre l'utilizzo dei serbatoi a pressione atmosferica incidono in misura minore sulla tara del mezzo creando meno problemi per la circolazione stradale e il compattamento del terreno nella fase di spandimento. La ragione per una loro diffusione è sicuramente da ricercarsi nei minori tempi di carico e scarico della cisterna, nonché per il fatto che i decompressori che elaborano aria presentano minor rischio di usura e di intasamento in quanto non entrano mai in contatto con il liquame.

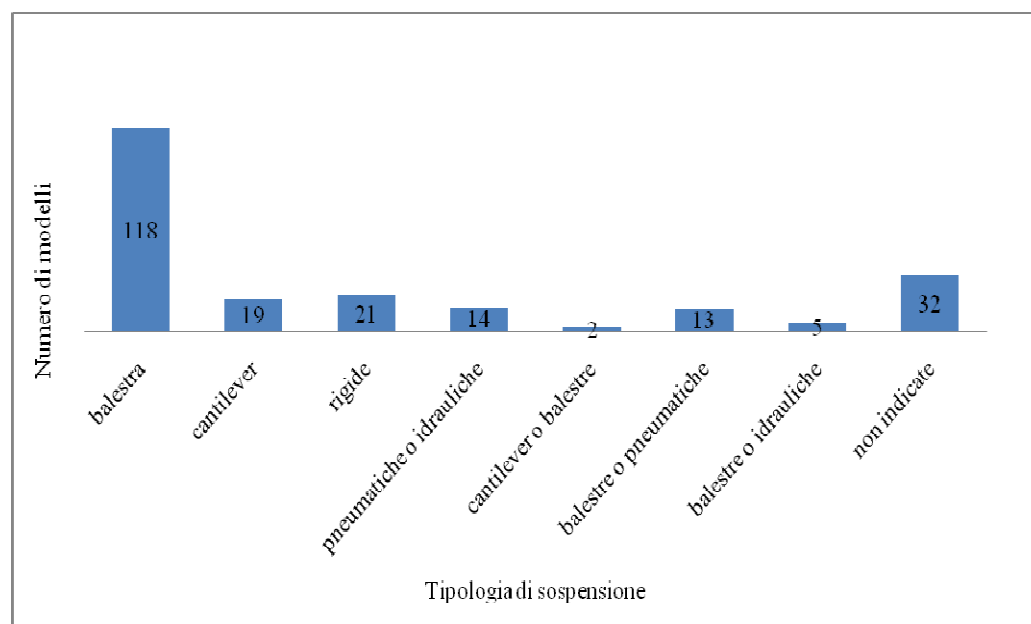
Analizzando i dati relativi ai serbatoi, infine, è emerso che solamente la ditta Pagliari Aldo & C s.n.c. fornisce di serie i modelli a pressione atmosferica con sezione policentrica.

### **6.1.5 Tipologia di sospensioni**

Per quanto riguarda i modelli trainati, l'analisi si è soffermata anche sulla tipologia di sospensioni montate dalle varie ditte interessate (tab. 7.9).

**Tab. 7.9** – Suddivisione dei vari modelli in base alla tipologia di sospensione montata

<b>TIPOLOGIA</b>	<b>NUMERO</b>	<b>PERCENTUALE</b>
Balestra	118	53%
Cantilever	19	9 %
Rigide	21	9 %
Pneumatiche o idrauliche	14	6 %
Cantilever o balestre	2	1 %
Balestre o pneumatiche	13	6 %
Balestre o idrauliche	5	2 %
Non indicate	32	14 %
<b>TOTALE</b>	<b>224</b>	<b>100 %</b>

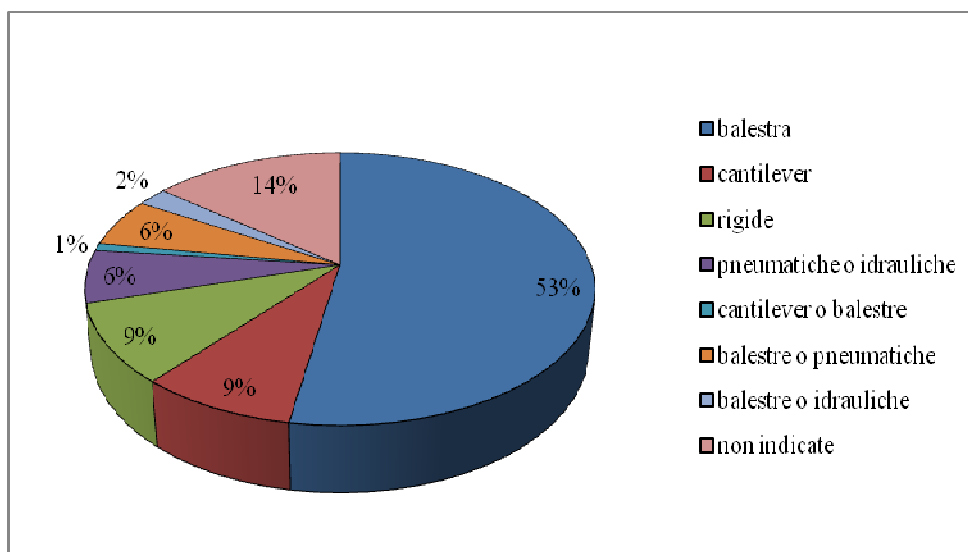


**Fig. 7.9** – Suddivisione dei modelli analizzati in base al tipo di sospensione.

La tipologia di sospensione più diffusa è quella a balestra (fig. 7.9 e 7.10), montata su 118 modelli, pari al 53% di quelli analizzati, seguite dalle sospensioni a cantilever (9 %) e da quelle rigide (9 %).

Le sospensioni rigide in genere sono montate sui mezzi più semplici e di ridotta capacità del serbatoio, mentre quelle pneumatiche o idrauliche sono montate sui modelli con capacità maggiore in genere più sofisticati.

Da notare che il restante 29 % riguarda categorie dove la proposta del costruttore è doppia o, addirittura, non viene specificata: c'è quindi chi lascia la possibilità di scelta (tecnica e economica) all'acquirente, soprattutto nei modelli più grandi.



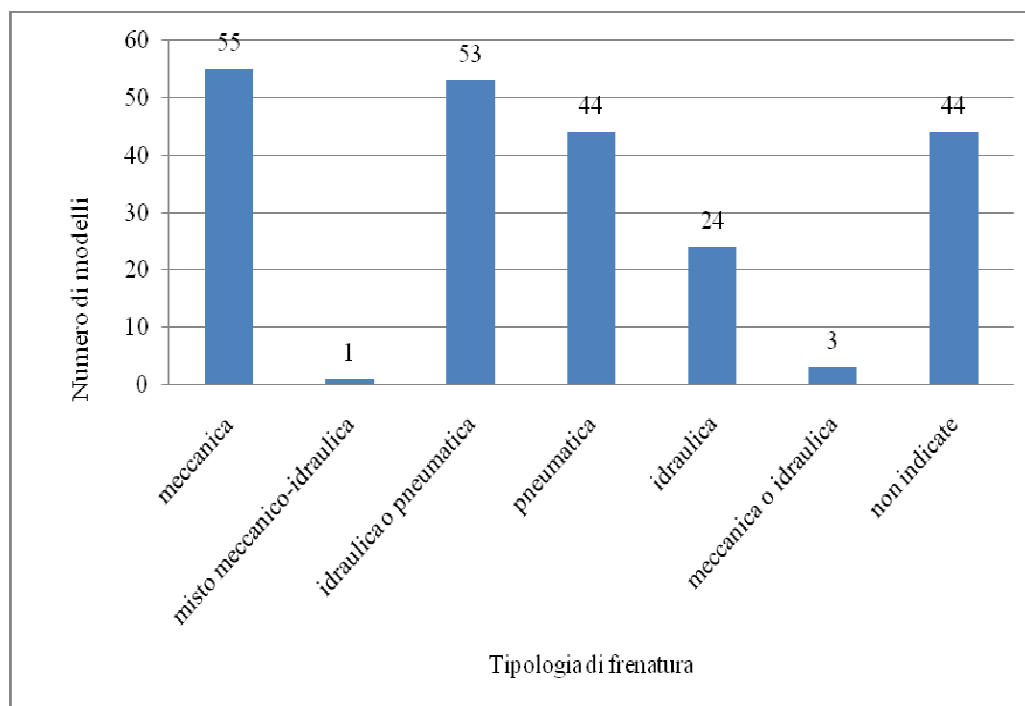
**Fig 7.10** – Ripartizione percentuale dei modelli analizzati secondo la tipologia di sospensione montata.

### 6.1.6 Tipologia di impianto frenante

Un ulteriore parametro analizzato è la tipologia di freni montati sui vari carribotte (tab. 7.10); le analisi effettuate hanno dato origine alle seguenti fig. 7.11 e 7.12.

**Tab. 7.10** – Tipi di impianto frenante proposto sul mercato degli spandilquami trainati

TIPO	TOTALE	PERCENTUALE
Meccanica	55	24.55%
Misto meccanico-idraulica	1	0.45%
Idraulica o pneumatica	53	23.66%
Pneumatica	44	19.64%
Idraulica	24	10.71%
Meccanica o idraulica	3	1.34%
Non indicate	44	19.64%
<b>TOTALE</b>	<b>224</b>	<b>100.00%</b>



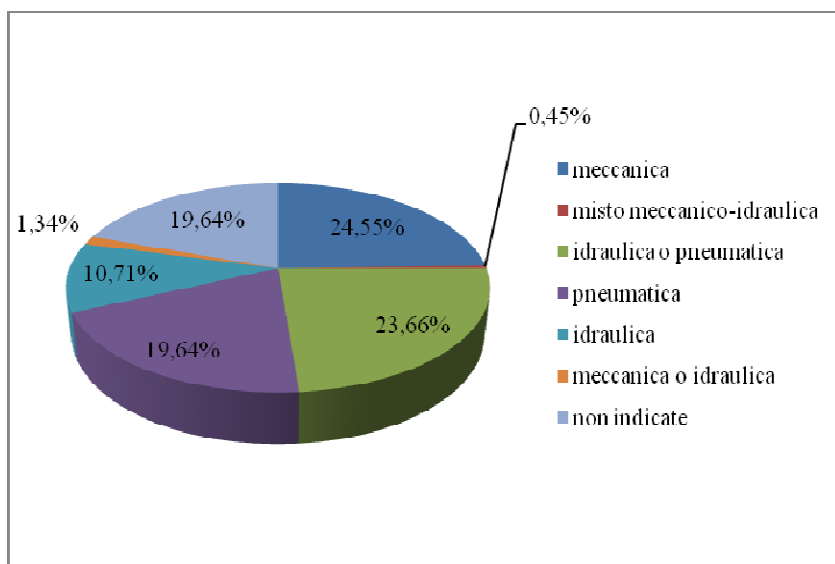
**Fig 7.11** – Numero di modelli in base al tipo di frenatura installata

La situazione che è emersa risulta molto variegata: la frenatura meccanica copre il 24.55% con 55 modelli soprattutto delle gamme medio - piccole, dove le masse risultano ancora contenute; le tipologie di frenatura pneumatiche ed idrauliche, per contro, sono impiegate di serie nei mezzi con taglia elevata in quanto devono garantire un'adeguata frenatura dato l'elevata massa che caratterizza tali modelli e coprono rispettivamente il 19.64% e il 10.71%. La loro scarsa diffusione si spiega con il fatto che sono montate prevalentemente sui modelli a 2 o 3 assi che, come si è visto in precedenza, sono meno diffusi rispetto ai modelli ad 1 asse.

La frenatura mista meccanico – idraulica consiste in un sistema di frenatura che viene azionato dal trattore tramite una leva a mano, la quale agisce su una pompetta che da olio ai pistoni per azionare il freno sulle ruote (omologato per la circolazione su strada).

Talvolta, il sistema viene modificato, in modo tale che l'azionamento dal trattore sia fatto dal distributore idraulico tramite attacco rapido, anzichè dalla leva manuale, e c'è un collegamento diretto con i pistoni delle ruote.

Al pari di quanto rilevato per le sospensioni, anche per il tipo di frenatura alcune ditte non forniscono informazioni (19,64%, pari a 44 modelli) oppure dichiarano due opzioni possibili: quest'ultimo fenomeno avviene soprattutto tra le tipologie idrauliche e pneumatiche, che si possono considerare quasi intercambiabili tra loro per quanto riguarda l'effetto finale della frenatura.



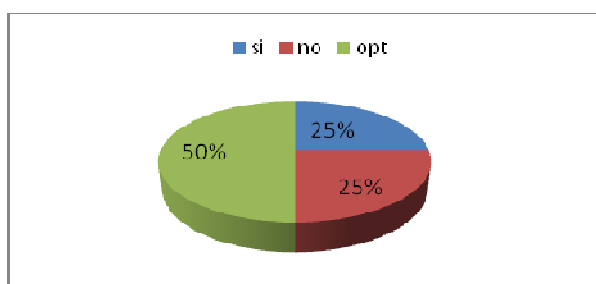
**Fig 7.12** – Ripartizione percentuale dei modelli proposti dal mercato relativi al tipo di impianto frenante montato.

### 6.1.7 Sistema di agitazione del liquame sul serbatoio

Sempre facendo uso dei dati raccolti dall'Informatore Agrario, sono stati analizzati i dati relativi alla presenza dei sistemi di agitazione interni al serbatoio e sono state prodotte la tab. 7.11 e la fig. 7.13.

**Tab. 7.11** – Sistemi di agitazione.

AGITATORE	BERTUOLA	BICCHI	GRAZIOLI	LONCHMANN	MUTTI AMOS	TOTALE	PERCENTUALE
si				11		11	25%
no	3	8				11	25%
opt		2	8		12	22	50%
<b>TOTALE</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>



**Fig 7.13** – Ripartizione dei modelli rispetto alla presenza o meno del sistema di agitazione

Solo il 25% dei modelli esaminati presenta il sistema di agitazione di serie, un altro 25% non lo prevede e per il restante 50% risulta un accessorio optional: come per altri parametri precedentemente analizzati, anche qui prevale la linea di lasciare la scelta all'acquirente finale sulla presenza o meno di questo dispositivo, in base alle proprie specifiche esigenze.

### 6.1.8 Prezzi di listino

Come ultima analisi sono stati considerati i prezzi di listino dei 44 modelli proposti dall'Informatore agrario: da questi valori sono stati successivamente calcolati i prezzi unitari relativi al numero di assi e alla capacità; i dati sono stati raccolti nella seguente tab. 7.12.

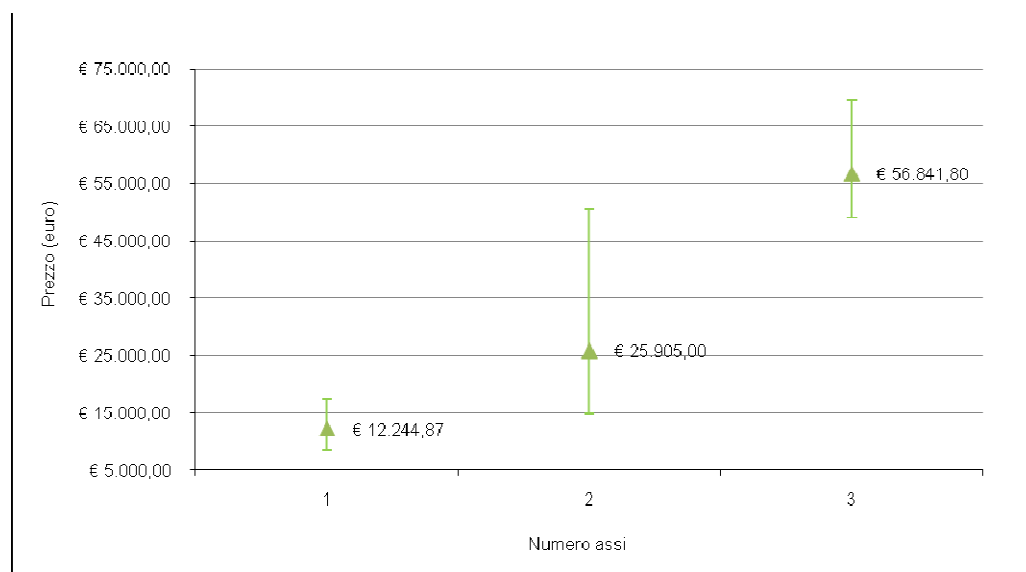
Tab. 7.12 – Prezzi di listino

MARCA	MOD.	CAPACITÀ (ℓ)	TAR A (kg)	ASSI	MATERIA LE	PREZZO (€)	PREZZO/A SSE (euro/asse)	PREZZO/CAP ACITÀ (euro/ ℓ)
BERTUOLA	FB ESL 200	18.000	4.000	3	Materiale plastico	€ 64.750,00	€ 21.583,33	€ 3,60
	FB ESL 140	12.500	2.800	2		€ 50.500,00	€ 25.250,00	€ 4,04
	FB ESL 250	20.000	4.160	3		€ 69.500,00	€ 23.166,67	€ 3,48
GRAZIOLI	EUROP A 120	8.000	4.000	2	zincatura	€ 27.769,00	€ 13.884,50	€ 3,47
	EUROP A 140	10.000	4.500	2		€ 29.059,00	€ 14.529,50	€ 2,91
	EUROP A 200	14.000	6.500	3		€ 49.154,00	€ 16.384,67	€ 3,51
	GRANG ET 40	4.000	2.000	1		€ 15.030,00	€ 15.030,00	€ 3,76
	GRANG ET 50	5.000	2.000	1		€ 17.360,00	€ 17.360,00	€ 3,47
	RMB 50	4.800	1.700	1		€ 13.128,00	€ 13.128,00	€ 2,74
	RMB30	3.000	1.300	1		€ 9.831,00	€ 9.831,00	€ 3,28
	RMB40	4.000	1.600	1		€ 10.919,00	€ 10.919,00	€ 2,73
BICCHI	BEL 120 B H	8.000	3.450	2	zincatura	€ 31.500,00	€ 15.750,00	€ 3,94
	BEL 120 B P	8.000	3.450	2		€ 30.360,00	€ 15.180,00	€ 3,80



MARCA	MOD.	CAPACITÀ (ℓ)	TAR A (kg)	ASSI	MATERIA LE	PREZZO (€)	PREZZO/ASSE (euro/asse)	PREZZO/CAPACITÀ (euro/ ℓ)
	CB30 V	3.000	950	1	Materiale plastico	€ 9.100,00	€ 9.100,00	€ 3,03
	CB 30 Z	3.000	950	1	zincatura	€ 11.300,00	€ 11.300,00	€ 3,77
	CB 50 V	5.000	1.600	1	Materiale plastico	€ 12.200,00	€ 12.200,00	€ 2,44
	CB 50 Z	5.000	1.600	1	zincatura	€ 14.880,00	€ 14.880,00	€ 2,98
	CB 30/MP.Z	3.400	950	1		€ 12.700,00	€ 12.700,00	€ 3,74
	CB 50 LDV	4.600	1.600	1	Materiale plastico	€ 10.800,00	€ 10.800,00	€ 2,35
	CB 30/MP.V	3.400	950	1		€ 10.500,00	€ 10.500,00	€ 3,09
	CB 50 LDZ	4.600	1.600	1	zincatura	€ 13.480,00	€ 13.480,00	€ 2,93
LOCHMANN	CP 20 GARDA	2.000	850	1		€ 8.310,00	€ 8.310,00	€ 4,16
CP 30 GARDA	3.000	960	1	€ 8.960,00		€ 8.960,00	€ 2,99	
RC 20 GARDA	2.000	1.110	1	€ 8.530,00		€ 8.530,00	€ 4,27	
RC 30 GARDA	3.000	1.210	1	€ 9.290,00		€ 9.290,00	€ 3,10	
RC 40 GARDA	4.000	1.380	1	€ 10.100,00		€ 10.100,00	€ 2,53	
RC 50 GARDA	5.000	1.500	1	€ 11.060,00		€ 11.060,00	€ 2,21	
RC 60T GARDA	6.000	2.310	2	€ 14.810,00		€ 7.405,00	€ 2,47	
RC 70T GARDA	7.000	2.420	2	€ 15.750,00		€ 7.875,00	€ 2,25	
RC 80T GARDA	8.000	2.600	2	€ 17.070,00		€ 8.535,00	€ 2,13	
RC 110T GARDA	11.000	3.200	2	€ 19.110,00	€ 9.555,00	€ 1,74		
RC 120T GARDA	12.000	3.300	2	€ 19.970,00	€ 9.985,00	€ 1,66		
MUTTI AMOS	M/200	15.500	6.100	3	€ 49.080,00	€ 16.360,00	€ 3,17	
	M/200 FI	15.500	6.100	3	€ 51.725,00	€ 17.241,67	€ 3,34	
	M/140 OMOL.	10.850	4.200	2	€ 34.149,00	€ 17.074,50	€ 3,15	

MARCA	MOD.	CAPACITÀ (ℓ)	TAR A (kg)	ASSI	MATERIA LE	PREZZO (€)	PREZZO/ASSE (euro/asse)	PREZZO/CAPACITÀ (euro/ ℓ)
	M/40 OMOL.	2.900	1.150	1		€ 11.357,00	€ 11.357,00	€ 3,92
	M/50 OMOL.	3.900	1.400	1		€ 12.902,00	€ 12.902,00	€ 3,31
	M/60 OMOL.	4.900	1.400	1		€ 16.027,00	€ 16.027,00	€ 3,27
	M/100 OMOL.	7.200	3.600	2		€ 24.845,00	€ 12.422,50	€ 3,45
	MB/80	8.000	2.800	2		€ 22.933,00	€ 11.466,50	€ 2,87
	MB/100	10.000	2.800	2		€ 24.845,00	€ 12.422,50	€ 2,48
	MB/40	4.000	1.250	1		€ 11.282,00	€ 11.282,00	€ 2,82
	MB/50	5.000	1.500	1		€ 13.746,00	€ 13.746,00	€ 2,75
	MB/60	6.000	2.500	1		€ 16.110,00	€ 16.110,00	€ 2,69



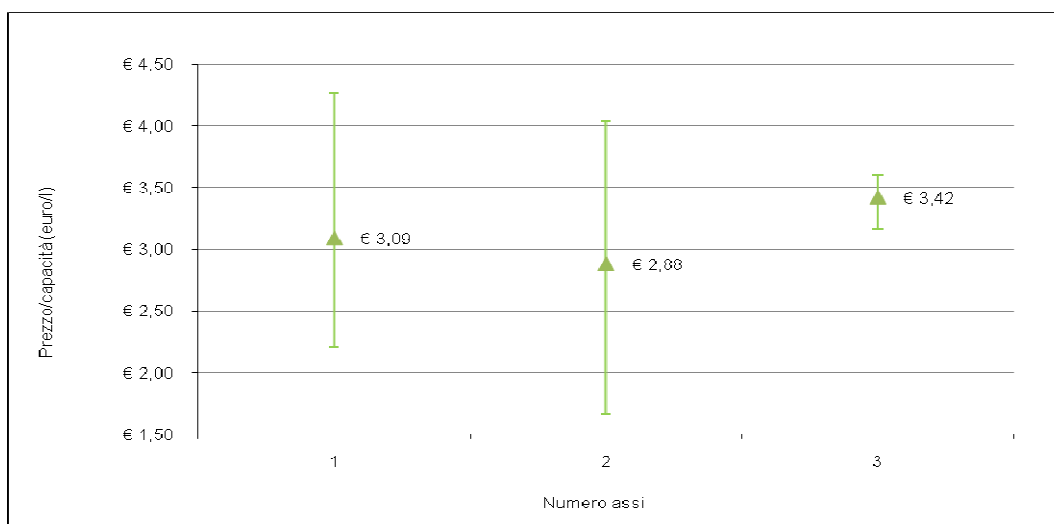
**Fig 7.14** – Valori minimi, medi e massimi dei prezzi di listino dei modelli suddivisi per numero di assi

Come si evince dalla figura 7.14 il range di prezzi relativi ai mezzi ad un asse è molto ridotto data la semplicità e uniformità costruttiva che caratterizza i modelli, mentre per quanto riguarda i mezzi a due e tre assi lo scostamento dalla media dei valori minimi e massimi è molto maggiore: questo è dovuto al fatto che i suddetti modelli presentano una complessità

costruttiva maggiore ed una più ampia scelta nei vari sistemi che la caratterizzano (sistemi di distribuzione, materiale del serbatoio, pompa).

Dalla fig. 7.15 relativa al rapporto prezzo/capacità si può notare che lo scostamento dalla media dei valori minimi e massimi sono molto maggiori nei mezzi ad 1 e 2 assi rispetto ai modelli a 3 assi il cui valore massimo risulta inferiore a quelli massimi per i mono e biassi

I range di prezzo sono comunque allineati ad avere un prezzo unitario (€/l) sostanzialmente costante per tutte e tre queste configurazioni e pari a circa 3,4 €/l. Questi dati confermano che all'atto dell'acquisto è bene non soffermarsi solo sul prezzo finale che propone il costruttore, ma è necessario cercare di capire quali sono i costi effettivi che si vanno a sostenere: a parità di capacità non è detto sia sempre più economico un modello a 2 assi.

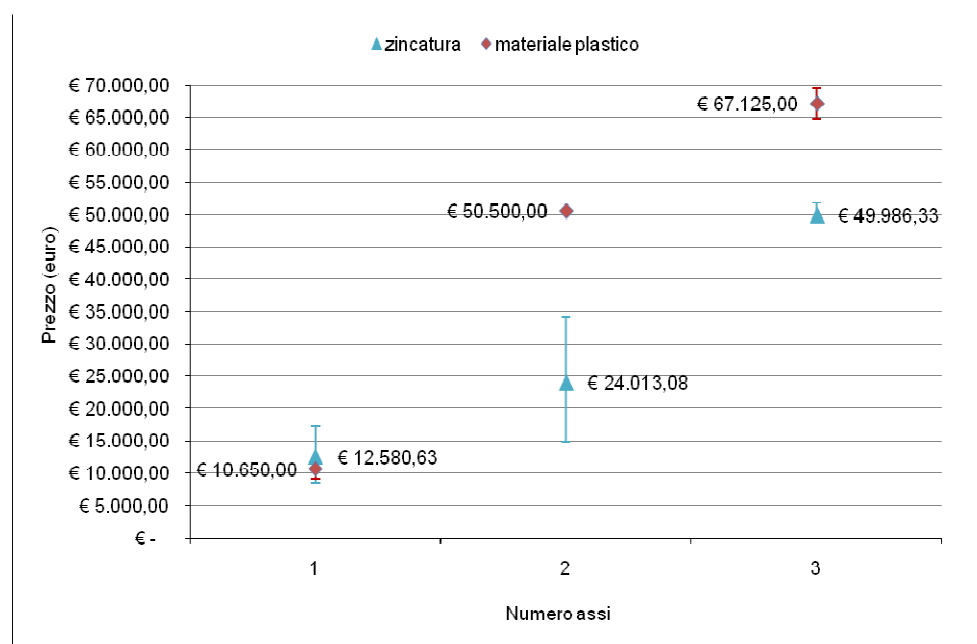


**Fig. 7.15** – Valori minimi, medi e massimi relativi al rapporto tra il prezzo e la capacità del serbatoio in base al numero di assi

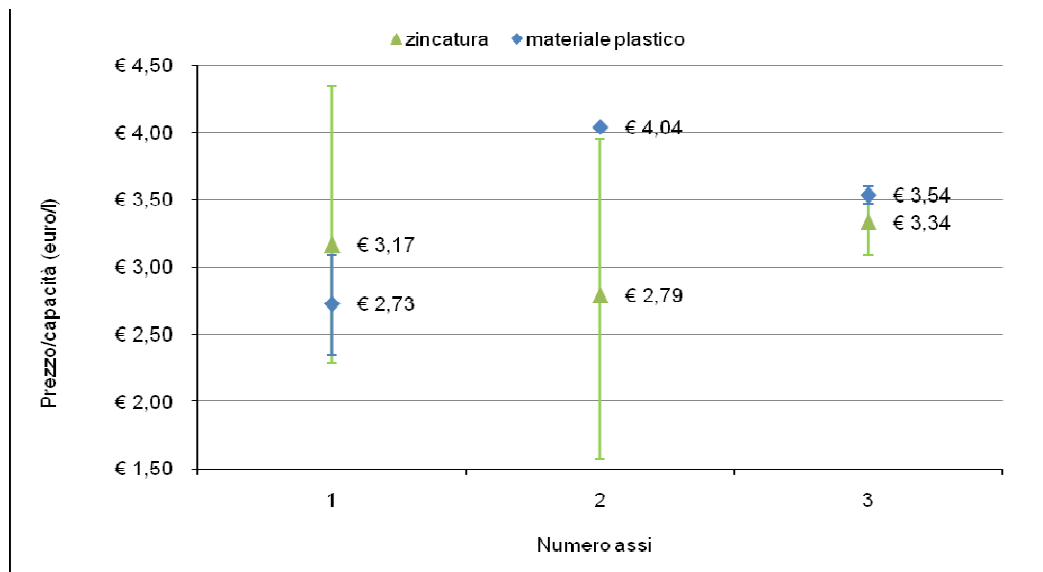
Risulta interessante anche distinguere il valore del prezzo di listino (€) e unitario (€/l) in base al materiale di fabbricazione del serbatoio (tab. 7.13, fig. 7.16 e 7.17).

**Tab. 7.13** – Prezzi di listino e unitari minimi, medi e massimi raggruppati per numero di assi.

CARATTERISTICHE		PREZZO LISTINO			PREZZO/CAPACITÀ		
NUMERO ASSI	MATERIALE	MINIMO	MEDIO	MASSIMO	MINIMO	MEDIO	MASSIMO
1	zincatura	€ 8.530,00	€ 12.580,63	€ 17.360,00	€ 2,21	€ 3,17	€ 4,27
	resina sintetica	€ 9.100,00	€ 10.650,00	€ 12.200,00	€ 2,35	€ 2,73	€ 3,09
2	poliestere	€ 50.500,00	€ 50.500,00	€ 50.500,00	€ 4,04	€ 4,04	€ 4,04
	zincatura	€ 14.810,00	€ 24.013,08	€ 34.149,00	€ 1,66	€ 2,79	€ 3,94
3	poliestere	€ 64.750,00	€ 67.125,00	€ 69.500,00	€ 3,48	€ 3,54	€ 3,60
	zincatura	€ 49.080,00	€ 49.986,33	€ 51.725,00	€ 3,17	€ 3,34	€ 3,51



**Fig. 7.16** – Andamento dei prezzi suddivisi per numero di assi e materiale del serbatoio

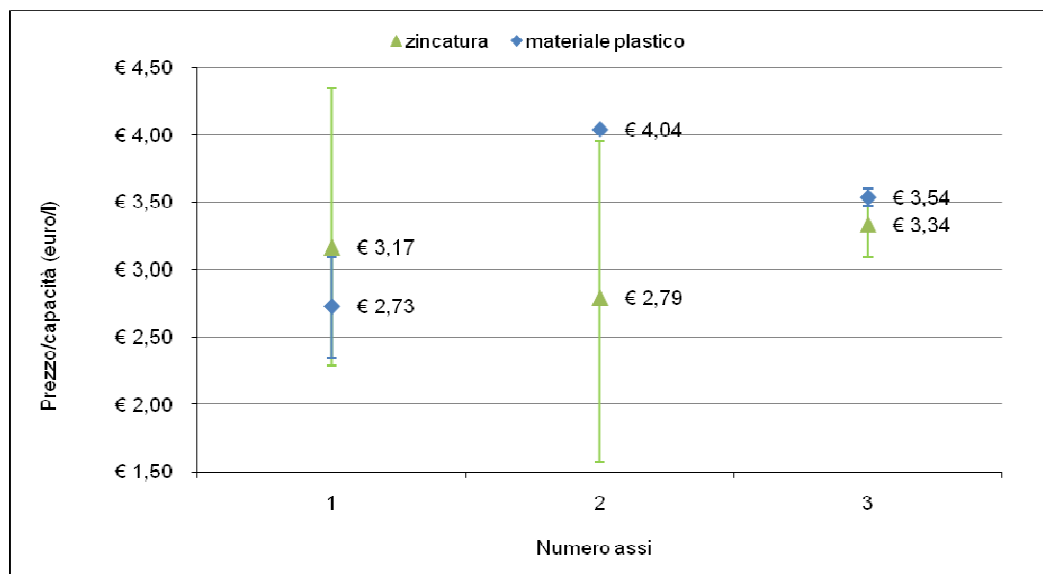


**Fig. 7.17** – Rappresentazione dei prezzi unitari rispetto alla capacità suddivisi in base al numero di assi e al materiale di produzione del serbatoio

Come si può vedere dai grafici, i modelli a due e tre assali con serbatoio in materiale plastico risultano più costosi rispetto ai corrispettivi modelli con serbatoio in materiale zincato.

Se, invece, analizziamo il prezzo unitario calcolato rapportando il prezzo di listino alla capacità del serbatoio otteniamo che (fig. 7.18):

- nei modelli a tre assi il costo unitario dei mezzi con serbatoio in plastica risulta di pochi centesimi superiore rispetto a quelli zincati
- nei modelli a 2 assi il costo unitario del mezzo con serbatoio in plastica è molto maggiore rispetto ai modelli con serbatoio zincato
- nei modelli ad 1 asse risultano più economici i modelli con serbatoio in materiale plastico, comunque sempre per pochi centesimi



**Fig. 7.18** – Rappresentazione dei prezzi unitari rispetto alla capacità suddivisi in base al numero di assi e al materiale di produzione del serbatoio

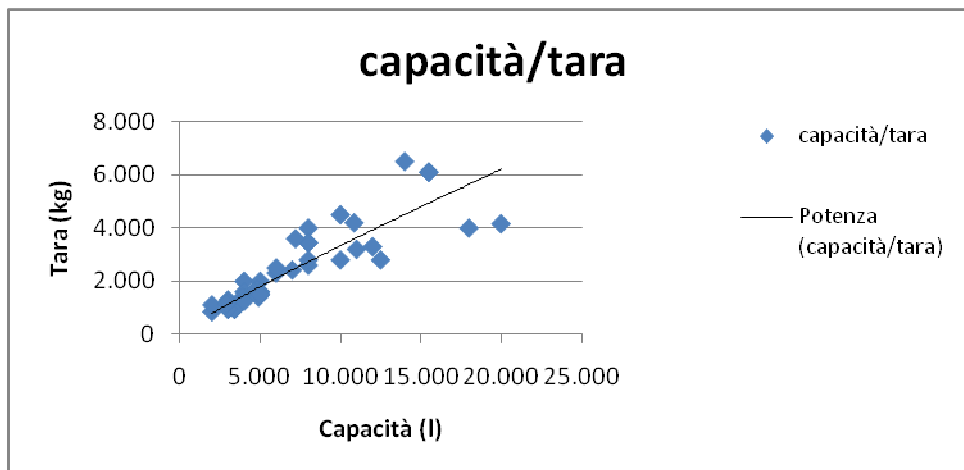
### 6.1.9 Analisi delle masse

Analizzando i dati forniti dall'Informatore Agrario in merito alle ditte costruttrici di spandilquame, si sono messe in relazione le masse a vuoto dei mezzi presi in esame (precisamente 44 modelli di 5 ditte costruttrici) e le relative capacità di carico dei serbatoi (fig 7.19).

Grazie al calcolo della relativa legge di regressione, che in questo caso è rappresentata da una funzione di potenza (è la legge che dà il valore di  $R^2$  maggiore tra tutte le possibili leggi di regressione - *lineare, esponenziale, logaritmica, polinomiale*), è possibile mettere numericamente in relazione la massa a vuoto con la capacità del serbatoio.

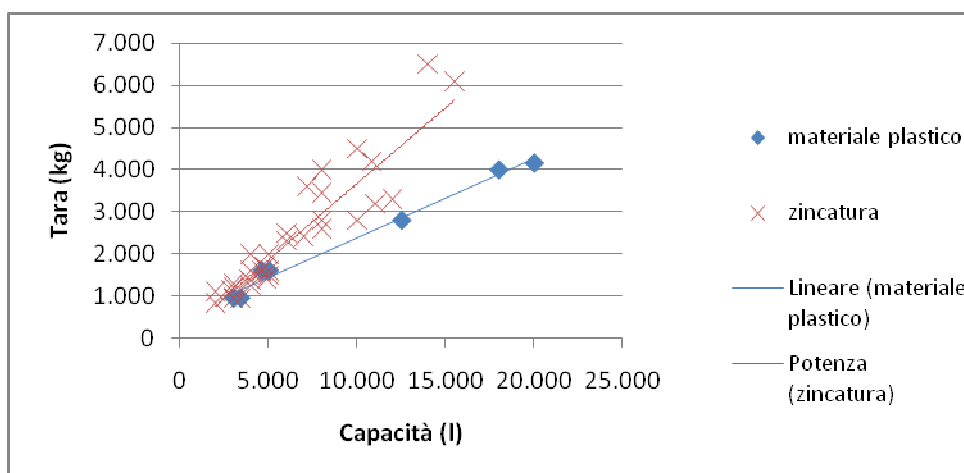
$$y = 0,8716x^{0,8957}$$

$$R^2 = 0,8608$$



**Fig. 7.19** – Relazione tra la tara e la capacità del serbatoio dei modelli analizzati

Approfondendo l'analisi, lo stesso grafico è stato rielaborato tenendo conto del diverso materiale con cui è costruito il serbatoio e, per ognuna delle due serie, è stata calcolata la retta di regressione (Fig.7.20).



**Fig.7.20** – Relazione tra la capacità di carico e la tara del mezzo in base al materiale di costruzione del serbatoio stesso

Le rette di regressione ed i relativi valore di  $R^2$  risultano leggermente variati, come di seguito riportato:

- per il materiale plastico si ha la seguente formula
 
$$y = 0,1874x + 514,05$$

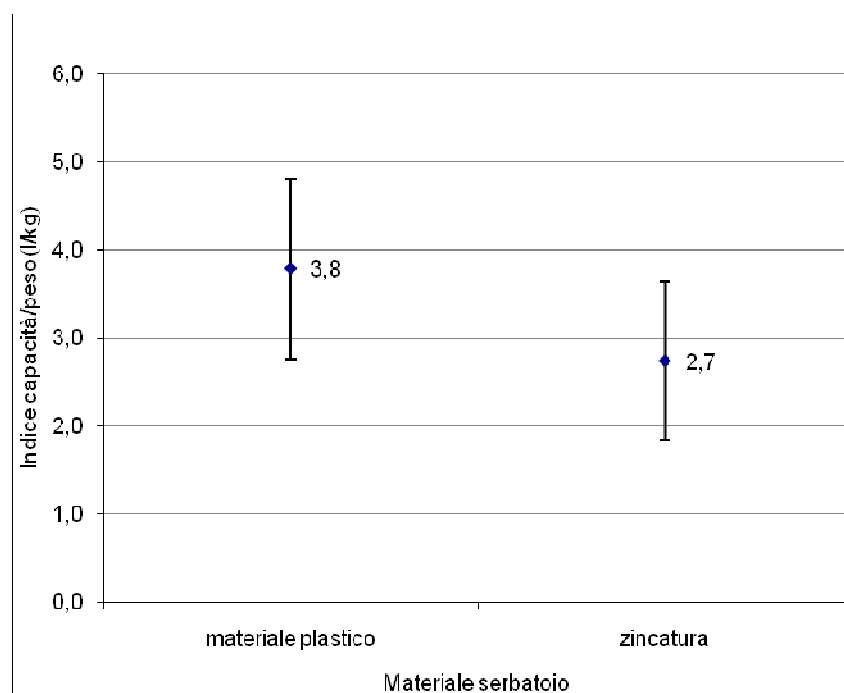
$$R^2 = 0,9862$$

- per il materiale zincato si ha la seguente formula  $y = 0,4385x^{0,9807}$   
 $R^2 = 0,8933$

Come si poteva immaginare, nei modelli con serbatoio in materiale plastico, a parità di capacità, le tare risultano inferiori rispetto a quelli dei modelli con il serbatoio zincato confermando ancora una volta la validità di questa materia prima per quanto riguarda il calpestamento del terreno e la circolazione stradale nel rispetto dei limiti massimi imposti.

Un utile parametro di confronto tra i diversi materiali è il rapporto tra la capacità del serbatoio e la massa della tara, misurati rispettivamente in litri e kilogrammi: tanto maggiore è tanto più leggera risulta esser la struttura a parità di capacità di carico.

Questo risultato è messo in evidenza dalla fig. 7.21, dove sono rappresentati i valori dell'indice capacità/massa per ogni tipologia di materiale utilizzato nella costruzione dei serbatoi. Nonostante i materiali plastici presentino indubbi vantaggi, essi sono ancora scarsamente utilizzati dalle ditte produttrici, probabilmente per il fatto che i vantaggi portati (minor massa della tara e calpestamento del terreno, rientro nei limiti di massa imposti dal Codice della strada) non sono così "visibili" a livello economico (per lo meno non nell'immediato) da giustificare i maggiori costi al momento dell'acquisto.



**Fig. 7.21** – Rappresentazione dei valori dell'indice capacità/peso in base al materiale del serbatoio

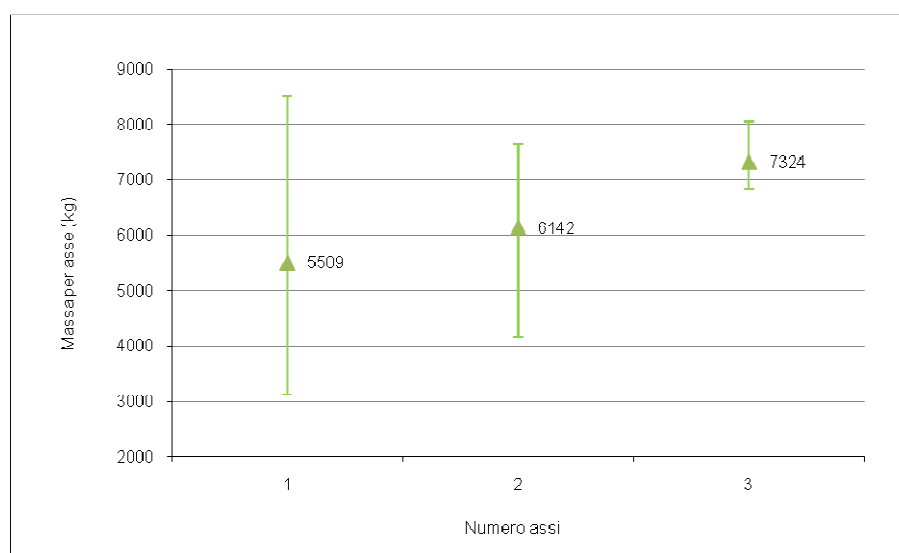


A partire dai dati relativi alla massa complessiva dei modelli sono stati calcolate le masse gravanti su ogni singolo asse e, in un secondo momento, i valori medi, minimi e massimi di tali valori divisi per i modelli a 1, 2 e 3 assi (tab. 7.14).

**Tab. 7.14** – Valori minimi medi e massimi delle masse gravanti su ogni singolo asse suddivisi in base al numero di assi per modello

NUMERO ASSI	MASSA PER ASSE MIN (kg/asse)	MASSA PER ASSE MEDIO (kg/asse)	MASSA PER ASSE MAX (kg/asse)
1	3 110	5 509	8 500
2	4 155	6 142	7 650
3	6 833	7 324	8 053

Nonostante all'aumentare della massa complessiva aumenti parimenti anche il numero di assi di appoggio, i valori medi e minimi della massa per asse aumentano all'aumentare del numero di assi anche se lo stesso non può dirsi per i valori massimi<sup>9</sup>. Gli intervalli sono comunque per la maggior parte sovrapponibili (fig. 7.22) ad individuare la massa massima ammessa in sede di progetto e scaricata sul suolo per questo tipo di sistema di appoggio (circa 7500 kg/asse).



**Fig. 7.22**– Andamento dei valori minimi, medi e massimi della massa per ogni asse

<sup>9</sup> Le sospensioni e il sistema frenatura dovranno naturalmente essere adeguati alla massa gravante su ogni singolo asse.

Dalla fig.7.21 risulta inoltre evidente come il range tra il valore minimo e massimo dei mezzi ad un asse sia molto più ampio rispetto allo scostamento tra il valore minimo e massimo dei mezzi a due e tre assi: questo evidenzia che i modelli a tre assi vengono utilizzati con le masse in assoluto maggiori e prossime al carico massimo ammissibile sul terreno.

Inoltre, dallo stesso grafico emerge che un ulteriore aumento della massa comporterebbe un eccessivo aumento della massa gravante su ciascun asse, non risolvibile se non aggiungendo un altro asse e quindi aumentando le dimensioni del mezzo (che di conseguenza avrebbe grosse difficoltà a rientrare nei limiti di sagoma e massa imposti dal Codice della strada vigente).

Sono stati calcolati i valori relativi all'incidenza sulla tara rispetto alla massa complessiva del mezzo a pieno carico (tab. 7.15).

**Tab. 7.15** – Incidenza media della tara rispetto alla massa complessiva a seconda del materiale impiegato per la costruzione del serbatoio

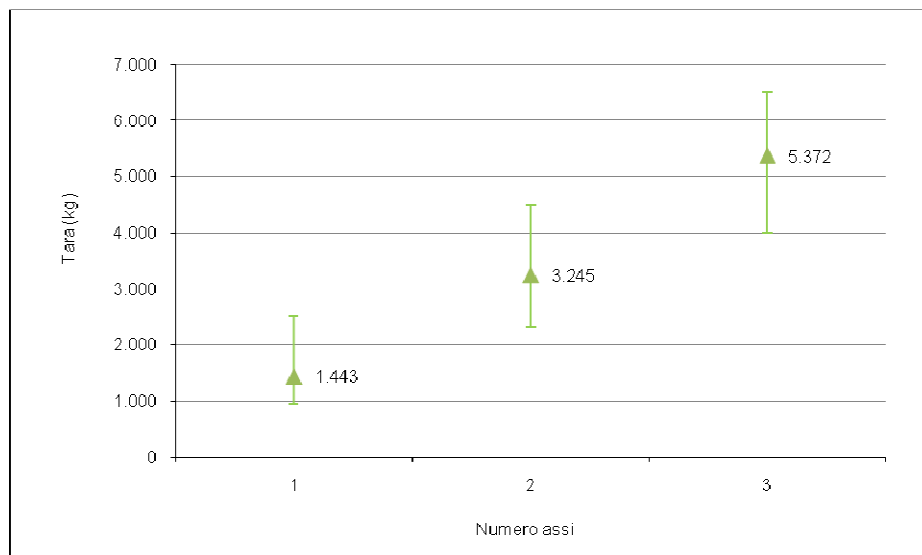
NUMERO ASSI	MATERIALE PLASTICO	ZINCATURA
1 asse	24 %	27%
2 assi	18 %	27 %
3 assi	18 %	29 %

Ancora una volta i valori più bassi sono da attribuirsi ai mezzi dotati di serbatoio con materiale plastico, avvalorando ulteriormente la tesi relativa al fatto che queste tipologie di serbatoio sono da preferirsi per ridurre gli effetti di compattamento del terreno in fase di lavoro e per favorire la circolazione su strada del mezzo nel rispetto dei limiti di massa imposti dal Codice della strada.

Di seguito è stata prodotta la tab. 7.16 e la fig. 7.23 relative ai valori minimi, medi e massimi delle tare dei modelli in elenco.

**Tab. 7.16** – Valori minimi, medi e massimi delle tare raggruppate in base al numero di assi del mezzo

NUMERO ASSI	TARA MIN (kg)	TARA MEDIA (kg)	TARA MAX (kg)
1	950	1.443	2.500
2	2.310	3.245	4.500
3	4.000	5.372	6.500



**Fig. 7.23** – Valori minimi, medi e massimi delle tare rispetto al numero di assi del mezzo

I valori più bassi sono da attribuire ai mezzi con serbatoio in materiale plastico indipendentemente dal numero di assi: questo è un notevole punto a favore di tale materia prima, attualmente poco impiegata, in quanto potrebbe risolvere i problemi relativi alla circolazione stradale (riuscendo ad aumentare la capacità del serbatoio senza oltrepassare i valori imposti dal Codice della strada).

Avendo a disposizione i dati relativi alla capacità a pieno carico del serbatoio e le masse della tara del mezzo è possibile quindi calcolare la potenza di trazione richiesta ad un trattore a 4 ruote motrici per lo spostamento del mezzo su strada asfaltata alla velocità massima consentita dal Codice della strada, pari a 40 km/h, e su campo alla velocità di 4 km/h (tab. 7.17).

La formula utilizzata è la seguente: 
$$P_{tr} = \frac{F_{tr} \cdot v_a}{3600}$$

dove:  $P_{tr}$  = potenza di trazione (kW)

$F_{tr}$  = forza di trazione (kN)

$v_a$  = velocità di avanzamento (km/h);

3600 = fattore di conversione da km/h in m/s

Per quanto riguarda la forza di trazione, essa viene calcolata a partire dal valore della massa complessiva della macchina moltiplicato per il coefficiente di rotolamento  $c_r$  (valore diverso a seconda del suolo su cui transita il mezzo). Il coefficiente di rotolamento utilizzato è il massimo che si può registrare su di una strada asfaltata e su campo al fine di ottenere sempre dei valori in favore di sicurezza.

**Tab. 7.17** – Calcolo della potenza necessaria per lo spostamento del mezzo su strada e su campo

MARCA	MODELLO	FORZA PESO (kN)	VELOCITÀ MAX CONSENTITA SU STRADA (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (STRADA PAVIMENTATA)	POTENZA (kW)	VELOCITÀ IN CAMPO (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (TERRENO UMIDO)	POTENZA IN CAMPO (kW)
BERTUOLA	FB ESL 200	215 820	40	0.03	72	4	0.12	29
	FB ESL 140	150 093	40	0.03	50	4	0.12	20
	FB ESL 250	237 010	40	0.03	79	4	0.12	32
GRAZOLI	EUROPA 120	117 720	40	0.03	39	4	0.12	16
	EUROPA 140	142 245	40	0.03	47	4	0.12	19
	EUROPA 200	201 105	40	0.03	67	4	0.12	27
	GRANGET 40	58 860	40	0.03	20	4	0.12	8
	GRANGET 50	68 670	40	0.03	23	4	0.12	9
	RMB 50	63 765	40	0.03	21	4	0.12	9
	RMB30	42 183	40	0.03	14	4	0.12	6
	RMB40	54 936	40	0.03	18	4	0.12	7
BICCHI	BEL 120 B H	112 325	40	0.03	37	4	0.12	15
	BEL 120 B P	112 325	40	0.03	37	4	0.12	15
	CB30 V	38 750	40	0.03	13	4	0.12	5
	CB 30 Z	38 750	40	0.03	13	4	0.12	5

MARCA	MODELLO	FORZA PESO (kN)	VELOCITÀ MAX CONSENTITA SU STRADA (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (STRADA PAVIMENTATA)	POTENZA (kW)	VELOCITÀ IN CAMPO (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (TERRENO UMIDO)	POTENZA IN CAMPO (kW)
	CB 50 V	64 746	40	0.03	22	4	0.12	9
	CB 50 Z	64 746	40	0.03	22	4	0.12	9
	CB 30/MP.Z	42 674	40	0.03	14	4	0.12	6
	CB 50 LDV	60 822	40	0.03	20	4	0.12	8
	CB 30/MP.V	42 674	40	0.03	14	4	0.12	6
	CB 50 LDZ	60 822	40	0.03	20	4	0.12	8
LOCHMANN	CP 20 GARDA	27 959	40	0.03	9	4	0.12	4
	CP 30 GARDA	38 848	40	0.03	13	4	0.12	5
	RC 20 GARDA	30 509	40	0.03	10	4	0.12	4
	RC 30 GARDA	41 300	40	0.03	14	4	0.12	6
	RC 40 GARDA	52 778	40	0.03	18	4	0.12	7
	RC 50 GARDA	63 765	40	0.03	21	4	0.12	9
	RC GARDA 60T	81 521	40	0.03	27	4	0.12	11
	RC GARDA 70T	92 410	40	0.03	31	4	0.12	12
	RC GARDA 80T	103 986	40	0.03	35	4	0.12	14
	RC GARDA 110T	139 302	40	0.03	46	4	0.12	19
	RC GARDA 120T	150 093	40	0.03	50	4	0.12	20
MUTTIAMOS	M/200	211 896	40	0.03	71	4	0.12	28
	M/200 FI	211 896	40	0.03	71	4	0.12	28
	M/140 OMOL.	147 641	40	0.03	49	4	0.12	20
	M/40 OMOL.	39 731	40	0.03	13	4	0.12	5
	M/50 OMOL.	51 993	40	0.03	17	4	0.12	7

MARCA	MODELLO	FORZA PESO (kN)	VELOCITÀ MAX CONSENTITA SU STRADA (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (STRADA PAVIMENTATA)	POTENZA (kW)	VELOCITÀ IN CAMPO (km/h)	COEFFICIENTE ROTOLAMENTO (TERRENO UMIDO)	POTENZA IN CAMPO (kW)
	M/60 OMOL.	61 803	40	0.03	21	4	0.12	8
	M/100 OMOL.	105 948	40	0.03	35	4	0.12	14
	MB/80	105 948	40	0.03	35	4	0.12	14
	MB/100	125 568	40	0.03	42	4	0.12	17
	MB/40	51 503	40	0.03	17	4	0.12	7
	MB/50	63 765	40	0.03	21	4	0.12	9
	MB/60	83 385	40	0.03	28	4	0.12	11

Come si può vedere dalla fig. 7.24 la potenza richiesta sia durante le operazioni di trasporto su strada che durante l'operazione di spargimento in campo aumenta all'aumentare del numero di assi (e, quindi, all'aumentare della massa complessiva del mezzo).

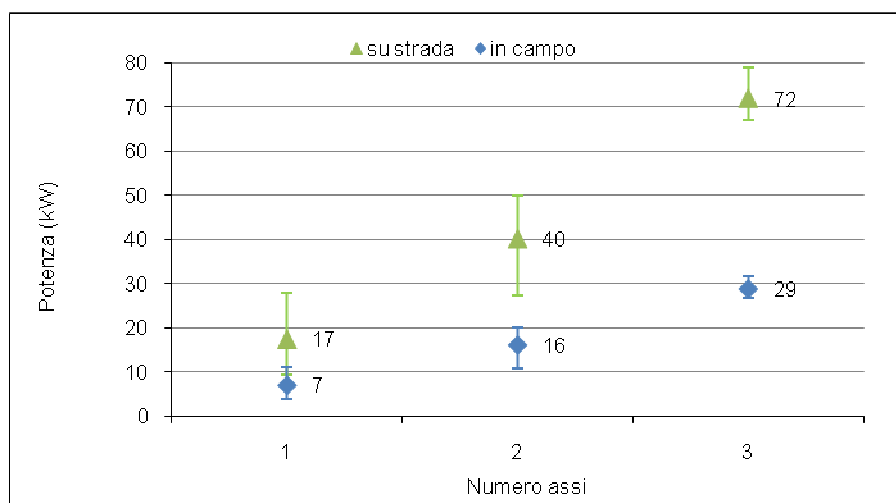


Fig. 7.24 – Potenza richiesta su strada e in campo in base al numero di assi

Sia nel caso della trazione in campo che in quella su strada raffrontando i parametri capacità di carico e potenza si ottiene che la retta di regressione che mette in relazione i due parametri è una potenza: questo vuol dire che all'aumentare della capacità del mezzo la potenza richiesta aumenterà, ma in modo più che proporzionale (Fig. 7.25).

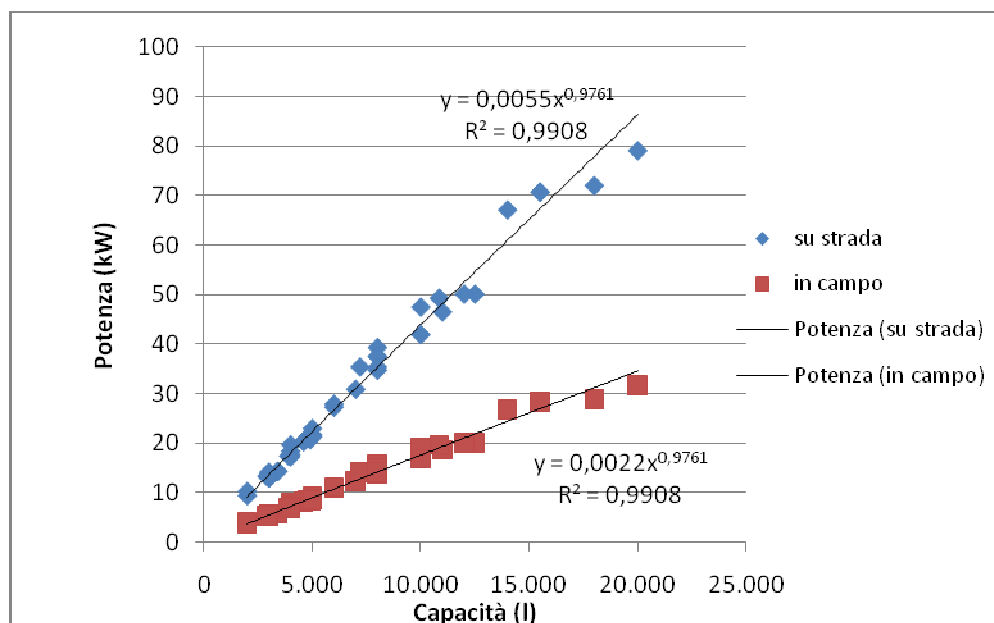


Fig. 7.25 – Relazione tra la capacità del serbatoio e la potenza di trazione richiesta

### 6.1.10 Pneumatici

I pneumatici montati sui vari modelli sono stati oggetto anch'essi di un'attenta analisi essendo responsabili del compattamento del terreno che i mezzi possono causare durante il lavoro su campo.

Prima di tutto è stata calcolata la massa totale (= a pieno carico) gravante su ciascuna ruota (tab. 7.18) ed i valori ottenuti sono stati elaborati per vedere se risultano:

- eccessivi, qualora la massa per ruota sia maggiore della somma tra la media di tutti i modelli (2 910 kg) e la deviazione standard<sup>10</sup> (690 kg), cioè superiori a 3 600 kg per ruota
- bassi, qualora la massa per ruota sia minore della differenza tra la media di tutti i modelli e la deviazione standard, cioè inferiori a 2 220 kg per ruota
- nella norma qualora i valori siano compresi tra la differenza e la somma della media di tutti i modelli e la deviazione standard, cioè compresi tra 2 220 e 3 600 kg per ruota

<sup>10</sup> Facendo riferimento ad una distribuzione normale, i valori compresi tra  $\mu - \sigma$  e  $\mu + \sigma$  rappresentano il 68.30% dell'intera popolazione, ciascuna delle due code il 15.85%.

**Tab. 7.18** – Calcolo relativo alla massa totale (= a pieno carico) gravante su ogni singola ruota (media 2 910, massimo 4 250, minimo 1 425, dev.std. 690).

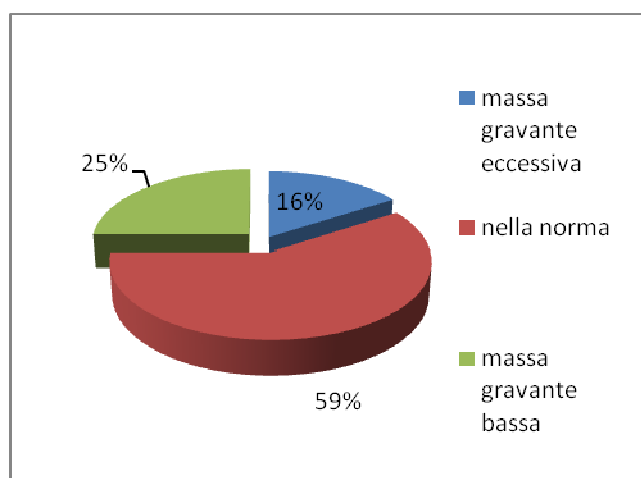
MARCA	MODELLO	MATERIALE	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RUOTE	MASSA PER ASSALE (kg)	MASSA SU CIASCUNA RUOTA (kg)	MASSA GRAVANTE SU CIASCUNA RUOTA
BERTUOLA	FB ESL 200	materiale plastico	22 000	6	7 333	3667	massa gravante eccessiva
BERTUOLA	FB ESL 140	materiale plastico	15 300	4	7 650	3825	massa gravante eccessiva
BERTUOLA	FB ESL 250	materiale plastico	24 160	6	8 053	4027	massa gravante eccessiva
GRAZIOLI	EUROPA 120	zincatura	12 000	4	6 000	3000	nella norma
GRAZIOLI	EUROPA 140	zincatura	14 500	4	7 250	3625	massa gravante eccessiva
GRAZIOLI	EUROPA 200	zincatura	20 500	6	6 833	3417	nella norma
GRAZIOLI	GRANGET 40	zincatura	6 000	2	6 000	3000	nella norma
GRAZIOLI	GRANGET 50	zincatura	7 000	2	7 000	3500	nella norma
GRAZIOLI	RMB 50	zincatura	6 500	2	6 500	3250	nella norma
GRAZIOLI	RMB30	zincatura	4 300	2	4 300	2150	massa gravante bassa
GRAZIOLI	RMB40	zincatura	5 600	2	5 600	2800	nella norma
BICCHI	BEL 120 B H	zincatura	11 450	4	5 725	2863	nella norma
BICCHI	BEL 120 B P	zincatura	11 450	4	5 725	2863	nella norma
BICCHI	CB30 V	materiale plastico	3 950	2	3 950	1975	massa gravante bassa
BICCHI	CB 30 Z	zincatura	3 950	2	3 950	1975	massa gravante bassa
BICCHI	CB 50 V	materiale plastico	6 600	2	6 600	3300	nella norma
BICCHI	CB 50 Z	zincatura	6 600	2	6 600	3300	nella norma
BICCHI	CB 30/MP.Z	zincatura	4 350	2	4 350	2175	massa gravante bassa
BICCHI	CB 50 LDV	materiale plastico	6 200	2	6 200	3100	nella norma
BICCHI	CB 30/MP.V	materiale plastico	4 350	2	4 350	2175	massa gravante bassa
BICCHI	CB 50 LDZ	zincatura	6 200	2	6 200	3100	nella norma



MARCA	MODELLO	MATERIALE	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RUOTE	MASSA PER ASSALE (kg)	MASSA SU CIASCUNA RUOTA (kg)	MASSA GRAVANTE E SU CIASCUNA RUOTA
LOCHMAN N	CP 20 GARDA	zincatura	2 850	2	2 850	1425	massa gravante bassa
LOCHMAN N	CP 30 GARDA	zincatura	3 960	2	3 960	1980	massa gravante bassa
LOCHMAN N	RC 20 GARDA	zincatura	3 110	2	3 110	1555	massa gravante bassa
LOCHMAN N	RC 30 GARDA	zincatura	4 210	2	4 210	2105	massa gravante bassa
LOCHMAN N	RC 40 GARDA	zincatura	5 380	2	5 380	2690	nella norma
LOCHMAN N	RC 50 GARDA	zincatura	6 500	2	6 500	3250	nella norma
LOCHMAN N	RC 60T GARDA	zincatura	8 310	4	4 155	2078	massa gravante bassa
LOCHMAN N	RC 70T GARDA	zincatura	9 420	4	4 710	2355	nella norma
LOCHMAN N	RC 80T GARDA	zincatura	10 600	4	5 300	2650	nella norma
LOCHMAN N	RC 110T GARDA	zincatura	14 200	4	7 100	3550	nella norma
LOCHMAN N	RC 120T GARDA	zincatura	15 300	4	7 650	3825	massa gravante eccessiva
MUTTI AMOS	M/200	zincatura	21 600	6	7 200	3600	nella norma
MUTTI AMOS	M/200 FI	zincatura	21 600	6	7 200	3600	nella norma
MUTTI AMOS	M/140 OMOL.	zincatura	15 050	4	7 525	3763	massa gravante eccessiva
MUTTI AMOS	M/40 OMOL.	zincatura	4 050	2	4 050	2025	massa gravante bassa
MUTTI AMOS	M/50 OMOL.	zincatura	5 300	2	5 300	2650	nella norma
MUTTI AMOS	M/60 OMOL.	zincatura	6 300	2	6 300	3150	nella norma
MUTTI AMOS	M/100 OMOL.	zincatura	10 800	4	5 400	2700	nella norma
MUTTI AMOS	MB/80	zincatura	10 800	4	5 400	2700	nella norma
MUTTI AMOS	MB/100	zincatura	12 800	4	6 400	3200	nella norma

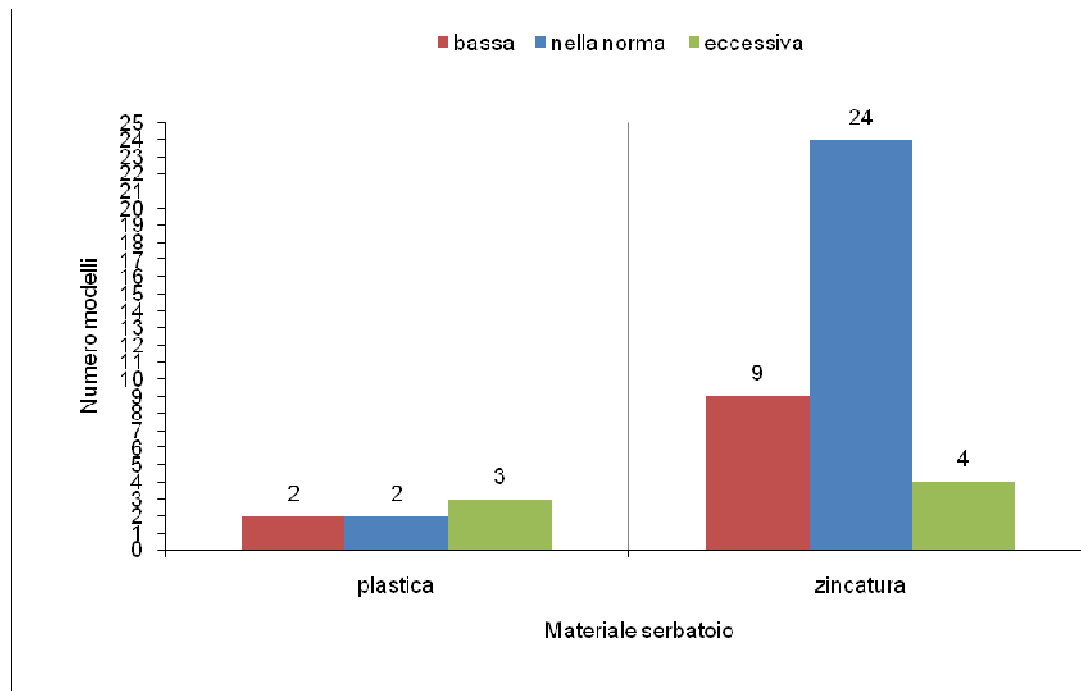
MARCA	MODELLO	MATERIALE	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RUOTE	MASSA PER ASSALE (kg)	MASSA SU CIASCUNA RUOTA (kg)	MASSA GRAVANTE SU CIASCUNA RUOTA
MUTTI AMOS	MB/40	zincatura	5 250	2	5 250	2625	nella norma
MUTTI AMOS	MB/50	zincatura	6 500	2	6 500	3250	nella norma
MUTTI AMOS	MB/60	zincatura	8 500	2	8 500	4250	massa gravante eccessiva

I dati ottenuti (fig. 7.26) indicano che la maggioranza dei modelli rientra nella norma (59%), un 25% ha una ridotta massa gravante per ogni ruota e un 16% ha le ruote che sono soggette ad un eccesso di massa. La distribuzione globale dei valori risulta quindi asimmetrica rispetto al valore medio con uno spostamento verso i valori bassi (9 punti percentuali in più sui valori al di sotto della soglia  $\mu-\sigma$  rispetto ad una distribuzione gaussiana) a scapito dei valori della fascia centrale  $[\mu-\sigma; \mu+\sigma]$ .



**Fig. 7.26** – Suddivisione dei modelli analizzati in base alla massa incidente su ogni ruota

Questi valori sono poi stati ulteriormente suddivisi sulla base del materiale di fabbricazione del serbatoio (fig. 7.27).

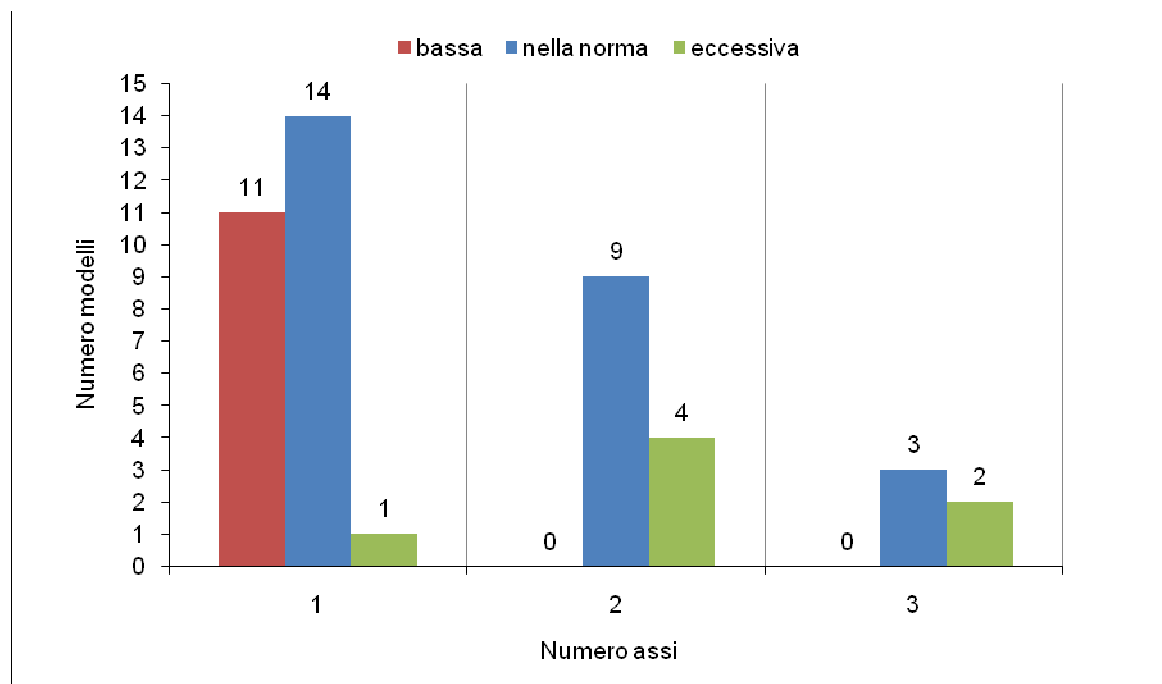


**Fig 7.27**– Ripartizione dei modelli in base al materiale di fabbricazione del serbatoio e a seconda della massa incidente su ogni singola ruota

È emerso che i modelli con serbatoio in materiale plastico sono pressoché egualmente distribuiti nelle tre categorie (bassa, media, eccessiva) di massa gravante su ciascuna ruota, pur con una leggera prevalenza di mezzi nella categoria “massa per ruota eccessiva”. Questo dato evidenzia che in pochi casi (3 per la precisione) l’utilizzo del materiale plastico si è probabilmente reso necessario dal punto di vista progettuale per non aggravare ulteriormente il problema della massa gravante per singola ruota.

Se, invece, consideriamo il numero di assi (fig. 7.28) si può notare che il maggior numero di modelli con massa eccessiva gravante sulle ruote è concentrata sui modelli a due assi, con un incidenza percentuale maggiore nella categoria dei tre assi. Questo conferma quanto già emerso in sede di analisi delle masse complessive per assale.

Dallo stesso grafico si può inoltre notare che i mezzi con bassa massa totale gravante sulle ruote sono interamente compresi nei modelli ad un solo asse. L’asse singolo viene utilizzato infatti con mezzi aventi masse anche molto diverse tra loro (range molto ampio) e in particolare anche con mezzi di piccola taglia.



**Fig. 7.28** – Ripartizione dei modelli in base al numero di assi e alla massa incidente su ogni singola ruota

Infine, i dati relativi ai pneumatici (in particolare: le dimensioni del battistrada e il diametro) sono stati utilizzati per calcolare le pressioni al suolo esercitate dai mezzi a pieno carico, quindi durante le fasi di lavoro in campo. Il calcolo delle pressioni al suolo è stato effettuato a parità di area dell'impronta al suolo, fissata in  $200.000 \text{ mm}^2$ , che è un valore tipico per questa tipologia di mezzi e per i pneumatici che montano (quindi compatibile con lo schiacciamento che si verifica).

Per la valutazione dei mezzi sono stati presi in considerazione i seguenti valori di riferimento per la pressione:

- 0.6 bar come valore minimo in campo al di sotto del quale la pressione risulta troppo bassa anche per i pneumatici ad alto galleggiamento
- 4.4 bar come valore di pressione massimo per le lavorazioni in campo
- 5.5 bar valore massimo per la circolazione su strada oltre il quale la pressione si considera troppo alta

Conseguentemente, si hanno le seguenti categorie di pressione (tab. 7.19):

- $p < 0.6 \text{ bar}$ : pressione troppo bassa

- $0.6 \text{ bar} < p < 4.4 \text{ bar}$ : pressione adeguata per il campo
- $4.4 \text{ bar} < p < 5.5 \text{ bar}$ : pressione adatta alle strade ma non al campo
- $p > 5.5 \text{ bar}$ : pressione eccessiva

**Tab. 7.19** – Calcolo della pressione esercitata al suolo dal mezzo a pieno carico

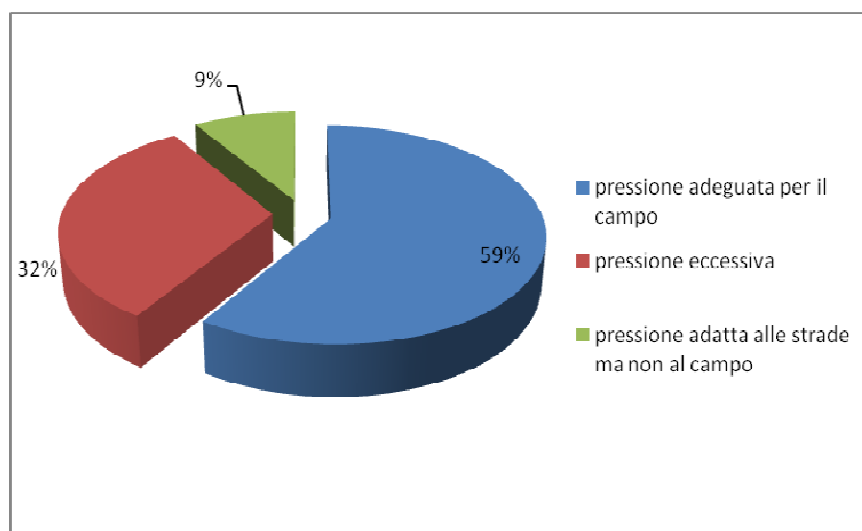
MARCA	MODELLO	MATERIALE	FORZA PESO (N)	AREA TOTALE (mm <sup>2</sup> )	PRESSIONE (bar)	CONTROLLO VALORE PRESSIONE
BERTUOLA	FB ESL 200	materiale plastico	215.820	200.000	10,8	pressione eccessiva
BERTUOLA	FB ESL 140	materiale plastico	150.093	200.000	7,5	pressione eccessiva
BERTUOLA	FB ESL 250	materiale plastico	237.010	200.000	11,9	pressione eccessiva
GRAZIOLI	EUROPA 120	zincatura	117.720	200.000	5,9	pressione eccessiva
GRAZIOLI	EUROPA 140	zincatura	142.245	200.000	7,1	pressione eccessiva
GRAZIOLI	EUROPA 200	zincatura	201.105	200.000	10,1	pressione eccessiva
GRAZIOLI	GRANGE T 40	zincatura	58.860	200.000	2,9	pressione adeguata per il campo
GRAZIOLI	GRANGE T 50	zincatura	68.670	200.000	3,4	pressione adeguata per il campo
GRAZIOLI	RMB 50	zincatura	63.765	200.000	3,2	pressione adeguata per il campo
GRAZIOLI	RMB30	zincatura	42.183	200.000	2,1	pressione adeguata per il campo
GRAZIOLI	RMB40	zincatura	54.936	200.000	2,7	pressione adeguata per il campo
BICCHI	BEL 120 B H	zincatura	112.325	200.000	5,6	pressione eccessiva
BICCHI	BEL 120 B P	zincatura	112.325	200.000	5,6	pressione eccessiva
BICCHI	CB30 V	materiale plastico	38.750	200.000	1,9	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 30 Z	zincatura	38.750	200.000	1,9	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 50 V	materiale plastico	64.746	200.000	3,2	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 50 Z	zincatura	64.746	200.000	3,2	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 30/MP.Z	zincatura	42.674	200.000	2,1	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 50 LDV	materiale plastico	60.822	200.000	3,0	pressione adeguata per il campo
BICCHI	CB 30/MP.V	materiale plastico	42.674	200.000	2,1	pressione adeguata per il campo

MARCA	MODELL O	MATERIAL E	FORZA PESO (N)	AREA TOTALE (mm <sup>2</sup> )	PRESSION E (bar)	CONTROLLO VALORE PRESSIONE
BICCHI	CB 50 LDZ	zincatura	60.822	200.000	3,0	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	CP 20 GARDA	zincatura	27.959	200.000	1,4	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	CP 30 GARDA	zincatura	38.848	200.000	1,9	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 20 GARDA	zincatura	30.509	200.000	1,5	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 30 GARDA	zincatura	41.300	200.000	2,1	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 40 GARDA	zincatura	52.778	200.000	2,6	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 50 GARDA	zincatura	63.765	200.000	3,2	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 60T GARDA	zincatura	81.521	200.000	4,1	pressione adeguata per il campo
LOCHMAN N	RC 70T GARDA	zincatura	92.410	200.000	4,6	pressione adatta alle strade ma non al campo
LOCHMAN N	RC 80T GARDA	zincatura	103.986	200.000	5,2	pressione adatta alle strade ma non al campo
LOCHMAN N	RC 110T GARDA	zincatura	139.302	200.000	7,0	pressione eccessiva
LOCHMAN N	RC 120T GARDA	zincatura	150.093	200.000	7,5	pressione eccessiva
MUTTI AMOS	M/200	zincatura	211.896	200.000	10,6	pressione eccessiva
MUTTI AMOS	M/200 FI	zincatura	211.896	200.000	10,6	pressione eccessiva
MUTTI AMOS	M/140 OMOL.	zincatura	147.641	200.000	7,4	pressione eccessiva
MUTTI AMOS	M/40 OMOL.	zincatura	39.731	200.000	2,0	pressione adeguata per il campo
MUTTI AMOS	M/50 OMOL.	zincatura	51.993	200.000	2,6	pressione adeguata per il campo
MUTTI AMOS	M/60 OMOL.	zincatura	61.803	200.000	3,1	pressione adeguata per il campo
MUTTI AMOS	M/100 OMOL.	zincatura	105.948	200.000	5,3	pressione adatta alle strade ma non al campo
MUTTI AMOS	MB/80	zincatura	105.948	200.000	5,3	pressione adatta alle strade ma non al campo
MUTTI AMOS	MB/100	zincatura	125.568	200.000	6,3	pressione eccessiva
MUTTI AMOS	MB/40	zincatura	51.503	200.000	2,6	pressione adeguata per il campo
MUTTI AMOS	MB/50	zincatura	63.765	200.000	3,2	pressione adeguata per il campo

MARCA	MODELL O	MATERIAL E	FORZA PESO (N)	AREA TOTALE (mm <sup>2</sup> )	PRESSION E (bar)	CONTROLLO VALORE PRESSIONE
MUTTI AMOS	MB/60	zincatura	83.385	200.000	4,2	pressione adeguata per il campo

La ripartizione percentuale dei mezzi analizzati sulla base delle pressioni al suolo (fig. 7.29) conferma che il 32% dei modelli ha una pressione eccessiva sia per la strada che per il campo e il 9% una pressione adatta al solo uso stradale, entrambi i raggruppamenti quindi a valori tali da poter causare danni notevoli alla struttura del terreno, il restante 59% dei modelli presenta una pressione adeguata all'attività di campo.

Un eventuale aumento dell'area di appoggio e il conseguente ricalcolo delle pressioni al suolo è un'opzione non percorribile in quanto comporterebbe uno schiacciamento del pneumatico (quantificabile dall'altezza residua del fianco) incompatibile con le dimensioni dei pneumatici montati sui mezzi. Le conclusioni che si sono conseguentemente tratte sotto l'ipotesi di un'area di appoggio pari a 200 000 mm<sup>2</sup> devono quindi ritenersi verosimili rispetto ai reali valori di pressione che si verificherebbero sul suolo in campo.

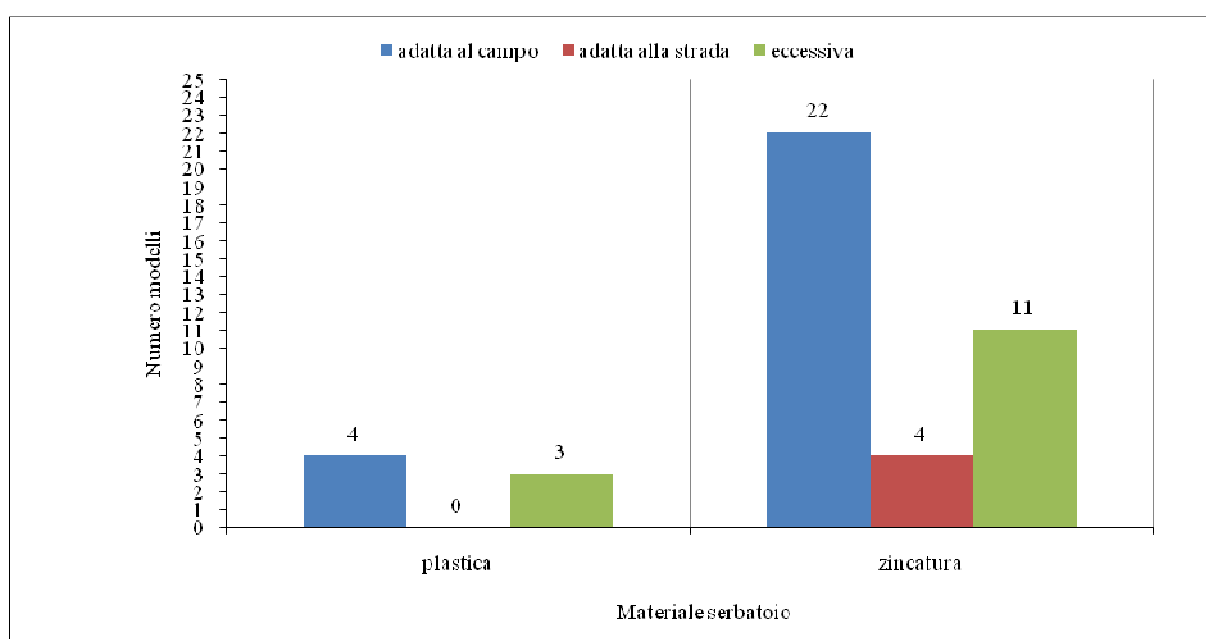


**Fig. 7.29**– Suddivisione dei modelli in base alla pressione esercitata al suolo

Suddividendo i dati ottenuti in base al materiale impiegato per il serbatoio (fig. 7.30), otteniamo risultati allineati a quelli della massa complessiva gravante su ciascuna ruota:

- i mezzi con cisterna in materiale plastico si ripartiscono in maniera quasi equa tra quelli che esercitano un'eccessiva pressione e quelli che hanno una pressione al suolo adatta all'attività in campo
- tra i mezzi con serbatoio zincato predominano i modelli con pressioni adeguate seguiti rispettivamente dai mezzi con pressione eccessiva e con pressione adatta alla circolazione su strada

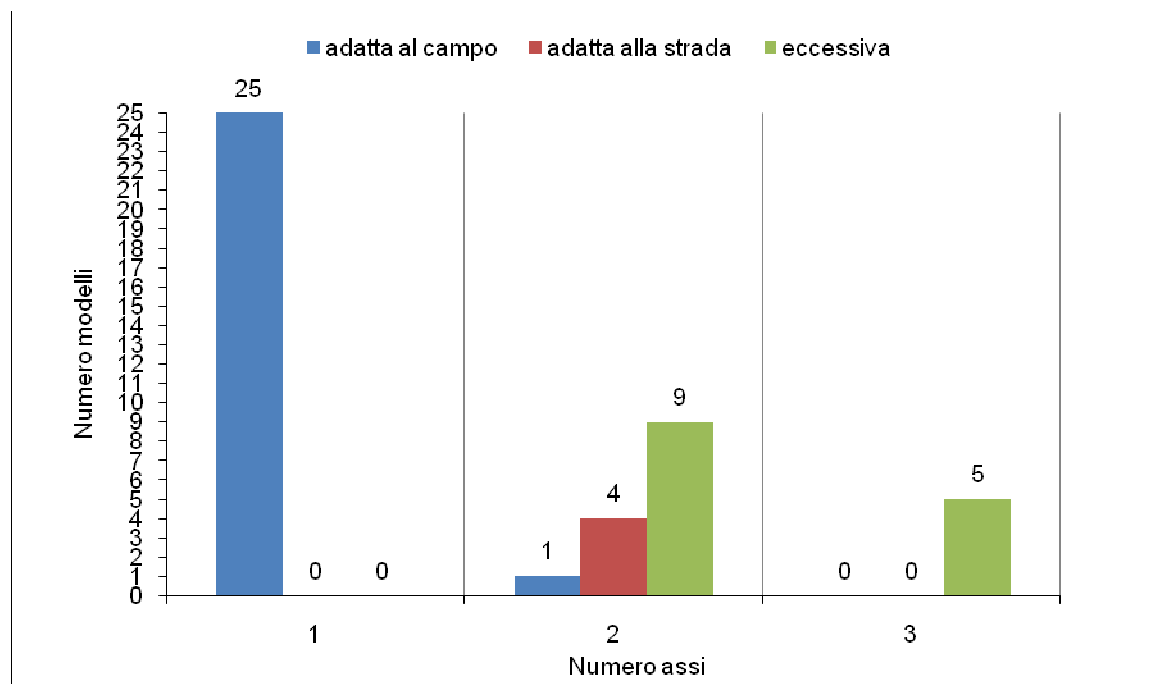
Si osserva inoltre che per entrambe le categorie (plastica, metallo) si ha una uguale percentuale (43%) di mezzi esercitanti una pressione al suolo eccessiva o adatta alla strada, indice di una ripartizione sostanzialmente uguale delle masse.



**Fig. 7.30** – Rappresentazione dei mezzi analizzati in base al materiale di costruzione del serbatoio e della pressione esercitata al suolo

Passando all'analisi dei valori di pressione al suolo in base al numero di assi, risulta evidente che, per i mezzi con 2 o 3 assi, caratterizzati da elevate masse complessive e minore range di variazione delle stesse, si hanno elevate pressioni al suolo. I mezzi ad un asse, invece, hanno pressioni mai oltre la soglia massima dei 4.4 bar e quindi risultano essere più adatti all'uso in campo. Molto spesso queste informazioni, pur di notevole rilevanza ai fini agronomici, possono passare in secondo piano nel momento in cui venga considerata prioritaria la dimensione del serbatoio e quindi la velocità di esecuzione del lavoro (fig. 7.31).





**Fig. 7.31** – Analisi dei mezzi in base al numero di assi e alla pressione esercitata al suolo

Infine, con gli stessi dati di cui sopra è stato calcolato lo schiacciamento percentuale degli pneumatici (tab. 7.20) per effetto della massa gravante su di essi. La formula utilizzata è la seguente ( $S=0\%$  pneumatico indeformato,  $S=100\%$  pneumatico completamente schiacciato):

$$S_{(\%) } = \frac{r_{indef.} - r_{def.}}{r_{indef.}}$$

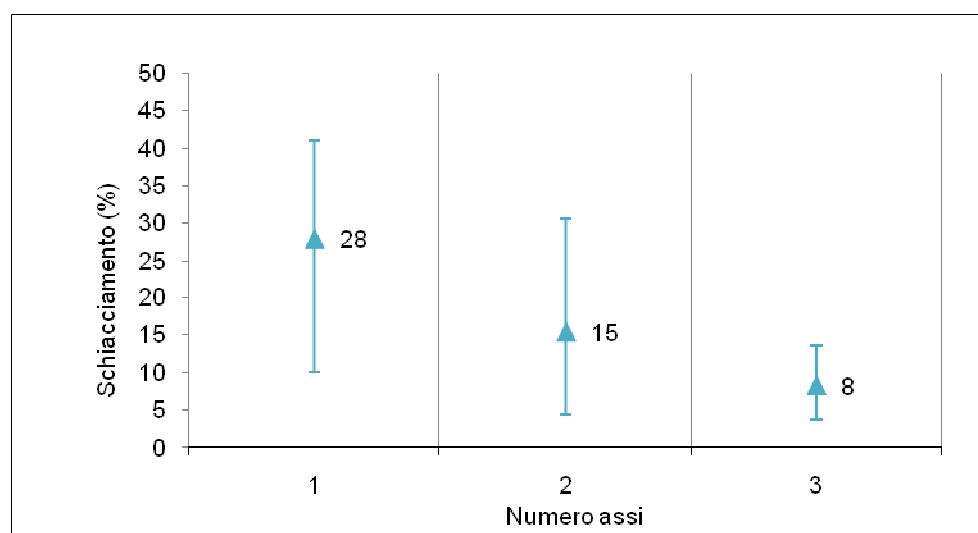
**Tab. 7.20** – Calcolo dello schiacciamento cui sono sottoposti i pneumatici per effetto della massa complessiva del mezzo

MARCA	MODELLO	MATERIALE	MASSA COMPLESSIVA (kg)	ASSI	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
BERTUOL A	FB ESL 200	materiale plastico	22.000	3	615,8	588	4,5%
BERTUOL A	FB ESL 140	materiale plastico	15.300	2	615,8	588	4,5%
BERTUOL A	FB ESL 250	materiale plastico	24.160	3	615,8	593	3,7%
GRAZIOLI	EUROPA 120	zincatura	12.000	2	575,0	529	8,0%
GRAZIOLI	EUROPA 140	zincatura	14.500	2	585,8	551	6,0%

MARCA	MODEL LO	MATERIAL E	MASSA COMPL ESSIVA (kg)	ASSI	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
GRAZIOLI	EUROPA 200	zincatura	20.500	3	585,8	551	6,0%
GRAZIOLI	GRANGET 40	zincatura	6.000	1	444,2	313	29,6%
GRAZIOLI	GRANGET 50	zincatura	7.000	1	536,0	469	12,5%
GRAZIOLI	RMB 50	zincatura	6.500	1	536,0	469	12,5%
GRAZIOLI	RMB30	zincatura	4.300	1	444,2	313	29,6%
GRAZIOLI	RMB40	zincatura	5.600	1	444,2	313	29,6%
BICCHI	BEL 120 B H	zincatura	11.450	2	454,8	315	30,7%
BICCHI	BEL 120 B P	zincatura	11.450	2	454,8	315	30,7%
BICCHI	CB 50 V	materiale plastico	6.600	1	424,1	250	41,0%
BICCHI	CB 50 Z	zincatura	6.600	1	424,1	250	41,0%
BICCHI	CB 30/MP.Z	zincatura	4.350	1	424,1	250	41,0%
BICCHI	CB 50 LDV	materiale plastico	6.200	1	443,1	323	27,0%
BICCHI	CB 30/MP.V	materiale plastico	4.350	1	424,1	250	41,0%
BICCHI	CB 50 LDZ	zincatura	6.200	1	443,1	323	27,0%
LOCHMANN	CP 20 GARDA	zincatura	2.850	1	424,1	250	41,0%
LOCHMANN	CP 30 GARDA	zincatura	3.960	1	427,9	257	40,0%
LOCHMANN	RC 20 GARDA	zincatura	3.110	1	424,1	250	41,0%
LOCHMANN	RC 30 GARDA	zincatura	4.210	1	427,9	257	40,0%
LOCHMANN	RC 40 GARDA	zincatura	5.380	1	406,4	310	23,7%
LOCHMANN	RC 50 GARDA	zincatura	6.500	1	495,3	420	15,2%
LOCHMANN	RC 60T GARDA	zincatura	8.310	2	443,1	323	27,0%
LOCHMANN	RC 70T GARDA	zincatura	9.420	2	495,3	420	15,2%
LOCHMANN	RC 80T GARDA	zincatura	10.600	2	495,3	420	15,2%
LOCHMANN	RC 110T GARDA	zincatura	14.200	2	538,2	479	11,1%

MARCA	MODELLO	MATERIALE	MASSA COMPLESSIVA (kg)	ASSI	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
LOCHMANN	RC 120T GARDA	zincatura	15.300	2	538,2	479	11,1%
MUTTI AMOS	M/200	zincatura	21.600	3	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	M/200 FI	zincatura	21.600	3	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	M/140 OMOL.	zincatura	15.050	2	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	M/50 OMOL.	zincatura	5.300	1	426,6	300	29,6%
MUTTI AMOS	M/60 OMOL.	zincatura	6.300	1	540,8	487	10,0%
MUTTI AMOS	MB/80	zincatura	10.800	2	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	MB/100	zincatura	12.800	2	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	MB/40	zincatura	5.250	1	436,9	358	18,0%
MUTTI AMOS	MB/50	zincatura	6.500	1	516,8	447	13,6%
MUTTI AMOS	MB/60	zincatura	8.500	1	540,8	487	10,0%

I dati ottenuti dalla tabella sono stati rielaborati e rappresentati nella figura 7.32.



**Fig. 7.32** – Ripartizione dei valori relativi allo schiacciamento in base al numero di assi dei mezzi

Dai valori ottenuti risulta che, a parità di area di appoggio, i valori medi, minimi e massimi dello schiacciamento hanno un andamento decrescente con l'aumentare del numero degli

assali. Ciò indica che esiste ancora abbastanza margine di correzione della pressione tramite sgonfiaggio degli pneumatici, che potrebbe parzialmente compensare il dato rilevato precedentemente di pressione eccessiva per la totalità dei mezzi di questa categoria.

### 6.1.11 Analisi delle configurazioni

L'analisi di tutti i modelli ha permesso di suddividere il mercato in base alle configurazioni precedentemente trovate (tab. 7.21).

**Tab. 7.21** – Suddivisione percentuale dei mezzi sul mercato in base al numero di assi

1 ASSE		2 ASSI		3 ASSI	
CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE	CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE	CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE
1-1DPG	25%	2-1DPG	22%	3P1S2-	18%
1---P-	24%	2-1SPG	19%	3P--2-	12%
1-1SPG	19%	2P--2G	8%	3P--4G	12%
1---PG	18%	2P--P-	7%	3P--2G	10%
1-1SP-	9%	2P--2-	5%	3P1S4-	10%
1-1DP-	3%	2P1SP-	5%	3P1SP-	6%
1P--2-	1%	2P1S2-	5%	3P1S2-	4%
1-2SDPG	1%	2P1SPG	4%	3P--PG	4%
		2-1DRG	4%	3P--P-	4%
		2P--4-	3%	3P1SPG	4%
		2P1DP-	3%	3P1DP-	2%
		2-1SP-	3%	3P1D2G	2%
		2P--R-	3%	3P--4-	2%
		2-1DP-	3%	3P--R-	2%
		2-1D4-	1%	3-2SDP-	2%
		2-2SDPG	1%	3-2SD4-	2%
		2-1DD-	1%	3-1D4G	2%
		2P2SDPG	1%	3P2SD2-	2%

1 ASSE		2 ASSI		3 ASSI	
CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE	CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE	CONFIGURAZIONI	PERCENTUALE
TOTALE	100%	TOTALE	100%	TOTALE	100%

Si può così evincere che:

- nei mezzi monoasse prevalgono le configurazioni semplici dotate di un'unica apertura posteriore per il carico e lo scarico con l'aggiunta, al massimo, del gettone
- nei modelli a 2 assi sono maggiormente diffusi i mezzi con un'entrata per il carico del serbatoio posta lateralmente ad esso, mentre per il sistema di distribuzione si utilizza prevalentemente il piatto deviatore ed il gettone
- per i mezzi a tre assi le configurazioni maggiormente diffuse sono quelle che prevedono la proboscide per il carico del serbatoio ed il sistema di distribuzione ad ancore (in numero variabile da 2 a 4) che effettua l'interramento del refluo

Più in generale, i modelli sul mercato si possono analizzare in base alle caratteristiche principali (tab. 7.22).

**Tab. 7.22** – Suddivisione dei modelli proposti dal mercato a seconda delle principali caratteristiche costruttive

CONFIGURAZIONE	NUMERO	PERCENTUALE
con proboscide	82	37%
con 1 uscita laterale	132	59%
con 2 uscite laterali	6	3%
con piatto	161	72%
con gettone	124	55%
con interratori (2 o 4 ancore)	50	22%
rasoterra	6	3%

Si può concludere che i mezzi analizzati sono accumulati dalla semplicità costruttiva:

- prevale il sistema di distribuzione con piatto deviatore ed il gettone, mentre poco diffusi risultano gli interratori ma soprattutto i sistemi per la distribuzione rasoterra
- per quanto riguardano le uscite, la maggioranza dei modelli ne prevede 1 sola, mentre solo poco più di un terzo dei modelli monta la proboscide per il carico del mezzo

## 6.2 Spandiliquami semoventi

Come già descritto nell'introduzione a questo capitolo, i mezzi semoventi adibiti al trasporto e allo spargimento del liquame sono una novità abbastanza recente del settore. La loro diffusione anche sul mercato nazionale, pur limitata a soli 7 modelli, è da attribuire ad una serie di concause favorevoli quali:

- l'introduzione della normativa europea denominata Direttiva Nitrati che ha modificato totalmente il concetto di utilizzazione dei liquami, portando notevoli cambiamenti nei cantieri di lavoro riguardanti tali operazioni
- la diffusione, soprattutto nella Pianura Padana, di un elevato numero di impianti di digestione anaerobica dai quali si ottiene come sottoprodotto finale il digestato, la cui frazione liquida può essere adeguatamente utilizzata in campo tramite questa tipologia di macchina, in maniera analoga a quanto si fa col liquame di allevamento
- la continua riduzione di manodopera nel settore primario, con conseguente aumento della commercializzazione di grandi macchine ad elevata potenza per sopperire ai crescenti carichi di lavoro

### 6.2.1 Potenza

Gli spandiliquame semoventi richiedono motori con potenze elevate (tutte sopra i 200 kW; fig. 7.33) dato che presentano elevate masse, determinati sia dalla capacità del serbatoio che dalla tara, e sistemi di distribuzione molto complessi.

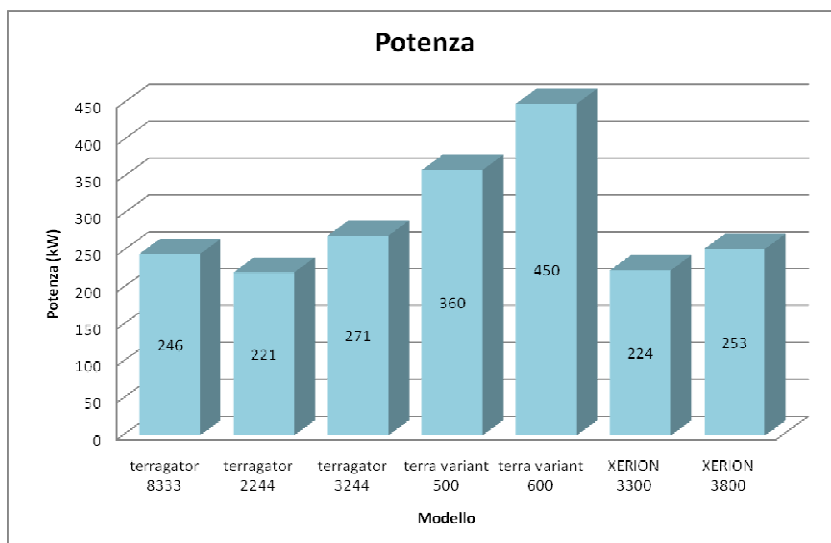


Fig. 7.33 – Potenza del motore dei sette modelli

I sistemi di distribuzione di cui sono equipaggiati richiedono infatti elevati sforzi per poter eseguire il proprio lavoro: i tubi distributori spesso terminano con organi per la lavorazione del terreno quali ancore, denti elastici o dischi variamente conformati.

### **6.2.2 Capacità del serbatoio per il carburante e cilindrata**

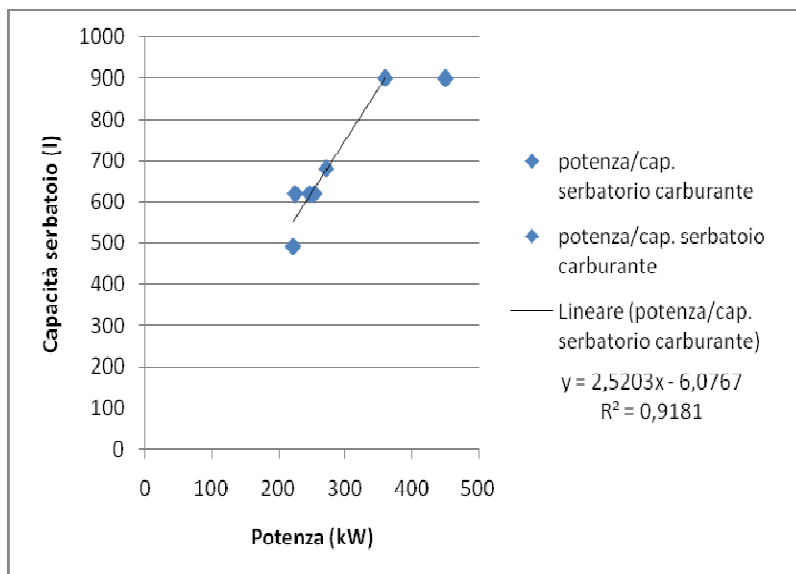
Un altro dato interessante riguarda la capacità del serbatoio per il carburante: un adeguato suo dimensionamento garantisce un'elevata autonomia, riducendo l'incidenza del tempo perso per i rifornimenti durante una giornata di lavoro.

Dall'analisi dei dati su 7 modelli (tab.7.23, fig. 7.34), il quantitativo di carburante immagazzinabile nel serbatoio è risultato proporzionale alla potenza del motore del mezzo semovente fino ad un certo punto (360 kW) e successivamente si mantiene costante nonostante l'incremento di potenza.

Si può ipotizzare che questo andamento sia dovuto a motivi costruttivi, nel senso che serbatoi troppo grandi risultano ingombranti, difficili da posizionare all'interno della struttura e comportano un notevole aumento di massa che va ad incidere negativamente sul fenomeno del compattamento del terreno.

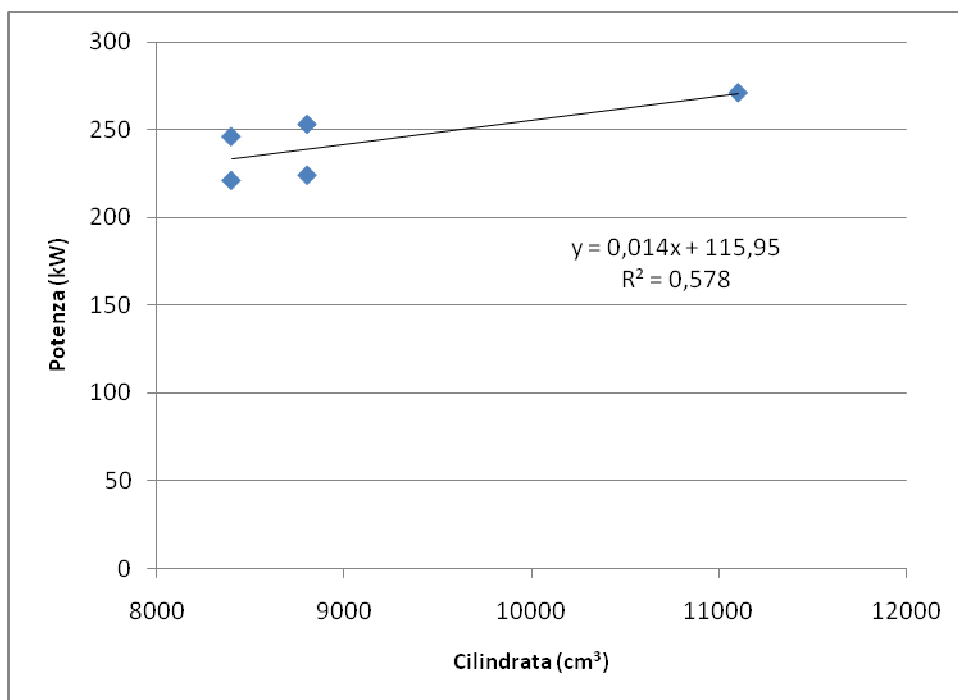
**Tab. 7.23** – Potenza e capacità del serbatoio carburante degli spandilquame semoventi

<b>MODELLO</b>	<b>POTENZA NOMINALE (kW)</b>	<b>CILINDRATA (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>CAPACITA' SERBATOIO (litri)</b>
<i>Terra-gator 8333</i>	246	8400	620
<i>Terra-gator 2244</i>	221	8400	492
<i>Terra-gator 3244</i>	271	11100	681
<i>Terra variant 500</i>	360	n.f.	900
<i>Terra variant 600</i>	450	n.f.	900
<i>Xerion 3300</i>	224	8804	620
<i>Xerion 3800</i>	253	8804	620



**Fig. 7.42** – Andamento della capacità del serbatoio del carburante e della potenza del motore.

La potenza è stata inoltre comparata con la cilindrata, al fine di evidenziare la presenza di motori più o meno prestazionali (Fig. 7.35) grazie al tracciamento di una linea di tendenza: quella più attendibile, in base all' $R^2$ , è risultata quella lineare.



**Fig. 7.35** – Correlazione tra la cilindrata e la potenza del motore



### 6.2.3 Sistema di alimentazione

Parametro di notevole importanza nei mezzi semoventi è il motore (tab. 7.24).

**Tab. 7.24** – Principali parametri dei motori montati sui mezzi semoventi

MODELLO	MOTORE	CILINDRATA (l)	NUMERO CILINDRI	SOVRALIMENTAZIONE	SISTEMA DI INIEZIONE	POTENZA NOMINALE (kW)
terra gator 2244	sisu	8,1	6	turbocompressore intercooler	elettronico (Bosch)	221
terra gator 3244	caterpillar	11,1	6	turbocompressore intercooler	regolazione elettronica	271
terra gator 8333	sisu	8,4	6	turbocompressore intercooler	common rail	246
terra variant 500	mercedes	12,8	8	turbocompressore intercooler	regolazione elettronica	360
terra variant 600	mercedes	16	8	turbocompressore intercooler	regolazione elettronica	450
xerion 3300	caterpillar	8,8	6	turbocompressore intercooler	regolazione elettronica	224
xerion 3800	caterpillar	8,8	6	turbocompressore intercooler	regolazione elettronica	253

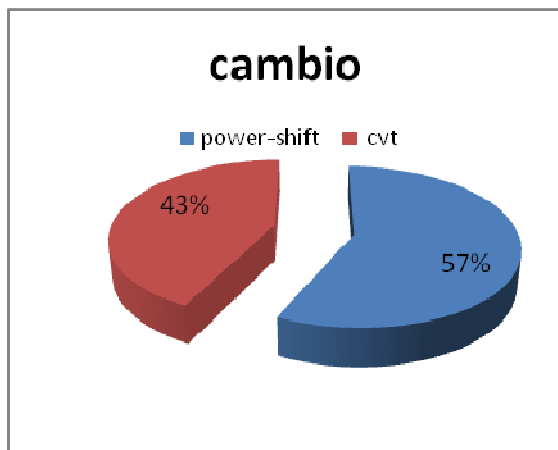
Dal materiale consultato per questa analisi, è emerso che tutti i modelli sono dotati di regolazione elettronica dell'iniezione (common rail) e di sistema di sovralimentazione (turbocompressore intercooler), sistemi che vengono normalmente montati nei mezzi con potenze del motore di questa entità.

### 6.2.4 Trasmissione

I dati relativi alla tipologia di cambio montata sui diversi modelli risultano di notevole interesse poiché evidenziano che il cambio a variazione continua ha una quota quasi paritaria (43%) rispetto al cambio power – shift (57%), ormai affermato sul mercato da parecchi anni (tab. 7.21, graf. 7.34).

**Tab. 7.25** – Tipologia di trasmissione montata sui mezzi spandilquami semoventi

STATISTICHE	NUMERO	PERCENTUALE
Power – shift	4	57 %
Cambio a variazione continua	3	43 %
TOTALE	7	100%



**Fig. 7.36** – Tipologie di cambio utilizzati negli spandiliquami semoventi

L'utilizzo delle trasmissioni CVT garantisce innanzitutto migliori condizioni di lavoro per quanto riguarda l'affaticamento del guidatore: viene quasi totalmente escluso l'uso della frizione, le voltate a fine campo vengono fatte con il solo ausilio dell'inversore idraulico, spesso possono essere montati dei dispositivi informatici in cui vengono registrate le operazioni per la svolta del mezzo (alzare il sollevamento, disinserire la presa di potenza, ecc.).

Inoltre, dal punto di vista della macchina, il cambio a variazione continua garantisce, grazie all'infinito numero di marce, che il motore possa lavorare sempre al giusto regime, riducendo notevolmente i consumi di carburante.

### **6.2.5 Tipologia di pompa**

Nei mezzi semoventi le pompe montate sono tutte volumetriche a lobi in quanto, avendo una portata direttamente proporzionale alla velocità di rotazione, garantiscono una regolare e calibrata distribuzione in campo a seconda delle esigenze: terreni che ricadono in zona vulnerabile ai nitrati o meno oppure utilizzo di liquami con diversa composizione chimica.

Sempre per tutti i modelli, le pompe sono del tipo che elaborano direttamente il liquame, quindi possono avere problemi per quanto riguarda la corrosione dovuta al contatto con il prodotto e per eventuali intasamenti.

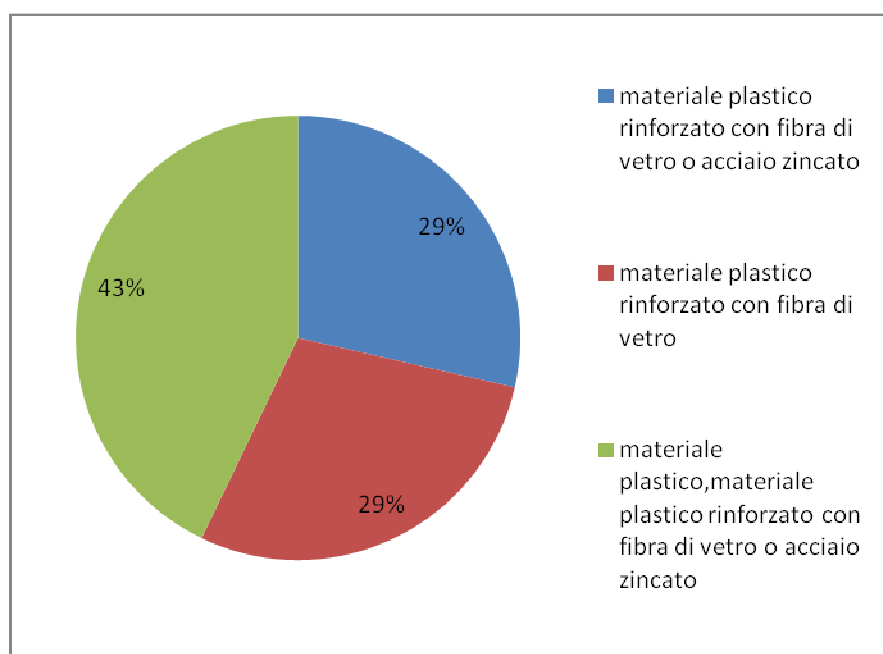
### **6.2.6 Materiale del serbatoio**

Tutte i costruttori considerati si affidano all'esterno per la costruzione del serbatoio, per cui risulta un' ampia scelta sul materiale adottato (tab. 7.26 e fig. 7.37).

**Tab. 7.26** – Materiale del serbatoio impiegato nei mezzi semoventi

MATERIALE SERBATOIO	MODELLI	PERCENTUALE
Materiale plastico rinforzato con fibra di vetro o acciaio zincato	2	29%
Materiale plastico rinforzato con fibra di vetro	2	29%
Materiale plastico, materiale plastico rinforzato con fibra di vetro o acciaio zincato	3	43%
TOTALE	7	100%

A differenza dei materiali impiegati nei modelli trainati, oltre al classico acciaio zincato e al materiale plastico (poliestere in particolare), viene utilizzata anche la fibra di vetro, materiale che si ottiene dalla filatura del vetro a diametri d'ordine inferiore al decimo di millimetro in modo da perdere la sua caratteristica fragilità per divenire un materiale ad elevata resistenza meccanica e resilienza (resistenza ad urti improvvisi).



**Fig. 7.37** – Rappresentazione dei materiali del serbatoio nei mezzi semoventi

### 6.2.7 *Analisi delle masse*

Come per i mezzi trainati, anche per i semoventi sono stati elaborati dei dati relativi alle masse dei modelli presi in considerazione (tab. 7.27).

**Tab. 7.27** – Analisi delle masse dei mezzi semoventi e relativi valori minimi, medi e massimi

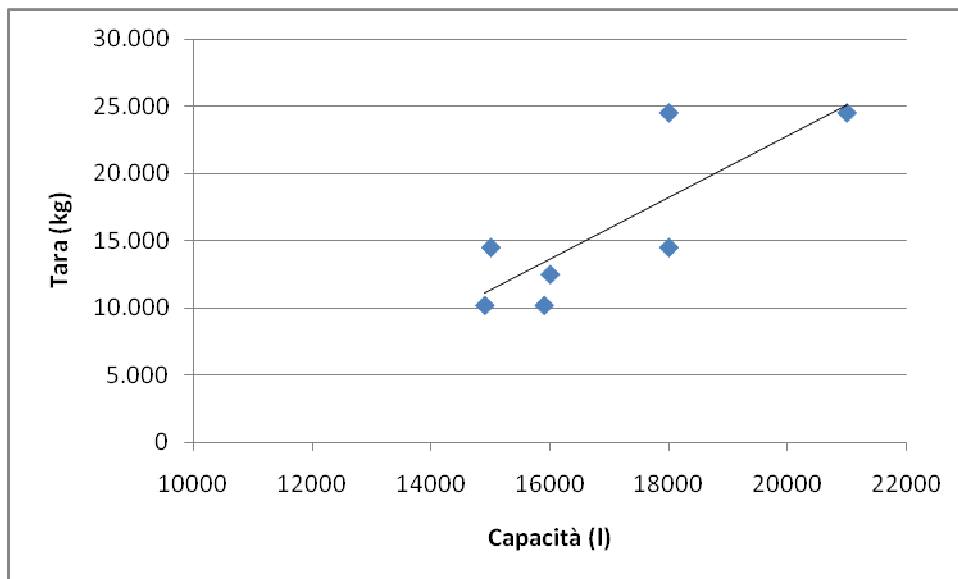
MODELLO	ASSI	TARA (kg)	TARA PER ASSE (kg)	CAPACITÀ (l)	MASSA PER ASSE (kg)	INDICE CAPACITÀ/PESO (l/kg)	INCIDENZA
terragator 2244	2	14.500	7250	15000	14750	1,03	49%
terragator 3244	2	14.500	7250	18000	16250	1,24	45%
terragator 8333	1,5	12.500	8333	16000	19000	1,28	44%
Terra variant 500	2	24.500	12250	18000	21250	0,73	58%
Terra variant 600	2	24.500	12250	21000	22750	0,86	54%
Xerion 3300	2	10.200	5100	14900	12550	1,46	41%
Xerion 3800	2	10.200	5100	15900	13050	1,56	39%
media		15843	8219	16971	17086	1,17	47%
minimo		10200	5100	14900	12550	0,73	39%
massimo		24500	12250	21000	22750	1,56	58%

Come prima elaborazione, è stato prodotto il grafico (fig. 7.38) che mette in relazione la capacità e la tara dei vari mezzi, dal quale successivamente è stata calcolata la retta di

regressione e il relativo valore di  $R^2$  di seguito riportati:

$$y = 2,3075x + 23319$$

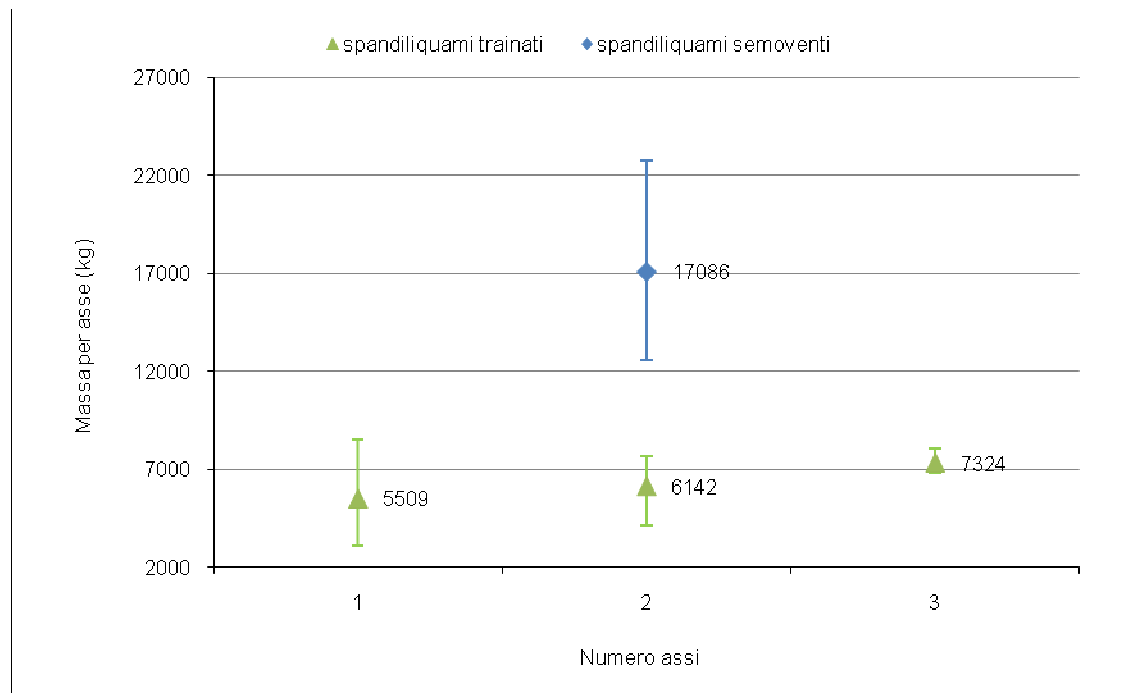
$$R^2 = 0,6672$$



**Fig. 7.38** – Relazione tra la capacità del serbatoio e la tara del mezzo

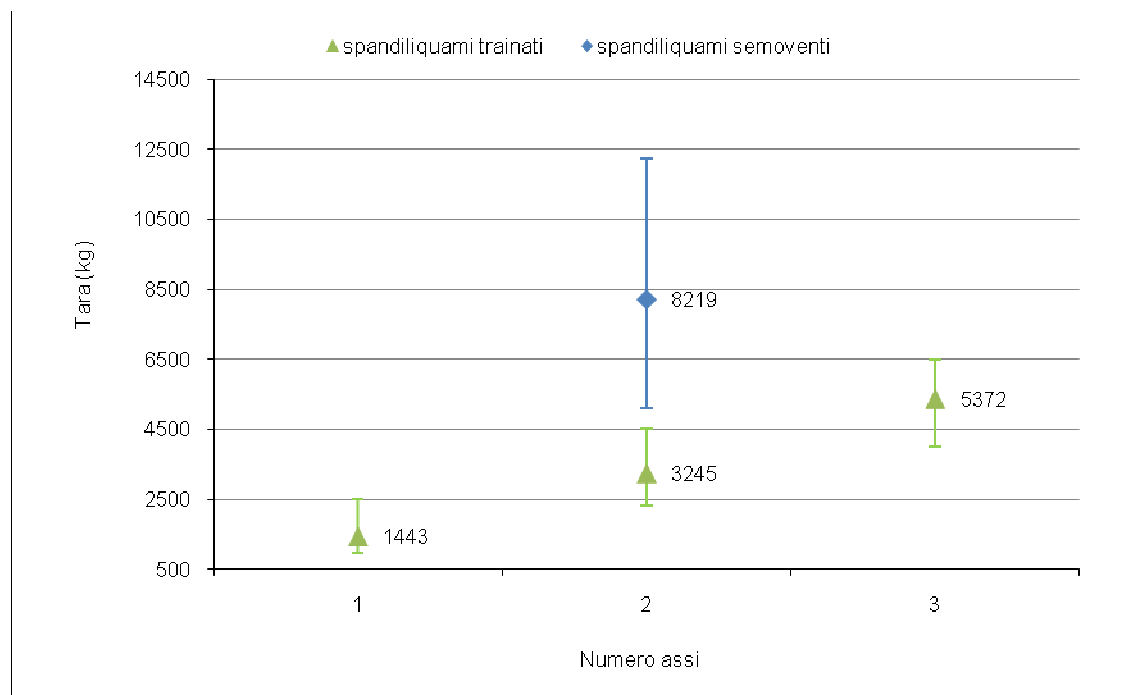
Dopo di che sono stati calcolati i valori degli indici di capacità/tara per ogni modello e il valore medio, massimo e minimo per la categoria: confrontando i valori ottenuti con quelli dei mezzi trainati, risulta molto evidente, e scontato, che quest'ultimi presentino valori molto maggiori solo per il fatto che non viene mai considerata la massa del trattore che effettua il traino dello spandilquame (valore che nei mezzi semoventi non si riesce a scorporare in quanto la macchina è unica).

Nel confronto tra le masse gravanti su ogni asse, anche qua i valori dei mezzi semoventi sono nettamente superiori proprio perché quelli trainati sono composti solo dai sistemi che eseguono trasporto e spandimento, mentre ai semoventi si devono aggiungere anche tutti i componenti per l'autodislocamento e l'erogazione della potenza (fig. 7.39).



**Fig. 7.39** – Confronto tra i mezzi semoventi e quelli trainati relativo alle masse incidenti per asse

La tara nei mezzi semoventi incide per una percentuale molto maggiore rispetto ai valori precedentemente trovati nei modelli trainati (confrontandoli con i mezzi trainati a serbatoio in plastica i valori sono più che doppi). Per quanto riguarda i valori assoluti delle tare possiamo dire che il valore medio è sicuramente maggiore si può però notare una sovrapposizione tra alcuni valori di mezzi semoventi e mezzi trainati: si può quindi concludere che un mezzo con una mole maggiore può causare minor danno al terreno con il suo passaggio di un mezzo trainato, al quale si dovrebbe aggiungere anche la massa del mezzo trainante (fig. 7.40).



**Fig. 7.40** – Confronto delle tare tra i mezzi semoventi e trainati

### 6.2.8 Pneumatici

Come già visto nei mezzi trainati, l'analisi dei pneumatici e delle masse dei mezzi ha notevole importanza soprattutto a livello agronomico in quanto si riesce a capire se in passaggio del mezzo implica un danno alla struttura del suolo.

Per quanto riguarda i dati analizzati, bisogna ricordare che per i modelli della ditta Claas i pneumatici consigliati erano più di uno e sono stati tutti analizzati, mentre le ditte Challenger e Holmer indicavano un tipo di pneumatico per ogni modello.

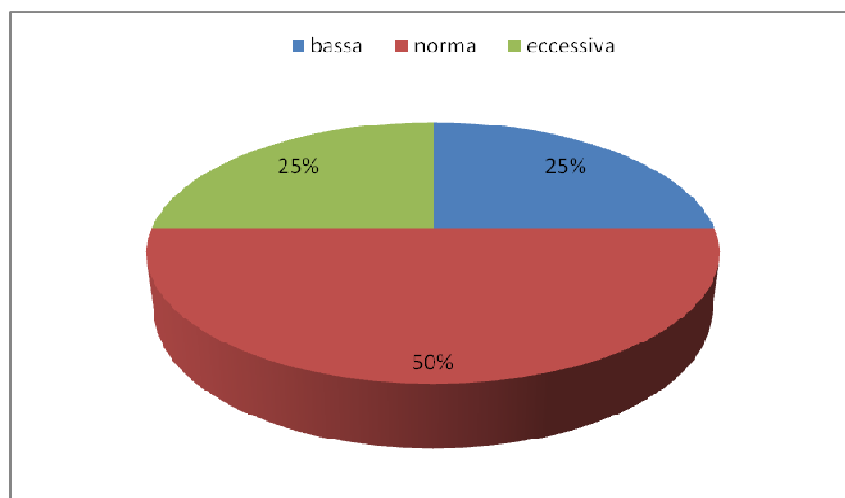
Innanzitutto è stata calcolata la massa totale a pieno carico gravante su ciascuna ruota (tab. 7.28) ed i valori ottenuti sono stati elaborati per vedere se risultano:

- eccessivi, qualora la massa per ruota sia maggiore della somma tra la media di tutti i modelli (8709 kg) e la deviazione standard (1912 kg), cioè superiori a 10618 kg per ruota
- bassi, qualora la massa per ruota sia minore della differenza tra la media di tutti i modelli e la deviazione standard, cioè inferiori a 6794 kg per ruota
- nella norma qualora i valori siano compresi tra la differenza e la somma della media di tutti i modelli e la deviazione standard, cioè compresi tra 6794 e 10618 kg per ruota

**Tab. 7.28** – Analisi delle masse gravanti su ciascuna ruota dei mezzi semoventi

MARCA	MODELLO	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RUOTE	MASSA PER ASSALE (kg)	MASSA SU CIASCUNA RUOTA (kg)	MASSA GRAVANTE SU CIASCUNA RUOTA
challenger	tg2244	29.500	4	14.750	7375	nella norma
challenger	tg3244	32.500	4	16.250	8125	nella norma
challenger	tg8333	28.500	3	19.000	9500	nella norma
holmer	terra variant	39.500	4	19.750	9875	nella norma
holmer	terra variant	42.500	4	21.250	10625	massa gravante eccessiva
holmer	terra variant	45.500	4	22.750	11375	massa gravante eccessiva
class	xerion 3300	25.100	4	12.550	6275	bassa
class	xerion 3800	26.100	4	12.550	6275	bassa

Dalla figura 7.41 si evince che il 25% dei mezzi risulta avere una massa eccessiva che grava sulle singole ruote (mezzi caratterizzati da una tara elevata oppure mezzi che scaricano le masse solo su tre ruote) mentre il 50% e il 25% hanno masse gravanti sulle ruote nella norma o basse rispettivamente.



**Fig. 7.41** – Ripartizione dei mezzi semoventi in base alla massa gravante su ogni ruota

Con i dati relativi ai pneumatici (in particolare: le dimensioni del battistrada e il diametro) sono stati utilizzati per calcolare le pressioni al suolo esercitate dai mezzi a pieno carico, quindi durante le fasi di lavoro in campo. Il calcolo delle pressioni al suolo è stato effettuato a parità di area dell'impronta al suolo, fissata in 500.000 mm<sup>2</sup>, dato tipico per questa tipologia



di mezzi e per gli pneumatici che montano (quindi compatibile con lo schiacciamento che si verifica).

Per la valutazione dei mezzi sono stati presi in considerazione i seguenti valori di riferimento per la pressione:

- 0.6 bar, come valore minimo in campo al di sotto del quale la pressione risulta troppo bassa anche per gli pneumatici ad alto galleggiamento
- 4.4 bar, come valore di pressione massimo per le lavorazioni in campo
- 5.5 bar, come valore massimo per la circolazione su strada oltre il quale la pressione si considera troppo alta

Conseguentemente, si hanno le seguenti categorie di pressione (tab. 7.29):

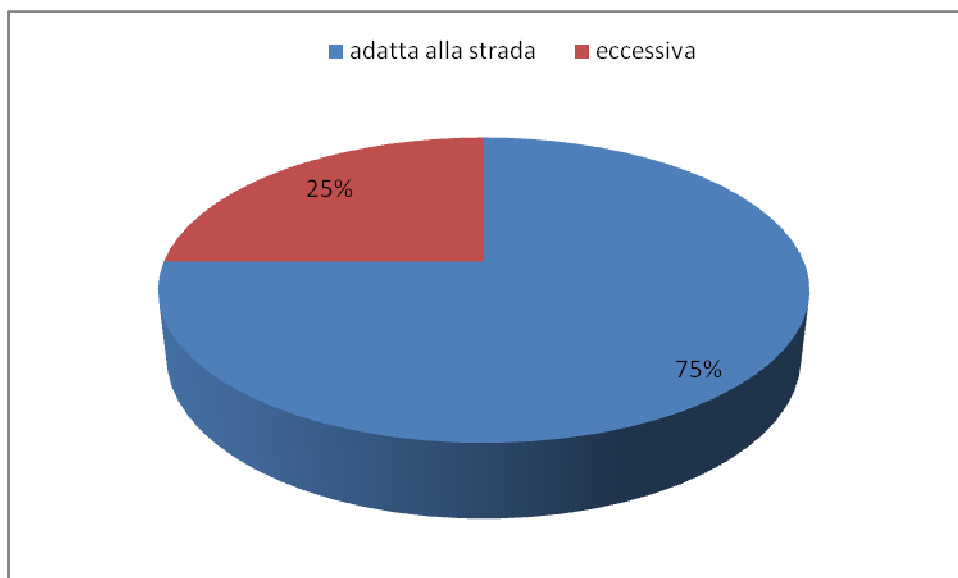
- $p < 0.6$  bar: pressione troppo bassa
- $0.6 \text{ bar} < p < 4.4$  bar: pressione adeguata per il campo
- $4.4 \text{ bar} < p < 5.5$  bar: pressione adatta alle strade ma non al campo
- $p > 5.5$  bar: pressione eccessiva

**Tab. 7.29** – Analisi dei mezzi semoventi in base alla pressione esercitata al suolo

MARCA	MODELLO	FORZA (N)	AREA TOTALE (mm <sup>2</sup> )	PRESSIONE (bar)	CONTROLLO VALORE PRESSIONE
challenger	tg2244	289.395	500.000	5,8	pressione eccessiva
challenger	tg3244	318.825	500.000	6,4	pressione eccessiva
challenger	tg8333	279.585	500.000	5,6	pressione eccessiva
holmer	terra variant	387.495	500.000	7,7	pressione eccessiva
holmer	terra variant	416.925	500.000	8,3	pressione eccessiva
holmer	terra variant	446.355	500.000	8,9	pressione eccessiva
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo

MARCA	MODELLO	FORZA (N)	AREA TOTALE (mm <sup>2</sup> )	PRESSIONE (bar)	CONTROLLO VALORE PRESSIONE
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3300	246.231	500.000	4,9	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo
class	xerion 3800	256.041	500.000	5,1	pressione adatta alle strade ma non al campo

Dalla figura 7.42 si nota come le pressioni esercitate al suolo sono per il 75% dei mezzi analizzati adatte alla circolazione stradale, ma non al lavoro in campo ed il restante 25% presenta mezzi con una pressione al suolo eccessiva: questi dati comunque non sono più di tanto preoccupanti in quanto tutti i mezzi semoventi possono essere dotati di sistemi di autogonfiaggio degli pneumatici in modo da garantire la giusta pressione nelle diverse fasi di lavoro e/o trasporto e riducendo al minimo gli effetti dannosi al suolo dovuti al loro passaggio.



**Fig. 7.42** – Suddivisione dei modelli proposti sul mercato in base alla pressione esercitata al suolo

L'ultima analisi ha riguardato lo schiacciamento percentuale degli pneumatici (tab. 7.30) per effetto della massa gravante su di essi. La formula utilizzata è la seguente (S=0% pneumatico indeformato, S=100% pneumatico completamente schiacciato):

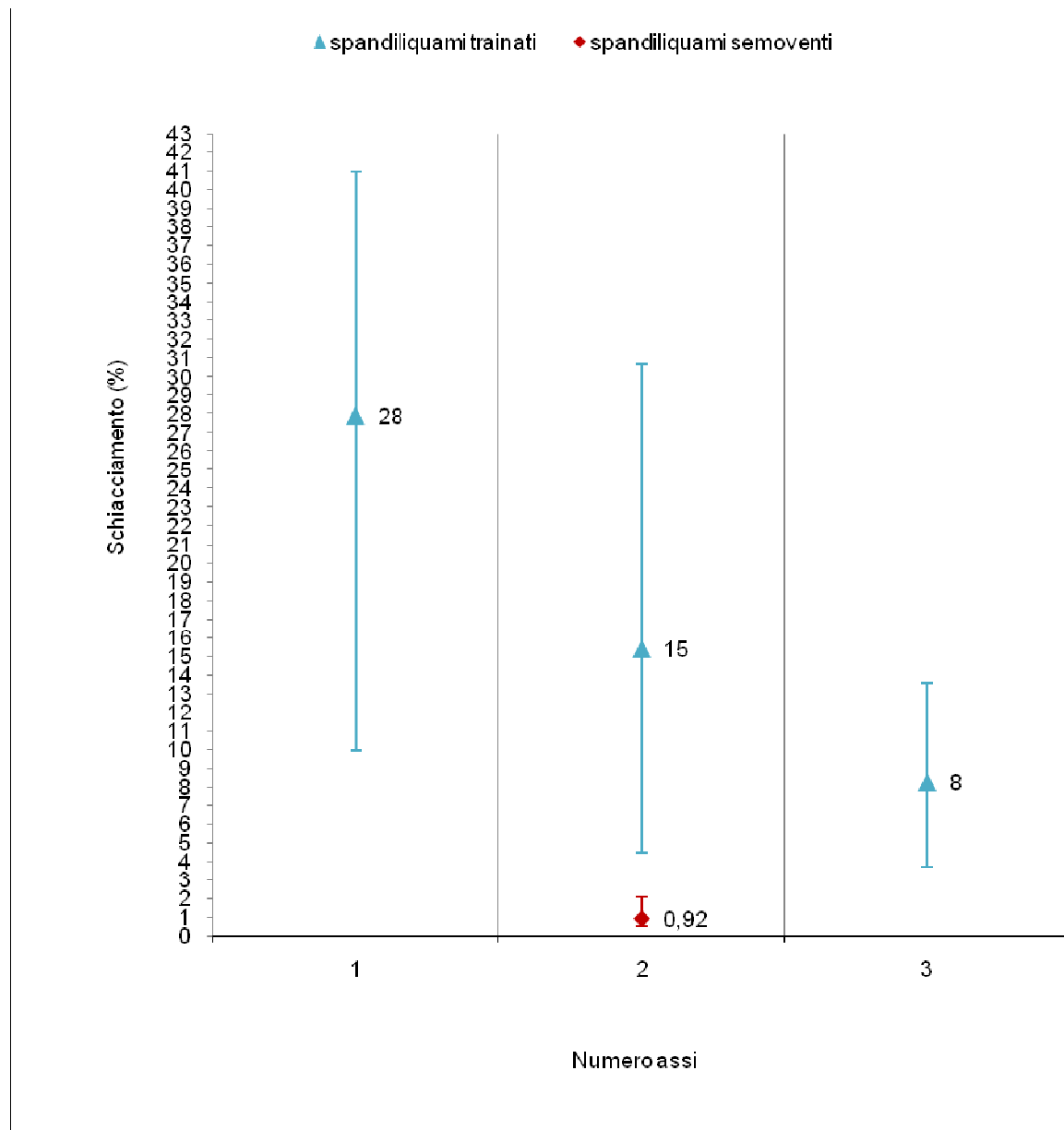
$$S_{(\%)} = \frac{r_{indef.} - r_{def.}}{r_{indef.}}$$

Prima di tutto è stato calcolato lo schiacciamento considerando la stessa area di appoggio imposta nei mezzi trainati, cioè 200.000 mm<sup>2</sup>, in modo da poter fare degli adeguati confronti.

**Tab. 7.30**– Analisi relativa allo schiacciamento a cui sono sottoposti i pneumatici dei mezzi semoventi (area di appoggio 200.000 mm<sup>2</sup>)

MARCA	MODELLO	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
challenger	tg2244	29.500	931,4	927	0,5%
challenger	tg3244	32.500	931,4	927	0,5%
challenger	tg8333	28.500	931,4	927	0,5%
holmer	terra variant	39.500	964,3	954	1,1%
holmer	terra variant	42.500	926,4	918	0,9%
holmer	terra variant	45.500	931,4	927	0,5%
class	xerion 3300	25.100	914,6	896	2,1%
class	xerion 3300	25.100	1035,1	1024	1,1%
class	xerion 3300	25.100	970,1	958	1,3%
class	xerion 3300	25.100	1030,4	1021	0,9%

MARCA	MODELLO	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
class	xerion 3300	25.100	926,4	918	0,9%
class	xerion 3300	25.100	1042,6	1035	0,7%
class	xerion 3300	25.100	946,4	940	0,7%
class	xerion 3300	25.100	1022,6	1017	0,6%
class	xerion 3300	25.100	983,4	977	0,6%
class	xerion 3800	26.100	914,6	896	2,1%
class	xerion 3800	26.100	1035,1	1024	1,1%
class	xerion 3800	26.100	970,1	958	1,3%
class	xerion 3800	26.100	1030,4	1021	0,9%
class	xerion 3800	26.100	926,4	918	0,9%
class	xerion 3800	26.100	1042,6	1035	0,7%
class	xerion 3800	26.100	946,4	940	0,7%
class	xerion 3800	26.100	1022,6	1017	0,6%
class	xerion 3800	26.100	983,4	977	0,6%
				medio	0,92%
				minimo	0,52%
				massimo	2,07%



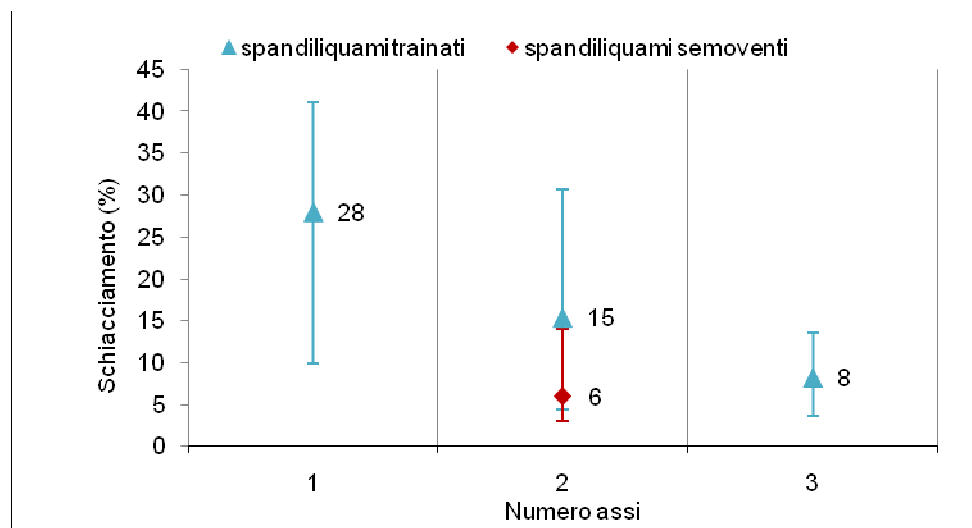
**Fig. 7.43** – Confronto dello schiacciamento degli pneumatici nei modelli semoventi e trainati

Confrontando i valori di schiacciamento dei mezzi semoventi con quelli ottenuti precedentemente sui mezzi trainati, si può vedere come questi ultimi risultino molto maggiori rispetto ai valori riferiti ai modelli semoventi: questo dato indica che la superficie utilizzata per il calcolo dello schiacciamento è troppo piccola nei confronti dei mezzi semoventi.

Di conseguenza si è rifatto il calcolo con una superficie maggiore pari a 500.000 mm<sup>2</sup> (tab. 7.31).

**Tab. 7.31** - Analisi relativa allo schiacciamento cui sono sottoposti i pneumatici dei mezzi semoventi (area di appoggio 500000 mm<sup>2</sup>)

MARCA	MODELLO	MASSA COMPLESSIVA (kg)	RAGGIO PNEUMATICO INDEFORMATO (mm)	RAGGIO PNEUMATICO DEFORMATO (mm)	SCHIACCIAMENTO
challenger	tg2244	29.500	931,4	900	3,3%
challenger	tg3244	32.500	931,4	900	3,3%
challenger	tg8333	28.500	931,4	900	3,3%
holmer	terra variant	39.500	964,3	898	6,9%
holmer	terra variant	42.500	926,4	872	5,9%
holmer	terra variant	45.500	931,4	900	3,3%
class	xerion 3300	25.100	914,6	789	13,8%
class	xerion 3300	25.100	1035,1	961	7,2%
class	xerion 3300	25.100	970,1	891	8,2%
class	xerion 3300	25.100	1030,4	968	6,0%
class	xerion 3300	25.100	926,4	872	5,9%
class	xerion 3300	25.100	1042,6	995	4,6%
class	xerion 3300	25.100	946,4	905	4,4%
class	xerion 3300	25.100	1022,6	984	3,8%
class	xerion 3300	25.100	983,4	943	4,1%
class	xerion 3800	26.100	914,6	789	13,8%
class	xerion 3800	26.100	1035,1	961	7,2%
class	xerion 3800	26.100	970,1	891	8,2%
class	xerion 3800	26.100	1030,4	968	6,0%
class	xerion 3800	26.100	926,4	872	5,9%
class	xerion 3800	26.100	1042,6	995	4,6%
class	xerion 3800	26.100	946,4	905	4,4%
class	xerion 3800	26.100	1022,6	984	3,8%
class	xerion 3800	26.100	983,4	943	4,1%
				media	6%
				minimo	3%
				massimo	14%



**Fig. 7.44** – Confronto tra gli schiacciamento dei pneumatici dei mezzi trainati e semoventi

Con i nuovi valori calcolati lo schiacciamento dei mezzi semoventi risulta molto vicino a quello dei mezzi trainati a tre assi (fig. 7.44): di conseguenza, grazie anche ai dispositivi di autogonfiaggio di cui sono muniti i modelli in esame, questi mezzi riescono a ridurre al minimo la pressione al suolo esercitata durante il loro passaggio (il che nei mezzi trainati, ad oggi, non è possibile)

### 6.3 Pompe per spandiliquame

L'analisi ha interessato anche le ditte produttrici di pompe maggiormente utilizzate negli spandiliquame, in quanto queste risultano essere i componenti principali della macchina.

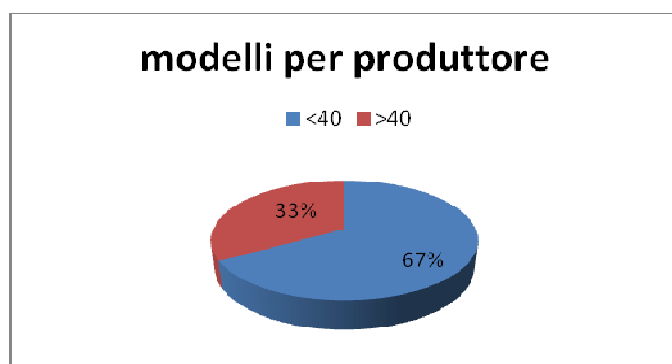
L'elenco delle ditte interessate viene riportato nella seguente tab. 7.32.

**Tab. 7.32** – Elenco delle ditte costruttrici di pompe per spandiliquame oggetto di analisi

DITTA	INDIRIZZO	RECAPITI
<i>Battioni e Pagani</i>	Via Cav. E. Ferrari, 2 Ramoscello di Sorbolo (PM)	Tel.: 0521/663203 Fax: 0521/663206 E-mail: info@battionipaganipompe.it www.battionipaganipompe.it
<i>Jurop</i>	Via Crosera, 50 Azzano Decimo (PN)	Tel.: 0434/636811 Fax: 0434/636812 E-mail: / www.jurop.it

DITTA	INDIRIZZO	RECAPITI
Vogelsang	Via A. De Gasperi, 25 Pandino (CR)	Tel.: 0373/220312 Fax: 0373/91087 E-mail: info@vogelsang-srl.it www.engineered-to-work.com

I modelli proposti dalle suddette aziende sono 178 in totale: di queste tre ditte, solo una presenta un catalogo prodotti con più di 40 modelli, mentre le altre due si fermano al di sotto di tale soglia (fig. 7.45); tutte le ditte sono comunque molto specializzate nel settore delle pompe per l'elaborazione di liquami, sia agricoli che civili o industriali, da montare su spandiliquami trainati e semoventi o su camion con l'allestimento per l'autospurgo.



**Fig. 7.45** – Rappresentazione delle ditte relativamente al numero di modelli proposti

### 6.3.1 Tipologia di pompe

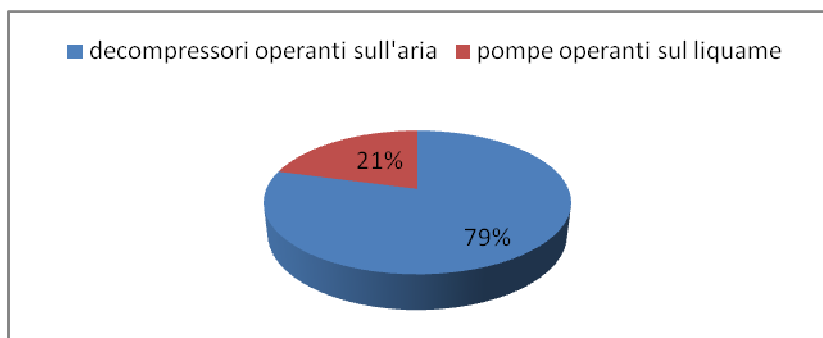
Le tipologie di pompa che le aziende mettono a disposizione sono rappresentate dalla tab. 7.33 e dalla figura 7.46.

Come si può osservare la maggiore offerta riguarda il decompressore operante sull'aria (79% del mercato), mentre le pompe operanti sul liquame rappresentano solo il 21%.

**Tab. 7.33** – Tabella riassuntiva relativa alle tipologie di pompe presenti nel mercato

TIPOLOGIA	NUMERO	PERCENTUALE
<i>Decompressori operanti sull'aria</i>	141	79%
<i>Pompe operanti sul liquame</i>	37	21%
<b>TOTALE</b>	<b>178</b>	<b>100%</b>





**Fig. 7.46** – Suddivisione percentuale delle pompe proposte dal mercato relativamente alla tipologia

Questi risultati sono quelli che ci si aspettava in quanto rispecchiano fedelmente la suddivisione degli spandiliquame sulla base della tipologia di serbatoio dove c'è la netta prevalenza di quelli in pressione, sui quali vengono montati i decompressori che elaborano l'aria, rispetto a quelli atmosferici che necessitano di pompe operanti sul liquame.

I decompressori hanno il vantaggio che, non entrando mai in contatto diretto con il refluo, sono soggetti ad una minore usura e ad minor rischio di intasamento rispetto alle pompe che elaborano il liquame.

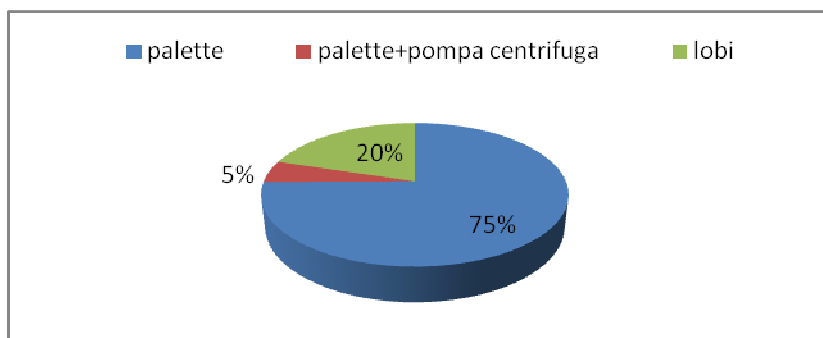
Andando più in dettaglio le pompe proposte dalle ditte considerate si dividono nelle seguenti tipologie (tab. 7.34).

**Tab. 7.34** – Suddivisione delle pompe analizzate in base alla tipologia.

TIPOLOGIA	NUMERO	PERCENTUALE
palette	137	75%
palette + pompa centrifuga	9	5%
lobi	37	20%
<b>TOTALE</b>	<b>183</b>	<b>100%</b>

I gruppi decompressore/pompa centrifuga che rappresentano il 5% dei modelli sul mercato, non sono altro che l'unione di

- un *decompressore* (gli stessi modelli che sono montati singolarmente sugli spandiliquame), utilizzato per il carico e lo scarico del serbatoio, e
- una *pompa*, generalmente centrifuga, destinata allo spandimento del refluo tramite azionamento del gettone



**Fig. 7.47** – Suddivisione delle pompe proposte dal mercato in base alla tipologia

I dati ottenuti (fig. 7.47) sono concordi con quelli precedentemente visti relativi alle tipologie di pompe e di serbatoio che vengono utilizzati nei mezzi trainati.

### 6.3.2 Modalità di azionamento

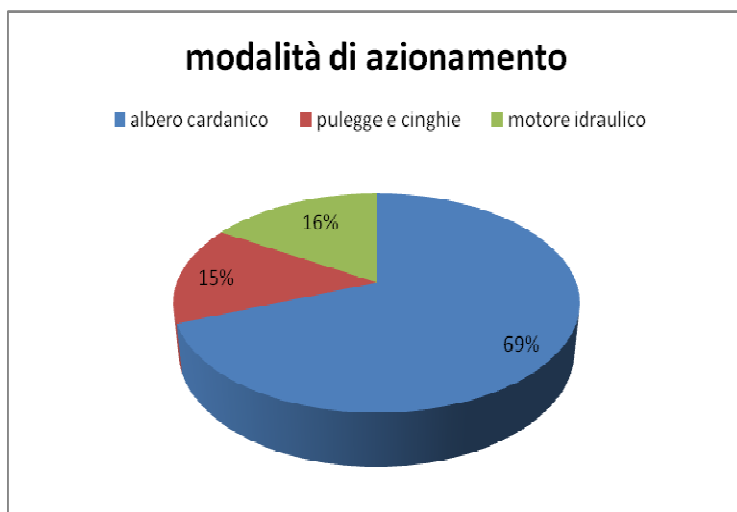
Uno dei primi parametri presi in considerazione è la modalità di azionamento delle pompe (tab. 7.35 e fig. 7.49). L'analisi di mercato ha evidenziato che il 69% dei modelli è azionato per connessione diretta tramite albero cardanico, il 16% con motori idraulici e il 15% tramite pulegge e cinghie (modelli da installare su mezzi semoventi come ad es. gli spandilquame o i mezzi per lo spurgo dei pozzi neri; fig. 7.48).



**Fig. 7.48** – Pompa modello “star” con azionamento tramite rinvio di cinghie e pulegge ([www.battionipaganipompe.it](http://www.battionipaganipompe.it))

**Tab. 7.35** – Tabella riassuntiva relativa alle modalità di azionamento delle pompe in commercio

MODALITÀ DI AZIONAMENTO	NUMERO	PERCENTUALE
Albero cardanico	123	69%
Pulegge e cinghie	26	15%
Motore idraulico	29	16%
<b>TOTALE</b>	<b>178</b>	<b>100%</b>



**Fig. 7.49** – Ripartizione percentuale dei modelli di pompe proposte dal mercato in base alla modalità di azionamento

Il fatto che oltre due terzi dei modelli siano prodotti con azionamento ad albero cardanico (sia esso con regime di rotazione a 540, 1000 giri/min od entrambi<sup>11</sup>) porta a pensare che le ditte costruttrici siano notevolmente specializzate sui modelli destinati a macchine impiegate nel settore primario e che, di conseguenza, gli spandiliquame assorbono gran parte dei modelli proposti sul mercato.

I modelli azionati da motore idraulico (fig. 7.50), pur aventi rendimenti più bassi, vengono utilizzati nei casi in cui ci si voglia svincolare dalle normali configurazioni e posizioni dei vari componenti degli spandiliquame. Essendo azionate dal motore idraulico, infatti, queste pompe possono essere posizionate in qualsiasi posizione del mezzo, ed in particolare anche in posizioni diverse da quella classica in prossimità della presa di potenza del trattore che effettua il traino del mezzo. La potenza necessaria al funzionamento del motore idraulico viene comunque derivata dal motore del trattore stesso.

---

<sup>11</sup> Per quanto riguarda il regime di rotazione c'è da specificare che:

- 540 giri/min è il regime normalizzato, ottenuto ad un regime di rotazione dell' 80-90% del regime di potenza massima del motore del trattore così da consentire anche lunghi periodi di utilizzo
- 1 000 giri/min, è un regime che si utilizza con i trattori ad elevata potenza, introdotto quando sono stati aumentati i numeri di giri della presa di potenza per avere, a parità di potenza trasmessa, valori di coppia inferiori

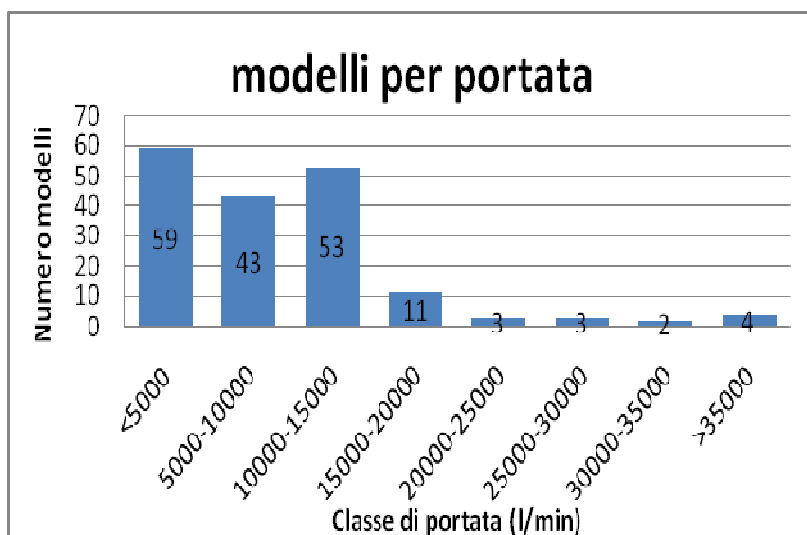


**Fig. 7.50** – Pompa modello “wpt” azionata tramite motore idraulico(www.battionipaganipompe.it)

### 6.3.3 Analisi delle portate

Le portate, cioè le quantità di fluido spostate nell’unità di tempo, sono state analizzate in quanto rappresentano una tra le caratteristiche più importanti in una pompa.

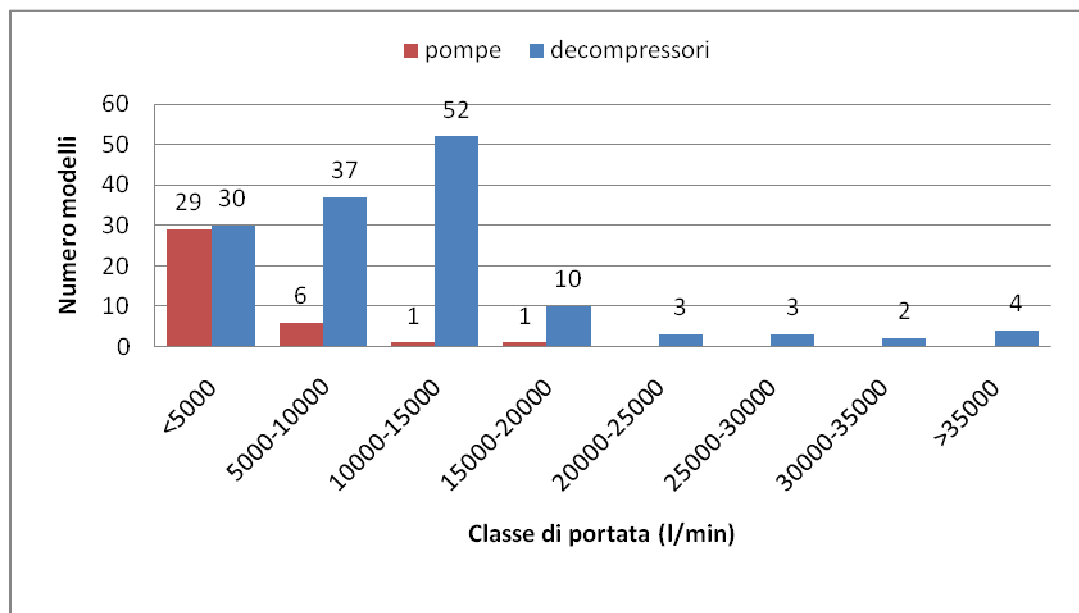
I dati elaborati sono rappresentati nella figura 7.51: nel grafico si sono suddivise le portate (in  $\ell/\text{min}$ ) in classi con ampiezza di 5000  $\ell/\text{min}$ .



**Fig. 7.51**– Rappresentazione dei modelli proposti dalle ditte costruttrici in base a classi di portata

Dal grafico si nota che le pompe più diffuse sul mercato sono quelle con portata inferiore ai 15000  $\ell/\text{min}$ : esse sono 155 modelli su 178 analizzati (l’87% del totale).

Approfondendo questo argomento, c'è stata un'ulteriore suddivisione in base alla tipologia di pompa (operante sul liquame o sull'aria) ottenendo il seguente grafico (fig. 7.52).



**Fig. 7.52** – Suddivisione delle diverse tipologie di pompe in base alla classe di portata

Questo dato conferma quanto già visto con gli spandiliquame e cioè che in Italia dato le caratteristiche dimensionali delle aziende agricole, in termini di superficie, abbastanza esigue il mercato offre modelli adatti a spandiliquami di piccole e medie dimensioni, in quanto sono i più richiesti dagli acquirenti.

Suddividendo l'analisi in base ai due tipi di pompa si può dire che:

- i decompressori sono concentrati prevalentemente al di sotto dei 15.000 l/min (119 modelli su 14,1 pari al 84%)
- le pompe presentano portate generalmente inferiori a 10.000 l/min e non sono presenti oltre i valori di 20.000 l/min di portata (35 modelli su 37, pari al 95%)

I modelli con portate maggiori vengono montati sugli spandiliquami più grandi, i quali presentano l'inconveniente che molto spesso, data l'elevata capacità del serbatoio, non hanno i requisiti per la circolazione stradale: possono essere utilizzati solo da aziende i cui terreni sono limitrofi al centro aziendale o all'allevamento, escludendo quindi le aziende agro-mecchaniche che richiederebbero di macchine con elevate capacità di carico, per contro hanno la necessità di spostarsi continuamente per strada.

## 7 CONCLUSIONI

Lo scopo del presente lavoro è stato l'analisi del mercato dei sistemi di trasporto e spandimento del liquame con la conseguente descrizione delle principali caratteristiche tecnico-economiche.

Per fare ciò ci si è avvalsi dei dati messi a disposizione dai diversi costruttori presenti sul mercato nazionale o anche da enti terzi coinvolti nella divulgazione e nell'informazione agli utenti (come, ad es., il settimanale l'Informatore Agrario).

Dall'analisi è emerso che il settore degli spandiliquame in Italia risulta abbastanza variegato: esistono diverse tipologie di modelli che si differenziano, innanzitutto, per la tipologia di macchina, cioè trainata o semovente, per materiale e tipologia del serbatoio, numero di assi, tipologia di pompa impiegata, sistema di distribuzione utilizzato.

Tra le tipologie analizzate prevalgono i mezzi trainati, prevalentemente di taglia medio – piccola (1 o 2 assi rispettivamente con il 43% e il 35%), data anche la dimensione media delle aziende agricole in Italia che non permette di sostenere l'acquisto di mezzi di elevata capacità di carico (3 assi con quota di mercato del 22%) oppure mezzi semoventi.

Nei mezzi trainati c'è una netta prevalenza dei modelli con serbatoio in pressione (90% dei modelli analizzati), e di conseguenza con decompressore per l'aria, rispetto ai mezzi con serbatoio atmosferico (solo 10%) dove vengono montate pompe per il liquame; per quanto riguarda, invece, il materiale di fabbricazione il 92% dei modelli presi in considerazione utilizza acciaio zincato

Nei confronti delle sospensioni e dell'impianto frenante si può affermare che in entrambi i casi nei mezzi più semplici (1 asse e capacità del serbatoio limitata) prevalgono sospensioni tipiche a balestra e freni meccanici, mentre nei mezzi a 3 assi ed elevata capacità di carico sia le sospensioni che la frenatura risulta di tipo idraulico o pneumatico.

Come già ricordato nello specifico paragrafo, le configurazioni maggiormente diffuse sul mercato in base al numero di assi sono:

- nei mezzi monoasse prevalgono le configurazioni semplici dotate di un'unica apertura posteriore per il carico e lo scarico con l'aggiunta, al massimo, del gettone (configurazioni 1-IDPG e 1---P-)

- nei modelli a 2 assi sono maggiormente diffusi i mezzi con un'entrata per il carico del serbatoio posta lateralmente ad esso, mentre per il sistema di distribuzione si utilizza prevalentemente il piatto deviatore ed il gettone (configurazioni 2-1DPG e 2-1DPG)
- per i mezzi a tre assi prevalgono quelle che prevedono la proboscide per il carico del serbatoio ed il sistema di distribuzione ad ancore (in numero variabile da 2 a 4) che effettua l'interramento del refluo (configurazioni 3P1S2-, 3P--2- e 3P--4G)

Altra caratteristica tipica di questo settore è l'elevata possibilità di scelta lasciata all'acquirente finale: infatti tutte le ditte costruttrici non entrano in dettaglio su tutti i sottosistemi che compongono i loro modelli, oppure danno la possibilità di scelta tra 2 opzioni (sistema di distribuzione, tipo di pneumatici, di sospensioni, di freni) in quanto sarà proprio l'utilizzatore finale a scegliere i componenti che più si addicono alle sue esigenze di lavoro.

Ciò rende da un lato difficile standardizzare i modelli presenti sul mercato ed inoltre può creare difficoltà al compratore durante la fase di acquisto proprio a causa della difficoltà di comparazione e dell'estrema varietà.

Nei confronti dei mezzi semoventi l'analisi ha riguardato sia le caratteristiche della motoristica sia la parte riguardante l'elaborazione del liquame.

Essi risultano tutti con elevata potenza (tra i 200 e i 450kW), con turbocompressori e con sistema di iniezione controllato elettronicamente; la trasmissione prevalente è quella power – shift (57% dei mezzi analizzati), seguita dalla trasmissione a variazione continua con il 43% di quota di mercato.

Tutti i modelli considerati montano pompe volumetriche a lobi che elaborano direttamente l'effluente da spargere, per cui il serbatoio sarà a pressione atmosferica nella totalità dei casi.

Oltre alle suddivisioni dei modelli in base ai suddetti parametri distintivi, è risultato interessante lo studio della massa gravante su ogni singola ruota, della pressione esercitata al suolo dal mezzo (a parità di area dell'impronta) e dello schiacciamento cui sono sottoposti i pneumatici. Sebbene questi ultimi (pressione, schiacciamento) non siano dati immediatamente leggibili sulla documentazione tecnica raccolta ma vengano ricavati a seguito di calcolo, essi possono rilevarsi ugualmente interessanti perché caratterizzano ulteriormente i mezzi sottoposti ad accertamenti.

Il confronto tra i mezzi semoventi e trainati ha portato alla conclusione che, sebbene i dati di pressione esercitata al suolo siano maggiori nei mezzi semoventi, questi sono comunque da preferire perché in genere sono dotati del sistema di autogonfiaggio per cui la pressione delle ruote si può adeguare alla situazione (di lavoro o di trasporto) che il mezzo sta affrontando (dato confermato dai valori di schiacciamento molto limitati che sono stati ottenuti per questi mezzi), il che nei mezzi trainati, a tutt'oggi, è impossibile.

L'evoluzione del mercato sta andando verso l'utilizzo di sistemi e materiali sempre più sofisticati, anche grazie al ridimensionamento che in questi ultimi anni ha subito l'azienda agricola media in Italia (prevalentemente per aumento della superficie media).

Per quanto riguarda i materiali di produzione dei serbatoi, quelli plastici sono già stati introdotti e probabilmente ci sarà la diffusione anche nei mezzi trainati della fibra di vetro con indubbi vantaggi sull'effetto negativo dovuto al calpestamento del suolo e per la circolazione stradale.

Data l'elevata utilità del sistema di autogonfiaggio questo dovrebbe essere montato anche nei modelli trainati, almeno i più sofisticati (3 assi con elevate capacità di carico e scarso schiacciamento dei pneumatici) dove le masse sono maggiori e lo schiacciamento dei pneumatici è ridotto.

Sarà oggetto di evoluzione nei mezzi trainati anche il sistema di distribuzione in quanto attualmente non è in grado di garantire un'adeguata distribuzione conforme alla Direttiva Nitrati che impone dei rigorosi limiti per ettaro e per anno delle quantità di azoto da spargere.

Le ditte che non riusciranno ad innovare in maniera adeguata il loro parco macchine saranno destinate ad uscire dal mercato in quanto gli operatori attualmente stanno acquisendo una nuova sensibilità anche nei confronti dei temi ambientali, ricercano mezzi con maggior tecnologia in modo ad poter eseguire lavori sempre più precisi e le leggi in materia di protezione dell'ambiente sono sempre più severe.

Dovrebbe essere buona norma da parte degli utenti, all'atto dell'acquisto, andare un po' oltre il prezzo e cercare di capire se il mezzo presenta delle caratteristiche non visibili ad occhi nudo che possono risultare negative col passare del tempo (per es. rotture dovute all'eccessiva massa gravante sugli assi oppure la perdita della struttura del suolo per effetti negativi di costipamento).





## 8 APPENDICI

### 8.1 Composizione chimica del liquame

**Tab. 8.1** – Composizione media dei liquami di diverse categorie di animali allevati (da Agronomia generale e ambientale di Luigi Giardini, pag 432)

COMPO NENTI	BOVINI CARNE		VITELLI		SUINI		POLLI DA CARNE		OVAIOLE	
	T. Q.	S. S.	T. Q.	S. S.	T. Q.	S. S.	T. Q.	S. S.	T. Q.	S. S.
H <sub>2</sub> O	85-95	/	98	/	95-98	/	30-40	/	80	/
S. O.	8-8,5	80-85	1,6	80	2,6-2,8	75-80	50-55	80-85	16	80
N	0,4	4	0,18	9	0,25	7	3	5	1,1	5,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3	3	0,06	3	0,14	4	2	3	0,6	3
K <sub>2</sub> O	0,4	4	0,05	2,5	0,25	7	1,6	2,5	0,4	2
Ca	0,3	3	0,05	2,5	0,17	5	2	3	0,6	3
Mg	0,07	0,7	0,01	0,7	0,03	1	0,3	0,5	0,1	0,5
Fe	0,01	0,1	/	0,1	0,003	0,15	0,13	0,2	0,04	0,2

### 8.2 Direttiva Nitrati

Col nome di “Direttiva Nitrati” si indica il regolamento europeo 91/676/CEE introdotto per regolamentare l'utilizzo agronomico dei reflui zootecnici (fig. 8.1).

Esso è stato promulgato a seguito dei sempre più frequenti fenomeni di inquinamento dovuti alla



**Fig. 8.1** – Spandimento del liquame con sistema rasoterra (www.mantova.coldiretti.it)

lisciviazione dell'azoto nitrico di origine organica nelle falde sotterranee e nei corpi idrici superficiali.

Le principali problematiche derivanti da una scorretta distribuzione in campo degli effluenti zootecnici interessano:

- *acque superficiali*: i nutrienti, soprattutto azoto e fosforo, per effetto della lisciviazione e dell'erosione finiscono nei corpi idrici portando alla manifestazione dell'eutrofizzazione, che consiste nell'arricchimento delle acque con sostanze nutritive e conseguente proliferazione delle alghe: queste dovrebbero comportare un aumento dell'ossigeno nell'acqua, ma a seguito della loro morte il quantitativo di ossigeno cala per azione dei microbi aerobi che decompongono la sostanza organica che le compongono. Con la riduzione dell'ossigeno disciolto in acqua si ha la conseguente moria di pesci e altri organismi acquatici aerobici
- *acque profonde*: vengono apportati, per fenomeni legati alla lisciviazione, nutrienti e germi patogeni; il fenomeno risulta tanto più grave quanto più la falda in esame viene utilizzata per fini potabili
- *suolo*: un eccesso di nutrienti al suolo comporta un accumulo di sali che può avere effetti negativi sulla struttura, manifestare fenomeni di fitotossicità o di bioaccumulo; questi fenomeni sono caratteristici qualora venga distribuito liquame suino che presenta elevate quantità di rame e zinco
- *atmosfera*: l'aspersione dei reflui zootecnici, e in particolar modo di liquame, comporta l'emissione di cattivi odori (dovuti alla presenza di composti tipo ammoniacca, acido solfidrico, mercaptani, fenoli), la volatilizzazione dell'ammoniaca (incrementa il fenomeno delle piogge acide) e richiama notevoli quantità di insetti fastidiosi
- *prodotti agricoli*: la distribuzione in copertura degli effluenti di allevamento causa il loro imbrattamento e il bioaccumulo di eventuali molecole tossiche presenti al loro interno

Per contrastare questi fenomeni la Direttiva Nitrati individua delle zone, all'interno di ogni stato membro, in cui i quantitativi di azoto/ettaro/anno da distribuire risultano diversi tra loro e correlati alla tessitura dei terreni e alle caratteristiche idrologiche

- *Zone vulnerabili ai nitrati*, sono le zone più a rischio perché al loro interno ricadono terreni con tessitura sciolta e/o ricca di scheletro oppure la falda è superficiale o non ben protetta; in queste zone i quantitativi di azoto da apportare al terreno sono di 170 kg/(ha·anno);

- *Zone non vulnerabili ai nitrati*, in cui i terreni generalmente presentano una tessitura più fine per cui, in presenza di una maggior quantità di colloidali, le acque risultano meno a rischio; le dosi massime di azoto da apportare sono 340 kg/(ha·anno).

Per stimare il quantitativo di deiezioni prodotte a livello aziendale e, conseguentemente, la superficie necessaria allo spandimento delle stesse si può eseguire una stima orientativa a partire dal quantitativo medio di escrezione per tipologia di animale allevato.

Successivamente, conoscendo i quantitativi medi di azoto, fosforo e potassio presenti nelle deiezioni della categoria allevata (in t di peso vivo allevato), è quindi possibile stimare i nutrienti prodotti annualmente.

Questo valore viene considerato indicativo perché trascura la tipologia costruttiva dell'allevamento e delle strutture di stoccaggio, nonché la modalità di distribuzione che influiscono notevolmente soprattutto sulla disponibilità dell'azoto.

### 8.3 *Digestione anaerobica*

La digestione anaerobica è un processo biologico anaerobico dovuto all'attività di specifici batteri. Si suddivide in 4 fasi a seconda del tipo di batterio che prevale: *idrolisi*, *acidogenesi*, *acetogenesi*, *metanogenesi*.

Questo processo può avvenire in svariate condizioni ambientali grazie all'elevata adattabilità dei batteri; comunque, per massimizzare la produzione di metano le condizioni migliori sono le mesofile (30-35°C) o le termofile (55-60°C).

La digestione anaerobica porta alla formazione del *biogas* a partire da diverse tipologie di biomassa, provenienti da settori anche molto diversi

- *Agricolo*: reflui zootecnici, residui colturali (paglia, pula di riso, colletti di bietola) o colture energetiche (insilati di mais, sorgo, triticale)
- *Agro-industriale*: scarti organici di macellazione, siero, sottoprodotti ortofrutticoli, fanghi e reflui dell'industria enologica
- *Industriale*: acque reflue o fanghi ottenuti dalla loro depurazione
- *Civile*: frazioni organiche dei rifiuti

La digestione anaerobica risulta importante soprattutto perché consente di deodorizzare e stabilizzare gli effluenti zootecnici: si ha una riduzione finale della quantità di sostanza organica, con variazione della qualità, una riduzione della carica batterica (in particolare di *Salmonella spp.* ed *Escherichia coli*).

Un *impianto di biogas* (fig.8.2) si presenta costituito da un sistema di alimentazione attraverso il quale la biomassa viene inserita nel fermentatore all'interno del quale avviene la digestione anaerobica vera e propria: questo può essere riscaldato o meno a seconda delle condizioni in cui operano i batteri; inoltre la massa viene continuamente mantenuta in movimento per azione di opportune pale di miscelazione. Successivamente, la biomassa viene spostata nel post-fermentatore dove continua la digestione anaerobica, terminata la quale la biomassa esce dall'impianto e può subire una separazione solido/liquido per migliorare ulteriormente la qualità del digestato ottenuto. La frazione liquida verrà convogliata in apposite vasche di stoccaggio mentre la parte solida viene stoccata in cumuli su platea, meglio se coperta.

Il biogas ottenuto viene utilizzato come combustibile in un cogeneratore che trasforma l'energia meccanica in energia elettrica e calore: la prima viene immessa nella rete di distribuzione, al netto dei consumi dell'impianto stesso mentre il secondo, al netto dei consumi per il riscaldamento dei fermentatori, può essere utilizzato per riscaldare serre, allevamenti oppure per riscaldamento domestico attraverso reti di teleriscaldamento.



**Fig. 8.2** – Impianto di biogas della Stalla Sociale di Monastier (TV)  
([www.confcooperativetreviso.it](http://www.confcooperativetreviso.it))

## 8.4 Configurazioni dei modelli trainati in commercio

**Tab. 8.2** – Elenco dei modelli analizzati e relative configurazioni

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
BERTUOLA	FB ESL 200	3P1S2-
	FB ESL 140	2P--P-
	FB ESL 250	3P1S2-
BICCHI	BEL 120 B H	2-1DPG
	BEL 120 B P	2-1DPG
	CB30 V	1---P-
	CB 30 Z	1---P-
	CB 50 V	1---P-
	CB 50 Z	1---P-
	CB 30/MP.Z	1---P-
	CB 50 LDV	1---P-
	CB 30/MP.V	1---P-
	CB 50 LDZ	1---P-
BONSEGNA	CMB50SPM	1---P-
	CMB60SPM	1---P-
	CMB100SPT	1---P-
	CMB120SPT	2P--4-
	CMB140SPT	2P--4-
BOSSINI	B3 300	3P--PG
	B3 260	3P--PG
	B3 200	3P1DP-
	B2 200	2P1DP-
	B2 180	2P1DP-
	B2 140	2-1SP-
	B1 80	1-1SP-
	B1 60	1-1SP-
	B1 50	1---PG
CRAI	CG-60	1---P-
	CG-105	2P--P-
	CG-130	2P--P-
	CG-140	2P--P-
	SUPER 200	3P--2G
	200 SP	3P--2G
CROSETTO	MB27	1---P-
	MB32	1---P-
	MB35	1---P-

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
	MB45	1---P-
	MB60	2P--2-
	MB70	2P--2-
	MB80	2P--2-
	MB140	2P--2-
	M8	2P--R-
	MB200	3P1S2-
	M21	3P1S2-
	M22	3P1S2-
	M15	3P1S2-
	M25	3P1S2-
FEBA	BC 35	1---PG
	BC 60	1---PG
	BC 60	1---PG
	BC 60	1---PG
	BC 60	1---PG
	BC 140	2-1DPG
	BC 140	2-1D4-
GRAZIOLI	EUROPA 120	2P1SPG
	EUROPA 140	2P1SPG
	EUROPA 200	3P--2G
	GRANGET 40	1-1DPG
	GRANGET 50	1-1DPG
	RMB 50	1-1DPG
	RMB30	1-1DPG
	RMB40	1-1DPG
LONCHMANN	RC 20 DKP	1-1SPG
	RC 30 DKP	1-1SPG
	RC 40 DKP	1-1SPG
	RC 50 DKP	1-1SPG
	RC 60 DKP	1-1SPG
	RC 70 DKP	1-1SPG
	RC 80 DKP	1-1SPG
	RC 60 DKP-T	1-1SPG
	RC 70 DKP-T	1-1SPG
	RC 80 DKP-T	1-1SPG
	RC 110 DKP-T	1-1SPG
	RC 20 garda	1-1SPG
	RC 30 garda	1-1SPG

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
	RC 40 garda	1-1SPG
	RC 50 garda	1-1SPG
	RC 60 garda	1-1SPG
	RC 70 garda	1-1SPG
	RC 80 garda	1-1SPG
	RC 60 garda-T	2-1SPG
	RC 70 garda-T	2-1SPG
	RC 80 garda-T	2-1SPG
	RC 110 garda-T	2-1SPG
MUTTI AMOS	M40	1---P-
	M50	1---P-
	M60	1---P-
	M100	2-1SPG
	M140	2-1SPG
	M200	3P--2G
	M200FI	3P--2G
	MB20	1---PG
	MB30	1---PG
	MB40	1---PG
	MB50	1---PG
	MB60	1---PG
	MB80	2-1SPG
MB100	2-1SPG	
PAGLIARI	B120	2P--2G
	B140	2P--2G
	B160	2P--2G
	SP200	3P--4G
	SP250	3P--4G
	SP300	3P--4G
	B200	3P--4G
	B300	3P--4G
	B350	3P--4G
RAVIZZA	RA 100 SB	2P1SP-
	RA 120 SB	2P1SP-
	RA 140 SB	2P1SP-
	RA 150 SB/SI	3P1S4-
	RA 175 SB/SI	3P1S4-
	RA 200 SB/SI	3P1S4-
	RA 230 SB/SI	3P1S4-



MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
	RA 250 SB/SI	3P1S4-
REM	RB 30 CB	1-1DPG
	RB 30 JCB	1-1DPG
	RBM 30 SB	1-1DPG
	RBM 30 JSB	1-1DPG
	RB 35 CB	1-1DPG
	RB 35 JCB	1-1DPG
	RB 35 SS/CB	1-1DPG
	RBM 35 SB	1-1DPG
	RBM 35 JSB	1-1DPG
	RB 40 CB	1-1DPG
	RB 40 JCB	1-1DPG
	RB 40 SS/CB	1-1DPG
	RBM 40 SB	1-1DPG
	RBM 40 JSB	1-1DPG
	RB 50 CB	1-1DPG
	RB 50 JCB	1-1DPG
	RB 50 SS/CB	1-1DPG
	RBM 50 SB	1-1DPG
	RBM 50 JSB	1-1DPG
	RB 70 CB	2-1DPG
	RB 70 JCB	2-1DPG
	RB 70 SS/CB	2-1DPG
	RBM 70 CB	2-1DPG
	RBM 70 JCB	2-1DPG
RB 100 CB	2-1DPG	
RB 100 JCB	2-1DPG	
RB 100 SS/CB	2-1DPG	

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE	
	RBM 100 CB	2-1DPG	
	RBM 100 JCB	2-1DPG	
TECNOSIMA	3 assi	3P1D2G	
	2 assi	2-1DPG	
	1 asse	1---P-	
VAIA	M01B	1---P-	
	M01A	1-1DP-	
	M01	1---PG	
	MB35EX	1---PG	
	MB45EX	1-2SDPG	
	MB50	1-1SPG	
	MB50EX	1-1SP-	
	MB60	1-1SP-	
	MB60EX	1-1SP-	
	MB70EX	1-1SP-	
	MB80EX	1---P-	
	MB100EX	1-1SP-	
	M16	2-1DPG	
	M13	2-1DPG	
	MB80 4R	2-2SDPG	
	MB100 4R	2P--R-	
	M8	2P1S2-	
	M11	2P1SPG	
	M160 4R	2P--P-	
	MB180 4R	2-1SP-	
	M15	3P--P-	
	MB140 TRIDEM	3P--4-	
	M21	3P1SPG	
	MB180 TRIDEM	3P1SPG	
	MB200 TRIDEM	3P--R-	
	MB250 TRIDEM	3-2SDP-	
	VALZELLI	CMB 60/4	1-1SP-
		CMB 60/5	1-1SP-
VI/150 CB		2P1SP-	

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
	VG/160 CB	2P1S2-
	VG/200 CB	3P1SP-
	VG/300 CB	3P1SP-
	VG/300 CB	3P1S2-
	VG/350 CB	3P1S2-
VENDRAMA	CM25S	1---P-
	CM30S	1---P-
	CM40S	1P--2-
	CM40SAM	1---PG
	CM50S	1-1DP-
	CM60S	1-1DPG
	T60	1-1DP-
	CB80S	2-1DRG
	CB80S.001	2-1DRG
	CB100S	2-1DRG
	CB100S.001	2-1DP-
	CB120S	2-1DP-
	CB120S-E.0896	2-1DD-
	T140C.1013	2P1S2-
	T140A.1002	2P2SDPG
	CB140S	2P--2G
	CB140S.001	2P--2G
	CB140S.0057	2P--2G
	T140C.1005	2P--P-
	T140C.1011	2P1S2-
	CT200S	3P1SP-
	T200.1002	3P1S2-
	T200.1006	3P1S2-

MARCA	MODELLO	CONFIGURAZIONE
	T200A.1004	3-2SD4-
	T200A.1003	3-1D4G
	T200A.1000	3P2SD2-
	T200.0857	3P--P-
ZACCARIA	ZAM C 20	1---PG
	ZAM C30	1---PG
	ZAM C40	1---PG
	ZAM C50	1---PG
	ZAM C80 P	2-1SPG
	ZAM C80 I	2-1SPG
	ZAM C100 P	2-1SPG
	ZAM C100 I	2-1SPG
	ZAM C125 P	2-1SPG
	ZAM C125 I	2-1SPG
	ZAM C150 P	3P--2-
	ZAM C150 I	3P--2-
	ZAM C200 P	3P--2-
	ZAM C200 I	3P--2-
	ZAM C230 P	3P--2-
	ZAM C230 I	3P--2-

### 8.5 Sistemi fissi

Come approfondimento relativo ai sistemi di trasporto ed aspersione del liquame, sono stati analizzati anche i sistemi fissi, cioè le strutture permanenti (tranne i sistemi ombelicali che possono essere mobili) utilizzate per convogliare e trasportare sia il liquame di origine zootecnica, ma anche i reflui di origine civile.

### 8.5.1 Sistemi ombelicali

I sistemi ombelicali sono degli impianti per lo spargimento del liquame che possono essere impiegati anche per opere di irrigazione: generalmente risultano costituiti da un sistema di condutture e da un sistema di aspersione al suolo del liquame.

Le condutture per il trasporto del liquame possono essere *fisse* (anche se poco diffuse) ed interrate, oppure *mobili* (molto simili ai rotoloni per l'irrigazione), in materiale plastico, principalmente PVC, di diametro compreso tra 80 e 160 mm.

Tali sistemi non sono dotati di serbatoio in quanto vengono collegati direttamente con la vasca di stoccaggio del liquame posta nelle vicinanze dell'allevamento: va da sé che le suddette macchine possono essere impiegate solo qualora il centro aziendale non risulti separato dai terreni destinati allo spargimento. Questo problema può essere superato qualora l'azienda decida di adottare delle vasche di stoccaggio mobili per l'accumulo temporaneo nei terreni distanti dall'allevamento: in questo caso, il rifornimento di quest'ultime deve avvenire mediante spandiliquami classici trainati o semoventi.

Il pompaggio del liquame avviene mediante pompe, di solito centrifughe, azionate dal motore proprio o dalla trattrice.

Il sistema di distribuzione classico risulta il gettone, anche se ultimamente sono stati introdotti sistemi per la distribuzione rasoterra o interrata (fig. 8.3): in quest'ultimo caso si tratta di veri e propri coltivatori pesanti trainati dal trattore collegati alle tubazioni di trasporto del letame che eseguono contemporaneamente la lavorazione e la distribuzione dell'effluente.

È bene ricordare che per una migliore efficienza dell'impianto



Fig. 8.3 – Apparato di distribuzione degli effluenti di un sistema ombelicale

preferibile sottoporre il liquame ad una separazione solido – liquida in quanto la frazione

chiarificata che ne deriva presenta una percentuale di s.s. inferiore al 4% (valore consigliato massimo) tale per cui i pericoli di intasamento sono ridotti al minimo.

### **8.5.2 Tubazioni**

Le tubazioni, ognuna con una sua specifica funzione, dimensione e caratteristica di materiale, concorrono a formare un sistema complesso che consente il trasferimento di fluidi all'interno di un impianto.

Le tubazioni vengono utilizzate per convogliare i reflui, siano essi di origine zootecnica o civile, da 2 punti posti ad una certa distanza tra loro e/o su due livelli distinti; i materiali impiegati possono essere: plastici (soprattutto PVC), oppure in misura ridotta gres.

### **8.5.3 Stazioni di pompaggio**

Con il termine *sollevamento* si intende l'operazione con cui il livello del fluido all'interno di un impianto viene innalzato, questa operazione viene eseguita mediante stazioni di pompaggio o di sollevamento.

Le *stazioni di pompaggio* sono delle costruzioni prefabbricate, prevalentemente in materiale plastico o in cemento armato, con lo scopo di sollevare il prodotto che arriva al loro interno da una condotta con una certa pendenza e convogliarlo in una condotta successiva che parte ad un livello superiore rispetto a quella dal quale il fluido è arrivato e che, scorrendo con una pendenza minima (0,1-0,2%) terminerà nel punto finale oppure in un'altra stazione di pompaggio.

In genere il gruppo di pompaggio risulta costituito da 2 pompe elettriche sommerse di tipo centrifugo con girante a vortice specifiche per la movimentazione di liquami; le pompe possiedono un interruttore di livello a galleggiante e sono fissate sul fondo della vasca. Le pompe sono due in quanto una opera a regime e l'altra serve in caso di emergenza.

Questa tipologia di impianto viene impiegata solo qualora le distanze da percorrere siano molto elevate, per cui il loro impiego si concentra soprattutto nel settore civile.



## 9 BIBLIOGRAFIA

### 9.1 Libri

- [1] Bergamini M., Trifone A. (2003) Probabilità e statistica descrittiva - Zanichelli
- [2] Censori A. (coordinatore) (2010) Rapporto sulle bioenergie in Veneto 2010 – Veneto Agricoltura
- [3] E.Na.M.A. (2002) Norme di circolazione stradale – sintesi per operatori agricoli ed agro - meccanici
- [4] Ferrari M., a cura di (2004) Ecologia del paesaggio ed ecologia applicata, Edagricole – Edizioni Agricole della Calderini s.r.l., Bologna
- [5] Giardini L. (2002) Agronomia generale ambientale e aziendale, Patron Editore
- [6] Malaguti P., Zanon A. (2005) Principi di meccanica e macchine a fluido, Cappelli Editore
- [7] Pellizzi G., Bodria L., Piccarolo P. (2006) Meccanica agraria vol.1, Il sole 24 ore Edagricole
- [8] Sequi P., a cura di (2005) Fondamenti di chimica del suolo, Patron Editore

### 9.2 Altri documenti elettronici

- [9] Direzo regione Lombardia (serbatoio, sistema distribuzione, pompe), disponibile online al seguente URL:  
<http://mie.esab.upc.es/ms/formacio/Tractament%20i%20Reutilitzacio%20residus%20organics/biblio/DISTRIBUZIONE%20REFLUI.pdf>
- [10] Bietresato M., Dispense di Meccanica Agraria per il Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie, Università degli Studi di Padova, Facoltà di Agraria, A.A. 2010/2011, disponibile online per gli studenti del corso al seguente URL:  
<http://www.agraria.unipd.it/it/Didattica/materialedidattico.asp?idi=4294>



### 9.3 *Siti Internet*

- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.informatore agrario](http://www.informatore agrario).
- [www.fbossini.com](http://www.fbossini.com)
- [www.vendrame.it](http://www.vendrame.it)
- [www.bertuola.com](http://www.bertuola.com)
- [www.grazioliremac.it](http://www.grazioliremac.it)
- [www.vaiasnc.it](http://www.vaiasnc.it)
- [www.pagliari.eu](http://www.pagliari.eu)
- [www.tecnosima.it](http://www.tecnosima.it)
- [www.zaccariarimorchi.com](http://www.zaccariarimorchi.com)
- [www.febarimorchi.com](http://www.febarimorchi.com)
- [www.bonsegna.it](http://www.bonsegna.it)
- [www.lochmann-erich.it](http://www.lochmann-erich.it)
- [www.muttiamos.it](http://www.muttiamos.it)
- [www.remmacchineagricole.it](http://www.remmacchineagricole.it)
- [www.rimorchicrosetto.com](http://www.rimorchicrosetto.com)
- [www.crai-srl.com](http://www.crai-srl.com)
- [www.valzelliagricoltura.it](http://www.valzelliagricoltura.it)
- [www.ravizzariomorchi.com](http://www.ravizzariomorchi.com)
- [www.bicchi.it](http://www.bicchi.it)
- [www.juop.it](http://www.juop.it)
- [www.battionipaganipompe.it](http://www.battionipaganipompe.it)
- [www.engineered-to-work.com](http://www.engineered-to-work.com)
- [www.zunhammer.de](http://www.zunhammer.de)
- [www.challenger-ag.com](http://www.challenger-ag.com)