

dott. ing. CARLO AMIONE

COLONNELLO DEL GENIO (S.T.A.)

720

LA MARCIA DEGLI AUTOMEZZI NEL DESERTO

Estratto dalla Rivista d'Artiglieria e Genio
Febbraio-Marzo 1939-XVII

ROMA
VIA SAN MARCO, 8

dott. ing. CARLO AMIONE
COLONNELLO DEL GENIO (S.T.A.)

720

LA MARCIA DEGLI AUTOMEZZI NEL DESERTO

Estratto dalla Rivista d'Artiglieria e Genio
Febbraio-Marzo 1939-XVII

ROMA
VIA SAN MARCO, 8

LA MARCIA DEGLI AUTOMEZZI NEL DESERTO

dott. ing. CARLO AMIONE, colonnello del genio (S.T.A.)

La tecnica automobilistica, ed in particolare la tecnica automobilistica militare, ha compiuto in questi ultimi anni passi da gigante.

S. E. Badoglio, dopo la travolgente campagna etiopica, ha scritto che « *da tutti e da tutto si può pretendere di più* »; che « studi speciali dovranno essere dedicati ai servizi automobilistici; essi sono in continuo perfezionamento, ma già fin d'ora si può dire che rendono anch'essi più del previsto e sono impiegabili dove non è stato finora previsto ».

S. E. Pariani, nella sua concettosa e stringata esposizione sull'Esercito dell'Italia Fascista, ha messo in evidenza quale importante compito spetti alla motorizzazione nel tipo di guerra che si vuole condurre: guerra di rapida decisione.

Nel quadro di una guerra dell'Italia Imperiale bisogna provvedere perchè tutti i mezzi, e quindi anche gli automezzi, siano facilmente adattabili ai vari ambienti. Sulle Alpi come nel deserto del Sahara, nella pianura somala come sull'altipiano etiopico la motorizzazione deve combattere e vincere la sua battaglia; ed alla motorizzazione, che moltiplica e potenzia i mezzi impegnati nella lotta, spettano compiti sempre più ardui e sempre più importanti.

L'automezzo, assieme con l'aeromobile, si può assumere come simbolo di questa nostra civiltà meccanica e dinamica. L'uomo ha trasfuso nella macchina il suo spirito tanto da formarne un essere solo, teso a raggiungere sempre più alte mete.

« *Ardenter, audenter, semper* » è il motto che caratterizza e riassume la passione per l'automezzo, fattore di progresso e di potenza.

Con tenace e ardente volontà di vittoria, si studiano, si analizzano, si affrontano gli ostacoli. Ove la tecnica non sorregge più, interviene lo spirito per portare la soluzione del problema anche se al limite estremo delle possibilità meccaniche ed umane.

Sino a qualche anno fa, l'automobilismo militare italiano era prevalentemente attratto dalla frontiera alpina ed ai problemi alpini dava le più geniali soluzioni. Gli uomini ed i materiali preparati per l'impiego in montagna risposero brillantemente anche in Etiopia e l'elogio di S. E. Badoglio ne ha constatato il progresso e la potenzialità.

Ma bisogna ancora allargare il campo d'impiego dell'automobilismo prevedendo altri teatri di operazione.

L'automezzo che non si è arrestato di fronte alle grandi difficoltà della marcia fuori strada, che non ha retrocesso davanti alla spessa coltre di neve che copre le nostre montagne, non può arrestarsi davanti alle immense distese desertiche, o al mare di dune.

Le gravi difficoltà che ostacolano la marcia attraverso alle zone desertiche, hanno sempre preoccupato, fin da tempi antichissimi, i condottieri. Le distanze fra i punti d'appoggio o di sosta sono così notevoli che l'unità pratica di misura passa facilmente alle centinaia di chilometri, e gli stessi punti d'appoggio sono, molto spesso, con scarsissime risorse.

L'automezzo, che con la sua velocità abbrevia le distanze e che con la sua alta capacità di rapido trasporto permette di fare astrazione dalle risorse locali, è il naturale elemento risolutore del grave problema.

Era quindi naturale che l'automezzo sbarcasse in Libia fin dai primi giorni della nostra occupazione ed ivi ricevesse il suo battesimo di fuoco.

L'impiego su vastissima scala degli automezzi ne ha dimostrato le grandi possibilità, ma ha anche messo in evidenza quali penose difficoltà si verificano se i materiali non sono adatti al terreno che si percorre.

Per la marcia in zone desertiche è indispensabile la predisposizione di automezzi che possano superare sia le zone rocciose che le zone sabbiose e dunose, che possano sviluppare elevata velocità, abbiano larghissima autonomia e che nel loro complesso meccanico diano la quasi assoluta garanzia di robusta resistenza.

Affinchè la marcia automobilistica nelle zone desertiche possa essere esaminata nel modo più completo possibile è necessario met-

tere in chiara evidenza, sia pure in modo schematico, le peculiari caratteristiche degli automezzi nella marcia fuori strada.

È evidente che, percorrendo zone desertiche, l'automezzo si trova nelle condizioni di essere sempre considerato fuori strada. Però al normale concetto di marcia fuori strada, concetto che per noi italiani tende troppo ad identificarsi col concetto di marcia sulle Alpi, bisognerà aggiungerne un'altro: la marcia nelle zone desertiche e dunose. Su questo particolare riteniamo quindi doveroso insistere a lo scopo di rendere completo il quadro della marcia nelle zone desertiche.

L'automobilismo militare non ha mai pensato di sostituirsi integralmente al mulo nei vari servizi alpini ma ha solo cercato di spostarne più in alto il regno assoluto. Nel deserto invece l'automobilismo militare deve, vuole e può sostituire integralmente il cammello anche nelle zone dunose che sono normalmente ritenute di dominio indiscusso del cammello stesso.

Ardenter, audenter, semper.

LA MARCIA FUORI STRADA DEGLI AUTOVEICOLI

Gli autoveicoli destinati a marciare fuori strada possono essere a ruote od a cingoli; tanto le ruote che i cingoli possono essere o semplicemente portanti o portanti e motori; abbiamo quindi quattro elementi da esaminare:

- 1°) ruota semplicemente portante,
- 2°) ruota portante e motrice,
- 3°) cingolo semplicemente portante,
- 4°) cingolo portante e motore.

1°) *Ruota semplicemente portante.*

Una ruota ferma avente il peso proprio p , e caricata di un peso P' grava sul terreno con un peso totale (fig. 1)

$$P = P' + p$$

Se la ruota è cerchiata in ferro (ad es. una ruota di affusto d'artiglieria, una ruota di carro bagaglio, ecc.) ed il terreno di appoggio è duro e piano, la zona di contatto fra la ruota e terreno è

molto piccola e le pressioni specifiche medie assumono valori molto alti (ad es. superiori ai $500 \div 1000 \text{ kg/cm}^2$).

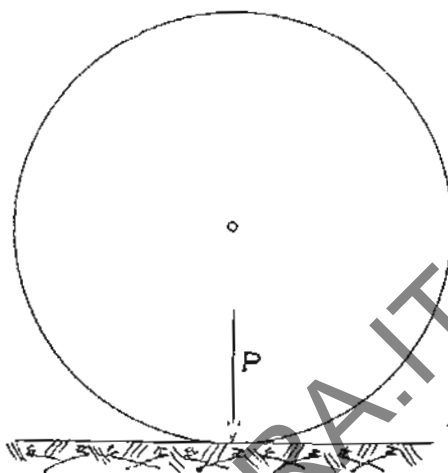


Fig. 1

Queste pressioni specifiche medie sono influenzate da vari elementi e possono raggiungere valori altissimi, tanto da risultare dannosi alla conservazione della strada.

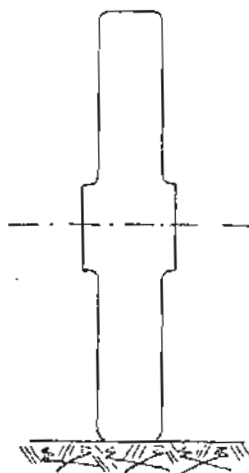


Fig. 2

In particolare sono dannosi i cerchi che l'uso ha molto arrotondato (fig. 2), come sono dannosi i cerchi molto larghi (adottati in certe ruote di affusto) quando la sezione trasversale della strada

è molto incurvata e quindi le ruote non possono appoggiare neanche su tutta una generatrice (fig. 3).

In automobilismo, ed ora anche sugli affusti d'artiglieria, si usano ruote con coperture elastiche, le quali, a causa della maggior superficie d'appoggio, esercitano sul piano stradale, considerato praticamente rigido, delle pressioni specifiche medie molto più basse di quelle esercitate dalle ruote a cerchio metallico. A titolo di primo orientamento possiamo ricordare le seguenti pressioni specifiche medie per automezzi:

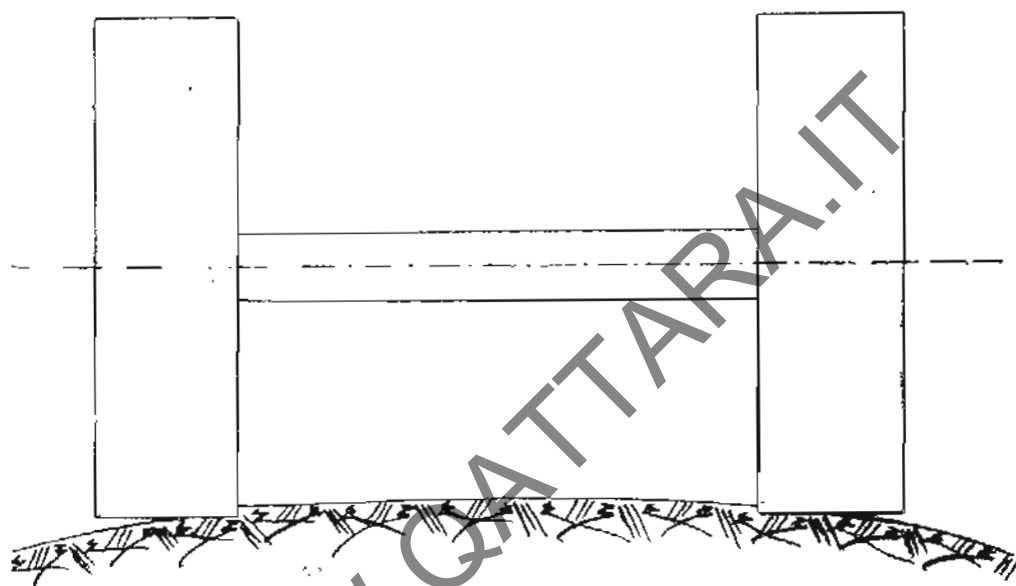


Fig. 3

20 kg/cm^2 per ruote con gommatura piena;

15 kg/cm^2 per ruote con gommatura semipneumatica;

5 ÷ 7 kg/cm^2 per ruote con gommatura pneumatica ad alta pressione;

3 ÷ 4 kg/cm^2 per ruote con gommatura pneumatica a bassa pressione;

1,5 ÷ 2,5 kg/cm^2 per ruote con gommatura pneumatica a bassissima pressione.

Le pressioni specifiche medie variano con il tipo di gommatura, con le pressioni di gonfiaggio, con il carico che grava sulle gomme ecc., ma i dati sopra esposti, per quanto imprecisi, sono sufficientemente orientativi per i nostri ragionamenti.

Noi continueremo a parlare di pressioni specifiche medie (ca-

rico totale gravante sulla ruota diviso per l'area della superficie d'appoggio o impronta della ruota sul terreno, considerato piano e rigido) pur sapendo che le pressioni specifiche effettive nei singoli punti dell'impronta, sono sensibilmente differenti. Senza entrare in dettagli, che esulerebbero troppo dall'argomento in esame, ricordiamo che le pressioni specifiche effettive sono differenti dalle pressioni specifiche medie per i seguenti motivi principali:

- a) disegno del battistrada e profondità delle scolpiture;
- b) rigidità della gommatura (gomme piene, gomme semipneumatiche, pneumatici con carcasse più o meno rigide);
- c) pressione di gonfiamento (per i pneumatici);
- d) carico insistente sulla ruota;
- e) elasticità della ruota e del terreno;
- f) deformazioni anelastiche del terreno.

Se la ruota, ferma, appoggia sopra un terreno duro e resistente, non si ha alcun affondamento e si possono calcolare le pressioni specifiche medie dividendo il peso P per l'area dell'impronta che la ruota lascia sul terreno.

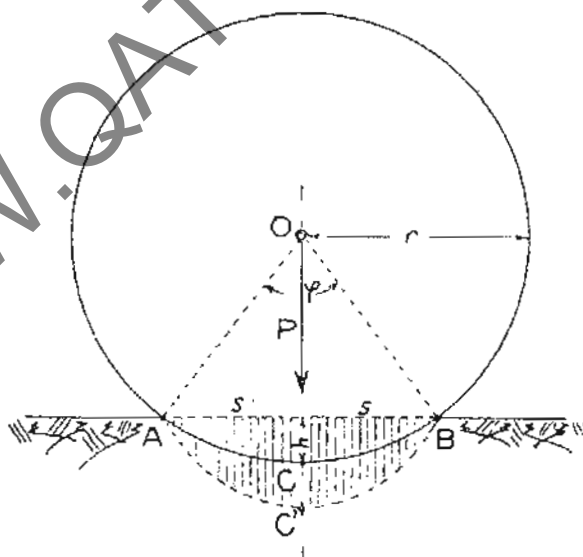


Fig. 4

Se invece il terreno è cedevole e non regge alla pressione esercitata dalla ruota, questa affonda fino a trovare nella maggior superficie d'appoggio e nella costipazione del terreno una reazione totale eguale e contraria al peso P (fig. 4).

Allo scopo di facilitare il problema facciamo tre ipotesi:

a) che la ruota di larghezza costante, a , sia perfettamente rigida;

b) che il terreno deformandosi sotto l'azione della ruota, non rigonfi da nessuna parte, copii esattamente la parte di ruota affondata, e non presenti resistenza allo scorrimento relativo fra gli elementi compressi e quelli non compressi;

c) che l'abbassamento verticale subito dalle aree unitarie del terreno sia proporzionale al carico che esse sopportano.

Con queste semplificazioni è facile disegnare il diagramma delle reazioni che il terreno esercita sulla ruota (fig. 4).

Essendo il cerchione cilindrico, la pressione è uguale su tutti i punti di una generatrice ed il segmento circolare $A C B$ può considerarsi il diagramma della reazione del terreno, secondo una certa costante.

L'area del segmento circolare è data da

$$F = \frac{r(b - 2s) + 2s \cdot h}{2} = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\varphi \pi}{180} - \sin \varphi \right)$$

ove r = raggio della ruota

b = lunghezza dell'arco $A C B$

$2s$ = lunghezza della corda $A B$

h = saetta

φ = angolo al centro, in gradi, che sottende l'arco $A C B$.

Se P è il carico che insiste sulla ruota, si può scrivere:

$$P = K \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\varphi \pi}{180} - \sin \varphi \right)$$

ove K è un coefficiente di proporzionabilità che tiene conto non solo della costante che lega pressioni specifiche ed abbassamenti relativi, ma anche delle scale di disegno e della larghezza (costante) della ruota.

Se, per semplicità, volessimo considerare il segmento $A C B$ come un segmento parabolico, con le stesse notazioni sopra citate noi possiamo scrivere

$$P = K' \frac{2}{3} 2s h.$$

Considerando la parabola riferita al proprio asse ed alla tangente del vertice, possiamo scrivere

$$s^2 = 2 r h$$

da cui

$$h = \frac{s^2}{2 r}$$

e quindi il carico

$$P = K' \frac{2}{3} \frac{s^3}{r}$$

Esaminando quest'ultima formula si ricava che, a parità di tutte le altre condizioni, aumentando il raggio della ruota aumenta la lunghezza della corda in modo tale che il rapporto $\frac{s^3}{r}$ rimanga costante e l'affondamento massimo della ruota diminuisce perchè deve rimanere costante il prodotto $s \cdot h$.

Se il segmento $A C B$, diagramma della reazione del terreno, lo trasformiamo secondo una costante, abbiamo la figura omotetica parabolica, $A C' B$ che rappresenta in modo anche più evidente il diagramma delle reazioni del terreno.

Esaminiamo in modo elementare, i fenomeni che si manifestano quando la ruota, semplicemente portante, viene mantenuta in movimento a velocità uniforme da una forza orizzontale (parallela al piano del terreno) applicata al centro della ruota stessa.

Sempre allo scopo di semplificare il problema continueremo a considerare la ruota perfettamente rigida, trascureremo i particolari necessari per la pratica applicazione della forza orizzontale S (in altri termini trascureremo l'azione fra il mozzo e la bronzina della ruota) e considereremo il terreno perfettamente anelastico.

Se la forza S è maggiore delle resistenze R che si oppongono al movimento, la forza S stessa tende ad imprimere un moto di traslazione a tutta la ruota (fig. 5).

È noto che una ruota semplicemente portante, quando vien spinta, tende a rotolare sul terreno, per effetto della resistenza allo strisciamento sul terreno che la ruota stessa incontra. In pratica

basta un valore piccolissimo dell'attrito fra ruota e terreno perchè avvenga il rotolamento e quindi noi non ci occuperemo neppure del caso della ruota semplicemente portante che sotto l'azione di una spinta orizzontale S non rotoli, tranne il caso di affondamenti fortissimi (e cioè fin quasi all'altezza del centro della ruota).

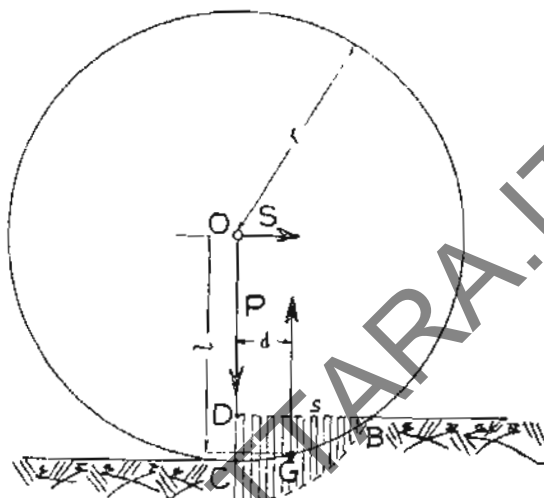


Fig. 5

Una volta iniziato il movimento, questo può mantenersi, a velocità uniforme, se la forza orizzontale S , applicata al centro della ruota, può compiere il lavoro di schiacciamento della striscia di terreno larga quanto è larga la ruota e che si presenta davanti alla ruota stessa.

Per semplicità trascuriamo la resistenza al taglio che il terreno presenta nei piani verticali delimitanti la striscia schiacciata.

La striscia di terreno sulla quale marcia la nostra ruota si abbassa della quantità h ed il contatto fra la ruota ed il terreno si riduce alla superficie cilindrica di traccia BC .

Il diagramma della reazione del terreno, nelle ipotesi fatte, è rappresentato dall'area BCD e, con le notazioni precedenti, possiamo scrivere

$$P = K' \frac{1}{3} \frac{s^3}{r}$$

La risultante della reazione del terreno disterà dalla verticale passante per il centro della ruota di una lunghezza

$$d = \frac{3}{8} s.$$

che è una delle coordinate del baricentro del semisegmento parabolico.

Se facciamo il momento di tutte le forze applicate alla ruota rispetto al punto G abbiamo

$$S \cdot l = P \cdot d$$

e quindi

$$S = \frac{P d}{l} = \frac{3}{8} P \frac{s}{l}$$

A parità di valore del peso P , se vogliamo diminuire l'intensità della forza S , dobbiamo agire sui seguenti elementi:

- diminuire l'affondamento della ruota adottando basse pressioni specifiche,
- aumentare il raggio della ruota.

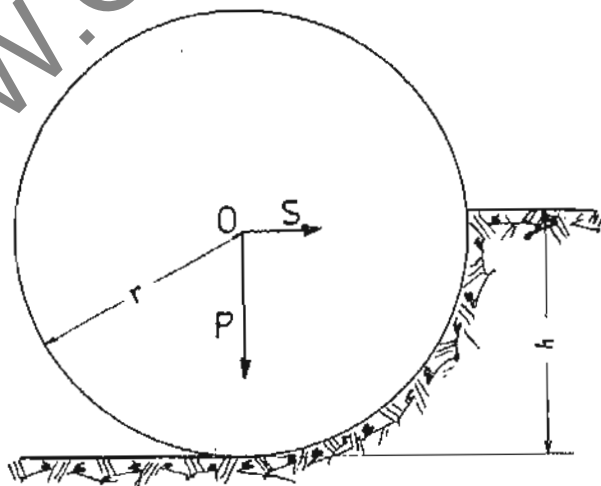


Fig. 6

I ragionamenti fin'ora fatti e le relative conclusioni sono applicabili con pratica esattezza fino a che l'affondamento della ruota, in rapporto al raggio della ruota stessa, è limitato. Se l'affonda-

mento diventa di notevole proporzione non possiamo più considerare che la reazione del terreno sia semplicemente verticale, ed il calcolo della reazione stessa diventa più complicata.

A noi basterà fissare un limite superiore all'affondamento.

Se la ruota affonda di una quantità eguale o superiore al raggio della ruota stessa, la marcia diventa impossibile perchè la forza S tenderebbe anche a comprimere orizzontalmente la striscia di terra antistante e quindi ad ammucciarla davanti alla ruota (fig. 6).

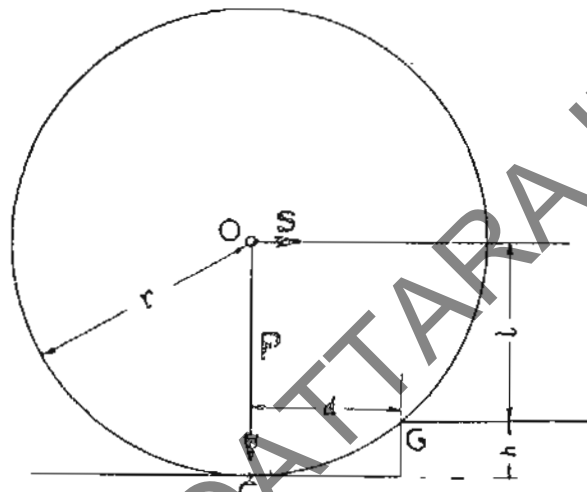


Fig. 7

Ad analoghe conclusioni si perviene quando la ruota incontra un gradino (fig. 7). Il movimento della ruota deve avvenire attorno al punto G e questo movimento è possibile solo se

$$P \cdot d \leq S \cdot l$$

Se l'altezza del gradino diventasse uguale al raggio della ruota, la distanza l si riduce a zero e quindi si riduce a zero anche il secondo membro della eguaglianza soprascritta. In altri termini tutta la forza S si esaurirebbe in una spinta contro il gradino.

Riassumendo, nella marcia su terreno cedevole e su roccia necessita avere:

- ruote alte per superare gradini e vincere affondamenti;
- basse pressioni specifiche per diminuire gli affondamenti.

Ruota portante e motrice.

Se alla ruota precedentemente esaminata applichiamo una coppia motrice di momento M , in luogo della forza S , noi abbiamo la ruota portante e motrice.

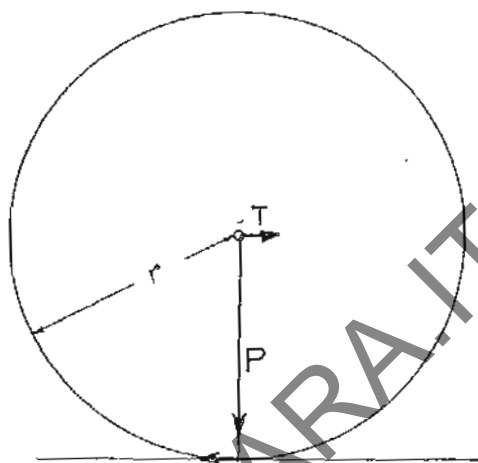


Fig. 8

Il momento della coppia motrice può essere rappresentato da 2 forze T e $-T$ applicate rispettivamente al centro della ruota ed alla zona di contatto fra la ruota ed il terreno e tali che (fig. 8)

$$M = T r$$

È noto che perchè avvenga il movimento di traslazione occorre che siano soddisfatte due condizioni:

a) che la forza T sia maggiore delle resistenze R che si oppongono al moto;

b) che la forza $-T$ sia minore dell'aderenza A fra la ruota e il terreno.

Riassumendo possiamo dire, in valori assoluti, che

se $T > A$ avremo slittamento della ruota,

se $T < A$ avremo locomozione o quiete a seconda che $R < T$

o che $R > T$;

e che inizierà la locomozione se

$$R < T \leq A$$

e che si manterrà il moto se

$$R \leq T \leq A.$$

Nel caso della ruota motrice assume un interesse specialissimo lo studio dell'aderenza fra la ruota e il terreno, perchè con gli odierni automotomezzi destinati alla marcia fuori strada, la potenza, o meglio la coppia applicata alle ruote motrici è sempre esuberante mentre spesso può mancare l'aderenza.

Se la ruota motrice fosse rigida (ad es. metallica) ed agisse sopra una superficie rigida (ad es. rotaia metallica) si potrebbe considerare l'aderenza come un attrito e valersi delle numerose esperienze fatte in merito.

In automobilismo dove tutte le ruote sono con rivestimenti elastici, non si può considerare come un semplice attrito l'aderenza che si sviluppa fra la ruota motrice e la strada.

Le coperture di gomma, con il disegno e le scolpiture più o meno profonde dei battistrada, con l'appropriata pressione di gonfiaggio e con l'elasticità della gomma, tendono ad attaccarsi alla strada migliorando le propria aderenza sia nel senso longitudinale che nel senso trasversale.

Al fine del nostro studio prendiamo ad esaminare il comportamento delle ruote gommate, motrici, nella marcia fuori strada.

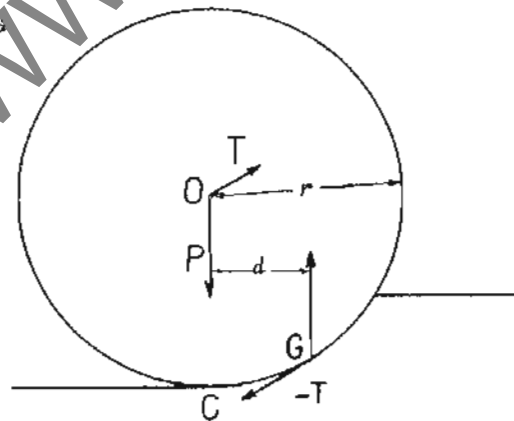


Fig. 9

La ruota motrice che marcia affondata parzialmente nel terreno si trova in condizioni molto diverse dalla ruota semplicemente portante (fig. 9). La forza P (peso totale gravante sul terreno) e la

reazione verticale del terreno si comportano in modo analogo a quanto già visto per la ruota semplicemente portante. La coppia motrice possiamo invece considerarla applicata come in figura 9 e precisamente:

la forza — T deve essere minore dell'aderenza fra ruote e terreno onde avere il movimento;

la forza T non solo tende a spingere avanti la ruota ma tende a sollevarla diminuendo l'affondamento.

Facendo il momento di tutte le forze rispetto al punto G , ove possiamo considerare applicata anche la forza — T , abbiamo

$$P \cdot d = T \cdot r$$

da cui si rileva che la coppia utile, motrice, si trova in condizioni di vantaggio rispetto alla coppia che produce l'avanzamento nella ruota semplicemente portante affondata.

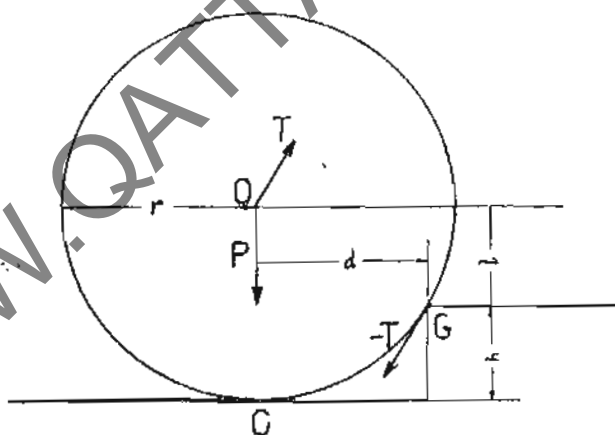


Fig. 10

Il ragionamento risulta ancora più evidente se consideriamo la ruota motrice contro un gradino (fig. 10).

Il movimento della ruota può avvenire solo se

$$P \cdot d = T \cdot r$$

e se l'aderenza della ruota sullo spigolo G è maggiore di T .

Il momento utile della forza T è quindi sempre uguale al momento della coppia motrice.

Se l'altezza del gradino diventa uguale al raggio della ruota, se la ruota può aggrapparsi allo spigolo del gradino stesso e la coppia motrice è sufficientemente potente, la ruota sale.

Riassumendo, a parità di ostacoli da superare (terreno cedevole, gradini) la ruota motrice si trova in migliori condizioni rispetto alla ruota semplicemente portante se riesce a trovare l'aderenza sufficiente, ma anche per la ruota motrice sono preferibili grandi raggi e basse pressioni specifiche sul terreno.

Se il terreno, sul quale vogliamo camminare, è friabile, con lieve crosticina superficiale occorrono anche gomme morbide, poco scolpite; se il terreno invece è duro, a lieve scabrosità sono preferibili le gomme con battistrada scolpite come si usano normalmente sulla strada; ma se il terreno è rotto le gomme con i battistrada normali non sono più impiegabili.

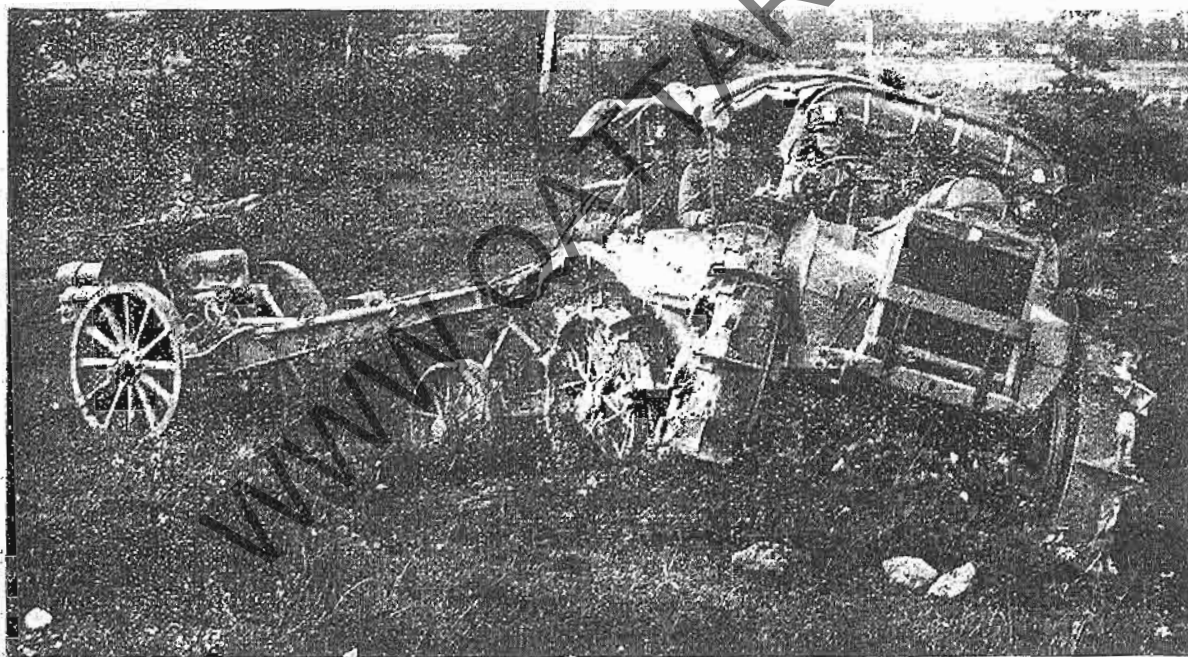


Fig. 11 - Trattore p. c. munito di palette di aderenza

Occorre allora aggrapparsi al terreno, tirando fuori gli artigli, sotto le forme più diverse: battistrada in gomma a disegno speciale e fortemente scolpito (gomme tipo Artiglio), catene di aderenza, piastre di aderenza, palette, ecc.

Cerchiamo ora di esaminare i fenomeni che si verificano quando marciamo con questi speciali mezzi di aderenza, ed allo scopo di fa-

cilitare l'esposizione e lo studio del problema, facciamo delle semplificazioni schematizzando.

Una ruota presenti una serie di nervature radiali, intervallate dalla lunghezza a , aventi larghezza b , spessore c , altezza h (fig. 12).

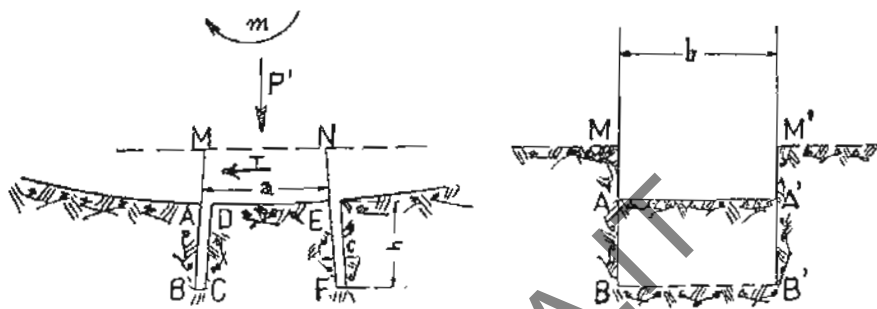


Fig. 12

La ruota munita di palette che marcia sul terreno cedevole può esercitare le seguenti azioni, specie quando l'affondamento della ruota è rilevante:

- dapprima compressione e affondamento nel terreno,
- poi compressione verticale e azione di scavo orizzontale,
- infine azione di scavo con sollevamento della terra verso l'alto.

Agli effetti del nostro studio l'azione più importante è quella che si verifica nella parte centrale del tratto di ruota motrice, nervata, affondata.

Per semplicità supponiamo il terreno anelastico e consideriamo solo il tratto di ruota che comprende un intervallo fra una nervatura e l'altra.

Su detto tratto di ruota graverà il peso P' e la reazione verticale del terreno si eserciterà nei seguenti modi principali:

- a) sulle superfici cilindriche, larghe b , di traccie BC e DE , come una reazione alla compressione,
- b) sulle superfici $AA'B'B$, $CC'D'D$, $ABCD$, $A'B'C'D'$, $AENM$, $A'E'N'M'$ come resistenza di attrito allo scorrimento delle superfici stesse per effetto dell'affondamento della ruota.

Per l'equilibrio la risultante delle reazioni verticali del terreno sarà uguale e contraria al peso P' .

L'elemento di ruota che noi consideriamo, oltre che al peso P' sarà soggetto ad una forza T' che possiamo considerare orizzontale,

frazione della forza — T che abbiamo considerato applicata al cerchione della ruota e che tenderebbe a far slittare la ruota.

La resistenza che si oppone allo spostamento nella direzione di T dell'elemento di ruota in esame, è dovuto essenzialmente alle seguenti cause:

a) resistenza d'attrito sulle superfici cilindriche, larghe b , di traccia $B C$ e $D E$; resistenza d'attrito sulle superfici $A E N M$ ed $A' E' N' M'$;

b) resistenza allo schiacciamento del terreno sotto l'azione orizzontale della faccia $E F F' E'$;

c) resistenza al taglio del terreno lungo le superfici $F F' C' C$, $E F C D$ ed $E' F' C' D'$.

Le resistenze sopra accennate sono nell'ordine progressivo di valore in cui normalmente si presentano. Mettiamo bene in evidenza che quando una ruota motrice si aggrappa al terreno, la marcia può avvenire solo se gli elementi di terreno sui quali le singole palette esercitano le loro azioni non si staccano dal terreno circostante e sottostante. Se gli elementi di terreno sui quali la ruota esercita la sua azione cedono, si verificherà una vera e propria escavazione con trasporto di materiale dietro alla ruota, e conseguentemente la ruota si affonderà nel fosso da lei stessa scavato.

Concludendo, volendo marciare fuori strada con veicoli a ruote sono largamente preferibili i veicoli a ruote tutte motrici, di grande raggio, e con basse pressioni specifiche sul terreno.

3°) Cingolo semplicemente portante.

Quanto abbiamo esposto sulla ruota semplicemente portante possiamo applicarlo molto facilmente al cingolo semplicemente portante.

A lo scopo di facilitare il problema facciamo le seguenti tre ipotesi:

a) il tratto a terra del cingolo, di larghezza costante, a , sia congegnato e caricato in modo da non poter subire alcuna incurvatura. Con questa ipotesi il carico viene distribuito uniformemente su tutto il tratto di cingolo a terra;

b) il terreno, deformandosi sotto l'azione del cingolo, non rigonfi da nessuna parte, copii esattamente la parte di cingolo affondato e non presenti resistenza apprezzabile allo scorrimento relativo fra la parte compressa e quella non;

l'abbassamento verticale subito dalle aree unitarie del terreno proporzionale al carico che esse sopportano. queste semplificazioni è facile disegnare il diagramma delle che il terreno esercita sul cingolo.



Fig. 13

sezione totale del terreno è quindi rappresentato dai triangoli E, C, D, F e dal rettangolo $EBCF$.

so che grava sul cingolo è quindi uguale alla reazione del possiamo scrivere

$$\left(\frac{1}{2} b \cdot h_1 + h_1 c + \frac{1}{2} d \cdot h_1 \right) = K \cdot a \cdot h_1 \left(\frac{1}{2} b + c + \frac{1}{2} d \right)$$

la larghezza di cingolo affondato;

il tratto anteriore di cingolo affondato;

il tratto orizzontale a terra del cingolo;

il tratto posteriore di cingolo affondato;

l'affondamento medio del cingolo;

un coefficiente di proporzionalità che tien conto sia della che lega pressioni specifiche ed affondamenti relativi, sia

3.

do diminuire l'affondamento bisogna aumentare la larghezza del cingolo o la lunghezza del tratto a terra del cingolo.

do il cingolo è in movimento, la forza orizzontale S da applicarlo per mantenere la velocità uniforme, deve essere compiere il lavoro di schiacciamento della striscia di terra quanto il cingolo che si presenta davanti al cingolo stesso rotolare sul cingolo i rulli portanti.

Il primo è un lavoro analogo a quello che abbiamo già esaminato con la ruota portante, il secondo invece è un lavoro influenzato dalle caratteristiche del rullo (raggio, mozzo, rivestimento etc.) e dalle caratteristiche della strada (più o meno piana e contorta) che il cingolo presenta ai rulli stessi.

Schematicamente possiamo considerare il cingolo semplicemente portante come una deformazione della ruota semplicemente portante.

La spezzata $ABCD$ rappresenta l'area di impronta a veicolo fermo, e la distanza h (distanza del centro della ruota anteriore del cingolo dal piano di appoggio BC) rappresenta il raggio della ruota deformata.

Il cingolo portante ha il grande vantaggio di riportare sopra un'ampia superficie il carico, quindi ha delle pressioni specifiche molto basse (sono dell'ordine di $0,70 \div 0,85 \text{ kg/cm}^2$) e quindi degli affondamenti limitati.

Il cingolo semplicemente portante ha notevoli applicazioni solo nei rimorchi e quindi noi possiamo anche trascurarlo un poco e soffermarci invece sul cingolo portante e motore.

1°) Cingolo portante e motore.

Quando si parla di cingolo, se non si fanno altre specificazioni, si intende sempre il cingolo portante e motore.

Per lo studio del cingolo possiamo appoggiarci all'esperienza precedentemente fatta della ruota motrice e considerare il cingolo come una deformazione della ruota.

L'area di impronta è data dall'area del tratto di cingolo che tocca terra e quindi la pressione specifica media che il cingolo esercita sul suolo è data dal peso totale che grava sul cingolo diviso per l'area di impronta.

La pressione specifica effettiva avrà valori ben diversi a seconda delle irregolarità del terreno sul quale appoggia il cingolo e della snodabilità del cingolo stesso sotto l'azione dei rulli portanti.

Per semplicità di esposizione esaminiamo un cingolo schematico avente le seguenti caratteristiche:

- ruota motrice e ruota di rinvio a terra;
- rulli portanti indipendenti fra loro;
- perni della ruota motrice, della ruota di rinvio e dei rulli portanti fissati ad un'unica travatura metallica indeformabile.

noi è sufficiente esaminare solo il caso della ruota motrice e (fig. 14). La coppia motrice M si può trasformare nella

$$T r_1$$

il raggio della ruota motrice, a forza con la quale viene teso il ramo superiore del cingolo B .

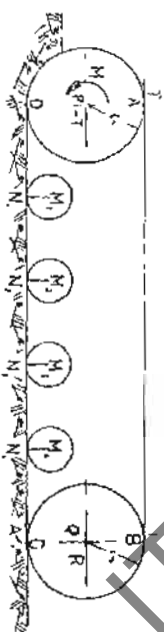


Fig. 14

resistenza R che si oppone alla traslazione del cingolo posta immaginaria concentrata nel perno Q della ruota di rinvio. Invece alla ruota di rinvio, che funziona come una semplice puleggia, lo sforzo T viene trasmesso al ramo inferiore, e ne è lo scorrimento sul terreno. Se l'aderenza A , che si verifica al cingolo e terreno, è superiore alla forza T non si avrà slittamento, se invece è inferiore si avrà slittamento.

Se si suppone che la traslazione a velocità uniforme del cingolo che il momento di tutte le forze applicate alla ruota di rinvio sia uguale a zero. Facendo il momento rispetto al punto C

$$2 \cdot T \cdot r_2 = R \cdot r_2$$

$$T = \frac{R}{2}$$

assumendo possiamo dire che se $T > \frac{R}{2}$ avremo slittamento del cingolo.

Se $T < \frac{R}{2}$ avremo locomozione o quiete secondo che

$$T > \frac{R}{2} \text{ oppure}$$

$$T < \frac{R}{2}$$

e che inizierà la locomozione se

$$\frac{R}{2} < T \leq A$$

e che si manterrà il moto uniforme se

$$\frac{R}{2} = T \leq A$$

Il tratto di cingolo $A B$ risulta teso mentre il tratto di cingolo a terra, tratto $C D$, se ha forte aderenza viene reso solo parzialmente.

Sul tratto di cingolo $C D$ grava tutto il peso ma non in modo uniforme; il carico del cingolo viene concentrato nei punti D , N_1 , N_2 , N_3 , N_4 , N_5 , N_6 , N_7 , N_8 , N_9 , N_{10} , N_{11} , N_{12} , N_{13} , N_{14} , N_{15} , N_{16} , N_{17} , N_{18} , N_{19} , N_{20} , N_{21} , N_{22} , N_{23} , N_{24} , N_{25} , N_{26} , N_{27} , N_{28} , N_{29} , N_{30} , N_{31} , N_{32} , N_{33} , N_{34} , N_{35} , N_{36} , N_{37} , N_{38} , N_{39} , N_{40} , N_{41} , N_{42} , N_{43} , N_{44} , N_{45} , N_{46} , N_{47} , N_{48} , N_{49} , N_{50} , N_{51} , N_{52} , N_{53} , N_{54} , N_{55} , N_{56} , N_{57} , N_{58} , N_{59} , N_{60} , N_{61} , N_{62} , N_{63} , N_{64} , N_{65} , N_{66} , N_{67} , N_{68} , N_{69} , N_{70} , N_{71} , N_{72} , N_{73} , N_{74} , N_{75} , N_{76} , N_{77} , N_{78} , N_{79} , N_{80} , N_{81} , N_{82} , N_{83} , N_{84} , N_{85} , N_{86} , N_{87} , N_{88} , N_{89} , N_{90} , N_{91} , N_{92} , N_{93} , N_{94} , N_{95} , N_{96} , N_{97} , N_{98} , N_{99} , N_{100} .

Sotto l'azione di questi carichi concentrati, il cingolo può reagire in diversi modi a secondo del disegno costruttivo del cingolo, della natura del terreno, della deformazione delle sospensioni elastiche, etc.

Consideriamo dapprima il cingolo avente le maglie completamente snodate le une rispetto alle altre (come ad esempio nei carri veloci), e che il terreno sia di natura tale da subire affondamenti proporzionali al carico.

Il tratto di cingolo $C D$ assumerà la forma schematica di cui alla figura 15. Nella marcia, i rulli portanti incontreranno anche notevole resistenza perchè il cingolo presenta loro davanti una salita da superare.

Se invece il cingolo è costituito da maglie che non permettono l'incurvamento in alto del tratto di cingolo a terra (come ad esempio nei Caterpillar) il tratto $C D$ si presenta perfettamente rettilineo e i rulli portanti hanno davanti loro come una rotaia metallica rigida.

Senza entrare in ulteriori particolari che ci porterebbero troppo fuori d'argomento, notiamo solo che i cingoli del secondo tipo sono particolarmente adatti per terreni sabbiosi, melmosi, perchè ripartiscono in modo più uniforme il carico su tutta l'area di impronta e perchè minore è la resistenza all'avanzamento dei rulli

iti, e che in ogni caso è bene avere i muli portanti molto vicini loro.

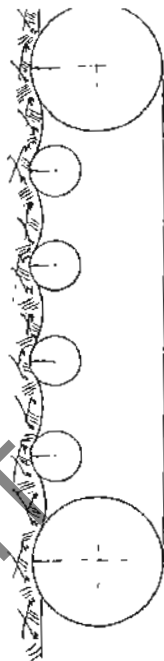


Fig. 15

osservandosi di mettere nel dovuto rispetto le caratteristiche dei veicoli a cingoli, in altro studio, mettiamo solo in luce il comportamento del cingolo motore davanti all'ostacolo o del gradino.

anche il cingolo motore possa superare il gradino devono considerarsi due elementi:

1°) che il gradino sia al massimo uguale all'altezza del poggio dell'asse della ruota anteriore (analogamente a quanto già detto per le ruote motrici);

2°) che la lunghezza del cingolo sia sufficiente.

Per chiarire questo secondo punto bisogna riferirci a come il cingolo supera il gradino (fig. 16). Il cingolo sale sull'ostacolo e si impenna fino a che la verticale baricentrica fa cadere il gradino la parte anteriore del cingolo.

secondo le ipotesi semplificative:

che il sistema di sospensione e la natura del cingolo non fanno al cingolo di inflettersi sul bordo del gradino;

che il centro di gravità del cingolo disti ugualmente dalle estremità;

che l'impennata massima sia di α°

l'altezza del cingolo motore deve essere

$$l = 2 (a + b + c)$$

$$= 2 \left(h \tan \alpha + \frac{h'}{\sin \alpha} + c \right)$$

ove h altezza del centro di gravità dal piano di appoggio del cingolo in piano orizzontale;

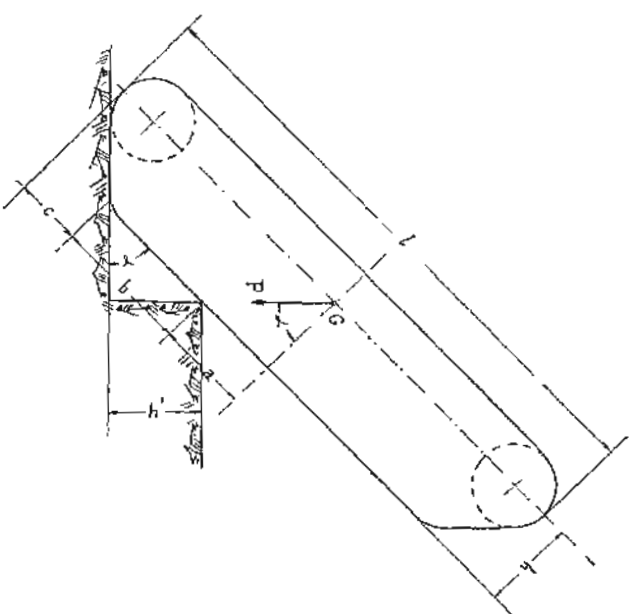


Fig. 16

l'altezza del gradino;

il centro di cingolo che deve essere ancora in grado di dare la spinta propulsiva.

Nel caso che α possa raggiungere i 45° e che i valori di h e di h' siano di 1 metro, e che c sia di m 0,57, il cingolo deve essere lungo

$$l = 2 (1 + 1,43 + 0,57) = 6 \text{ m.}$$

* * *

Riassumendo possiamo dire che per gli autoveicoli destinati a marciare fuori strada e che possono essere impiegati indifferentemente

essere abolite le ruote di piccolo raggio e le ruote semplici e portanti.

veicoli a ruote alte, motrici, con basse pressioni specifiche, non essere semplici, economici, veloci, maneggevoli, di forte elasticità di trasporto.

I veicoli a cingolo hanno maggiore aderenza, si adattano a tutti i terreni ma sono complicati, lenti, costosi.

La conoscenza profonda del problema tecnico e la visione esatta delle pratiche necessità di impiego debbono indicare quale è il mezzo idoneo.

LA SABBIA

Per poter esaminare e sviluppare il problema della marcia automobilistica sulla sabbia, bisogna che mettano in evidenza le caratteristiche peculiari degli elementi che, nella marcia stessa, vengono a contatto e cioè la sabbia e le ruote e i cingoli.

Esaminiamo ora la sabbia.

La sabbia è un elemento che si presenta sotto forme diversissime; mutevoli; per la sua classificazione gli studiosi hanno normalizzato criteri o norme particolari come, ad esempio, la natura del componente predominante, l'origine, il colore, la granulometria, il peso specifico assoluto, il peso specifico apparente, ecc. Questi criteri non sono sufficienti perchè numerosi altri elementi entrano nel modo di presentarsi della stessa sabbia e fra questi ricordiamo il grado di umidità, l'assettamento naturale, l'azione del vento, l'azione del sole, ecc.

Inoltre sotto l'azione di un carico esterno (come ad esempio ruota semplicemente portante, od una ruota motrice, od un altro) la sabbia varia il suo comportamento a secondo delle pressioni specifiche alle quali viene sottoposta ed alla intensità dell'attrazione della ruota motrice o del cingolo motore.

Allo scopo di poter eventualmente ricavare dei dati di carattere generale furono prelevati numerosi campioni di sabbia di vari tipi e interese e su questi si fecero numerosi rilievi. Per il nostro studio sono sufficienti i dati ricavati con alcuni campioni particolari interese e solo di questi riporteremo i dati ricavati sperimentalmente.

Per brevità indicheremo con lettere le sabbie in esame e precisamente:

M.B sabbia prelevata sulle dune di Marsa Bregha (Chirensica) fra Agedàbia ed el-Aghella;

e.A sabbia prelevata sulle dune di el-Aghella (Chirensica);

A.Z sabbia prelevata sulle dune dei dintorni di Ain Zarra (Tripoli);

V sabbia prelevata sulla spiaggia a Varazze.

a) *Peso specifico apparente.*

I dati furono ricavati come media, fra almeno 3 esperienze eseguite nelle seguenti condizioni:

misura del volume con una provetta cilindrica, graduata di 100 cm³, con l'approssimazione di cm³ 0,5; le pesate furono eseguite, con l'approssimazione di gr 0,5. La sabbia è stata introdotta nella provetta facendola defluire lentamente da un imbuto dall'altezza costante di cm 15 e poi si è proceduto all'assettamento della sabbia facendo battere tre colpi alla provetta da un centimetro di altezza, su un cuscinetto di gomma dura. Ambiente a 760 mm di pressione, 14° C.

Peso specifico apparente medio

TABELLA I

Tipi di sabbia	Peso specifico apparente medio	NOTE
M. B	1,52	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
M. E	1,576	sabbia portata prima a temperatura maggiore di 100° e poi raffreddata in vaso di vetro chiuso.
o - A	1,51	sabbia in condizioni ambiente, in recipiente di vetro aperto.
A. Z	1,45	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
V	1,635	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
V	1,66	sabbia portata prima a temperatura maggiore di 100° e poi raffreddata in vaso di vetro chiuso.

Sono quindi risultate delle notevoli differenze fra i vari tipi di sabbia e la sabbia A.Z. ha dimostrato di essere quella di minor peso specifico apparente.

b) *Peso specifico assoluto.*

I dati furono ricavati come media fra due esperienze eseguite alle seguenti condizioni: la prima prova con 100 gr di sabbia, pesata con approssimazione di gr 0,5, adottando provetta graduata a approssimazione di 1 cm³; la seconda prova con 50 gr di sabbia, pesata con approssimazione di gr 0,5, adottando provetta graduata con approssimazione di cm³ 0,5. Ambiente a 760 mm di pressione 14° C.

Peso specifico assoluto medio

Tabella II

tipo di sabbia	Peso specifico assoluto medio	N O P E
M. B	2,63	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
N. B	2,64	sabbia portata prima a temperatura maggiore di 100° e poi raffreddata in recipienti di vetro chiusi.
A	2,63	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
A. Z	2,63	sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.
V	2,63	idem.

Praticamente si può considerare che tutti i tipi di sabbia in me abbiano ugual peso specifico assoluto mentre notevoli sono le differenze dei pesi specifici apparenti.

c) *Granulosità.*

Il Thoulet classica granulometricamente le sabbie in grossolane: se trattate da un setaccio avente 123 maglie cm²:

fini: se trattate da un setaccio avente 1800 maglie per cm²; finissime: se trattate da un setaccio avente 5490 maglie per cm².

Nel caso nostro particolare la classifica del Thoulet è troppo intervallata specie fra le sabbie fini e finissime.

Fu perciò resa molto più numerosa la serie dei setacci e furono eseguite delle prove con le sabbie prelevate ad el-Aghella ed a Ain Zara. Le esperienze furono eseguite con le condizioni ambiente predefinite e con le seguenti modalità: 100 gr di sabbia sono stati fatti passare successivamente attraverso 9 setacci con numero di maglie per cm² crescente: furono poi pesate le quantità di sabbie rimaste nei singoli setacci.

Dal controllo finale lo scarto totale del peso è risultato inferiore a gr 0,5.

Granulosità

Tabella III

Setaccio non maglie per cm ²	Sabbia A - A		Sabbia A. Z	
	gr di sabbia passata	gr di sabbia non passata	gr di sabbia passata	gr di sabbia non passata
184	97	3	98,5	0,5
1080	78,5	18,5	98,5	1
1690	33	22,5	93	5,5
1098	34,5	18,5	88,5	4,5
2500	21,5	13	83,5	5
3364	14	7,5	78	4,5
1225	8	6	48	34
5184	3	5	27	21
9273	2	1	14,5	13,5

Le due sabbie presentano delle notevolissime differenze ed, in particolare, la sabbia A.Z. che presentava il minor peso specifico apparente è quella che ha una granulosità più fina.

Da mettere in evidenza che la sabbia A.Z. passa ancora con il 50% attraverso setacci di 4000 maglie per cm² ed il 15% passa an-

d) *Pendenze di naturale declivio.*

Per misurare le pendenze di naturale declivio, le sabbie furono defluite il più lentamente possibile da un imbuto mantenuto sempre a circa 2 cm dal vertice del cono. In tal modo i singoli elini di sabbia poterono assumere l'equilibrio che loro comportando il cono di naturale declivio.

La pendenza di naturale declivio fu ricavata come media delle tre fatte su ± 8 con di naturale declivio.

I dati ricavati furono raccolti nella seguente tabella IV.

Tabella IV
Pendenza media di naturale declivio

po di bba	Pendenza media di naturale declivio	N O T E		
B	61,5%	Sabbia in condizione ambiente, in recipiente di vetro aperto.		
A	60,5%	id.	id.	
Z	63,0%	id.	id.	
V	63,4%	Con la sabbia in condizioni ambiente non fu possibile eseguire le prove per l'eccessiva umidità. La sabbia fu portata dapprima oltre a 100° e poi raffreddata in recipiente chiuso di vetro.		



La pendenza di naturale declivio delle sabbie fu potuta misurare anche sulle dune, nella parte sotto vento, e si sono ricavati i seguenti dati medi fra almeno 8 lettere:

Marsa Brega	47 ÷ 53 %
el Agheila	45 ÷ 49 %
Ain Zara	48 ÷ 54 %

I dati ricavati in laboratorio dimostrano che tutte le sabbie fini, omogenee, hanno una pendenza massima di naturale declivio sul 60 ÷ 63 %. Nel deserto i fenomeni si verificano in un'altra condizione ambiente (azione del sole, del vento, dell'umidità, ecc.) e quindi la pendenza massima nelle dune si aggira sul 50 %.

Mettiamo in evidenza che la pendenza di naturale declivio rappresenta una condizione limite di stabilità, ed in particolare noi non possiamo pensare di aggrapparci con le nostre ruote o con i nostri cingoli a tali superfici perché anche sotto l'azione di un minimo sforzo tangenziale il materiale frana.



Fig. 18 - Misurazione sulla duna che ha mezzo sepolto il fortilino di el-Agheila

e) *Affondamenti statici.*

Sui campioni di sabbia, in condizione ambiente, furono ricercate sperimentalmente le leggi di affondamento in funzione delle pressioni specifiche.

Data la piccola quantità di sabbia a disposizione, si è riempita una bacinella prismatica di cm 15 x 20 x 15 con sabbia non costipata, fatta defluire dal bordo della bacinella e poi si è regolarizzata.

prove di affondamento furono eseguite impiegando parallelepipedi aventi base quadrata di 1 cm², 4 cm² e 9 cm² sui quali vennero aggiunti successivamente altri pesi.

Le prove hanno dato risultati che sono poco attendibili nei vari casi e che possono solo servire come orientamento. Tanto è dovuto alla troppo piccola quantità di sabbia a disposizione che ha obbligato l'adozione di un recipiente di pochi decimetri e di parallelepipedi a base molto ristretta. Per limitare le perturbazioni del recipiente (pareti e fondo rigidi) si è accolti ipotesi che il cono di distribuzione del carico sugli strati sottostanti seguisse la stessa legge della pendenza di naturale declivio: pareti ed il fondo del recipiente cessassero di avere influenza sulla pressione ivi distribuita (tenendo conto della legge di distribuzione predetta) raggiungeva i 0,102 kg/cm².

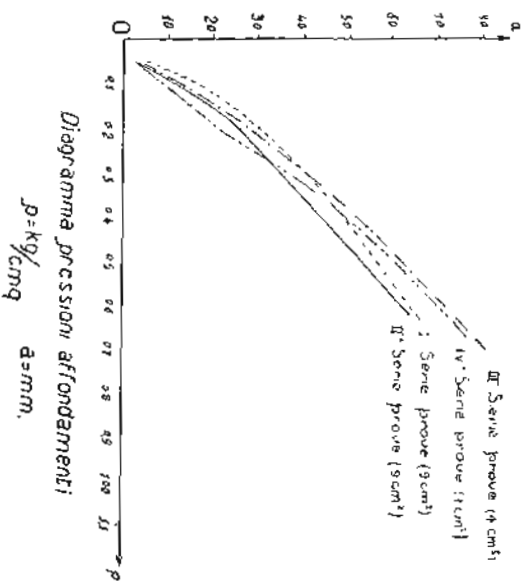


Fig. 18

La serie di esperienze effettuate si riscontrano però numerose e che dovranno essere accertate operando con quantità maggiori di sabbia e con provini di dimensioni maggiori. In particolare

perché danno maggior caparità di resistenza alla sabbia, e si nota altresì che i provini troppo piccoli possono far rigurgitare in alto la sabbia e sprofondare repentinamente.

Comunque, si riportano nell'annesso diagramma gli affondamenti medi riscontrati in numerose prove di laboratorio con la sabbia tipo A. Z. (fig. 19).

Avevo una maggior quantità di sabbia a disposizione si dovrebbero anche spingere maggiormente le prove di laboratorio sia innalzando gradualmente la sabbia sia dando alla sabbia una consistenza di arrestamento.

Avevo eseguito anche delle prove di affondamento con dei ferri a C si è notato che, a parità di area base e di pressione specifica, gli affondamenti dei provini parallelepipedi sono maggiori e si può ritenere che questo fenomeno sia dovuto al maggior sviluppo dell'area delle pareti a contatto con la sabbia.

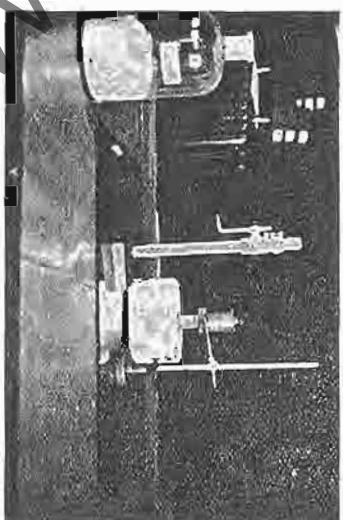


Fig. 20 - Misura degli affondamenti dei provini in relazione alle pressioni specifiche

l'aderenza sulla sabbia.

Malgrado la piccola quantità di sabbia a disposizione si sono eseguite numerosissime prove di aderenza sulla sabbia adoperando provini di ferro lisci o sagomati a C. I ferri sagomati a C furono anche costruiti con diverse inclinazioni delle facce delle ali per cercare l'influenza delle inclinazioni stesse.

lementi piccoli e con una piccola quantità di sabbia e quindi i possono ancora esporre tabelle o grafici definitivi.

Comunque si possono esporre alcuni principi che sembrano già maturi dalle numerose prove.

Una serie di prove fu eseguita con provini a C (aventi le ali alla sabbia).

Provini furono caricati per avere le varie pressioni specifiche esatte (peso totale del provino e del carico diviso per l'area proiezione del provino sulla sabbia) e poi furono fatti spostare applicando una forza orizzontale progressiva normale alle ali del provino a C.

Il primo spostamento fu denunciato, in media, un coefficiente di attrito $\mu = 0,44$.

Causa dello spostamento (in genere di circa 5 mm) la sabbia comprimeva davanti alla faccia anteriore del provino e davanti alla faccia interna della seconda ala del ferro a C, aumentava la resistenza obbligando quindi ad aumentare i pesi necessari per un ulteriore spostamento.

A quattro prove successive si è rilevato che il coefficiente di attrito (nelle condizioni di prova) aumenta da 0,44 ad oltre 1,00 causa della compattazione della sabbia davanti al provino) prima di mettere lo scorrimento completo.

Ipotesi le prove, avendo avuto cura di togliere, con ogni decimetro, la sabbia antistante al provino il coefficiente di aderenza infermato del valore di 0,44.

b. LA DUNA

Esaminiamo una duna notiamo che presenta due versanti ben distinti: uno lungo ed a pendenza limitata, l'altro corto e a forte pendenza (fig. 21); e possiamo anche subito dire qua-



Fig. 21

I due versanti sono raccordati tra loro da una superficie tondeggiante.

Il vento che colpisce la superficie A B compie due lavori: uno di vera e propria compressione della sabbia, l'altro di asportazione dei granelli superficiali di sabbia. Se il vento è impetuoso i granelli

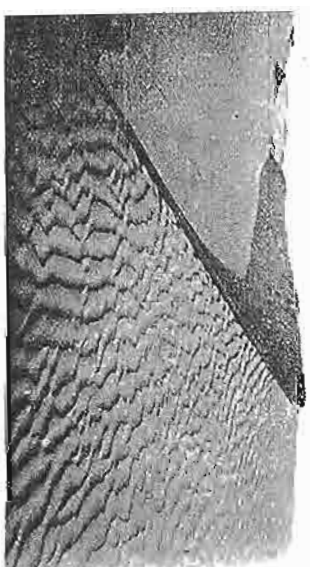


Fig. 22 - La caratteristica forma lunata delle dune

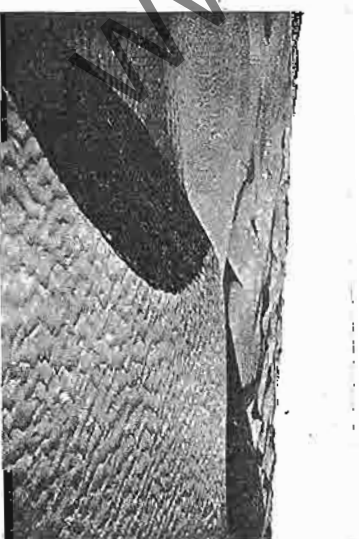


Fig. 23 - Una mare di piccole dune

di sabbia giunti in B precipitano verso C e si dispongono secondo la pendenza naturale che loro compete.

Sotto l'azione continua del vento la duna si sposta e marcia

Ne consegue che la cresta tondeggiante ed il versante A B, di ripida pendenza, si presentano con una sabbia più compatta, più pesante, idonea a sopportare, fino ad un certo grado, la marcia degli automezzi.

Il versante B C a forte pendenza, ha la sabbia in equilibrio instabile, non compressa (perché tende alla pendenza di naturale declivio) e quindi non è idonea a sopportare l'azione di una ruota o di un cingolo.

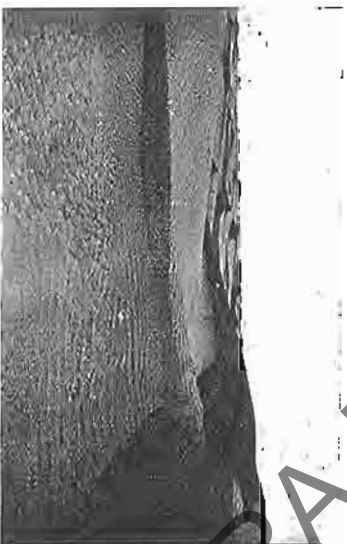


Fig. 24 - Un corridoio nel mare di dune

Al vento si sommano l'azione del sole e dell'umidità atmosferica. Ne consegue che lo strato superficiale delle dune presenta consistenza diversa a secondo della stagione e delle ore della giornata.

La sabbia umida ha una consistenza maggiore e presenta quindi migliore condizione alla viabilità; il sole, facendo asciugare la sabbia, la rende meno consistente e quindi meno idonea alla marcia.

Riassumendo, la duna deve essere studiata non solo nella sua forma, ma anche nella forma con la quale si presenta. Naturalmente la marcia dovrà effettuarsi nella parte bassa del versante, nel corridoio delle dune. Con veicoli particolarmente leggeri si potranno anche percorrere piccole dune secondo la direzione del vento predominante ma il versante sotto vento sarà per-

che come marcia del veicolo stesso. Saper scegliere i corridoi, non marciare sulle tracce lasciate da altri veicoli, scegliere per la marcia le ore nelle quali la sabbia ha maggior consistenza, ecc. ecc.



Fig. 25 - La scarpata sotto vento di una duna

facino parte di una tecnica speciale che solo l'esperienza vissuta con ardente passione può dare. A noi basta aver messo in evidenza il problema nei suoi multiformi aspetti.

5°) — LA MARCIA DELL'UOMO E DELL'OROMEDARIO SULLA SABBIA

L'uomo può camminare sulla sabbia, in piano, senza speciali attrezzature ed il suo affondamento più o meno profondo, non è mai tale da renderne impossibile la marcia.

Supponendo che la superficie di appoggio di una scarpa affondata sia di 250 cm^2 e che il peso medio dell'uomo sia di $kg 50$ si ha una pressione media di $0,200 \text{ kg/cm}^2$ (ovvero nella marcia

il peso dell'uomo grava alternativamente prima sopra un piede sopra l'altro).

Il dromedario, destinato a vivere nel deserto, presenta delle caratteristiche peculiari non solo in merito alla sua alimentazione ma anche in merito al suo zoccolo. La sua resistenza alla sete, ma anche in merito al suo zoccolo. La parte inferiore del cammello ha nella parte inferiore un cuscinetto calloso e il piede a terra questo si allarga ed il cammello lascia una impronta pianeggiante e qualche volta anche leggermente convessa l'alto (fig. 26, 27).



Fig. 26 - Il piede anteriore del dromedario

All'esame e dalle misure rilevate da diversi dromedari si può vedere che, a carico normale (150 kg), la pressione specifica esercitata dal cammello sul terreno sia all'incirca di 0,450 kg/cm². E ciò che per brevi tratti e per animali in ottime condizioni il può raggiungere quasi la metà del peso dell'animale stesso,

ma questo limite non è evidentemente applicabile ai dromedari destinati a marciare sulle sabbie dunose desertiche.

La stessa configurazione scheletrica del dromedario ne facilita la marcia sulla sabbia. Le gambe attaccate molto in alto, a parità di lunghezza del passo, abbisognano di un piccolo spostamento della verticale e quindi il piede non esercita che deboli azioni tangenziali sul terreno: si verifica cioè quello che l'uomo realizza con sforzo quando marcia a piccoli passi sul ghiaccio o sopra una superficie molto liscia.



Fig. 27 - Il piede posteriore del dromedario

Riassumendo, il dromedario, destinato essenzialmente al servizio e non al traino, esercita sul terreno un'azione di quasi esclusiva compressione: la lunghezza e la sudatura delle gambe, l'elasticità del piede concorrono a limitare l'azione di strisciamento ed a distribuire il peso in modo quasi uniforme su tutte le superfici di appoggio per tutto il tempo che dura il contatto utile del piede sul terreno.

6°) — II. « PALETTA »

alla marcia sulla sabbia con veicoli normali a ruote, si può dire che le ruote posteriori, motrici, slittino e affondino. Le anteriori, anche se esercitano sul terreno uguale pressione

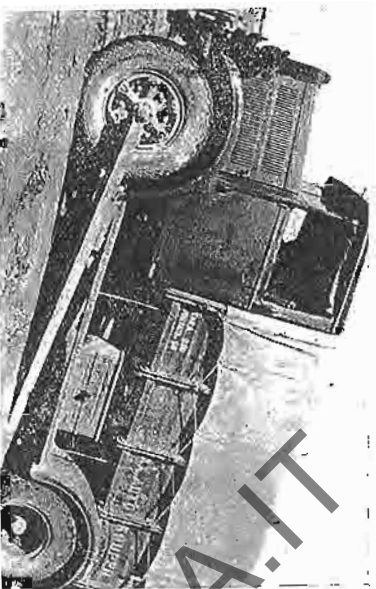


Fig. 28 - Il paletto presentato davanti alle ruote motrici

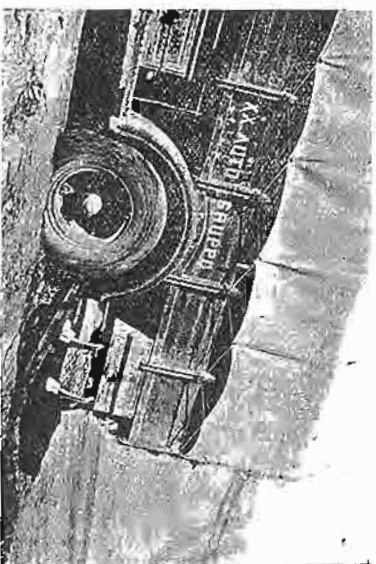


Fig. 29 - Il paletto, sorpassato dalle ruote motrici, si è incastrato tra le ruote motrici e portanti di scorta

a, per il fatto che sono semplicemente portanti, affondano meno (manca l'azione di scarico dovuta alla coppia motrice).
Quando si verifica questo affondamento bisogna cercare un

Se l'affondamento è dovuto a pressioni specifiche troppo elevate bisogna cercare di aumentare la superficie d'appoggio delle ruote; se è dovuto allo slittamento (come più spesso avviene) bisogna cercare di distribuire lo sforzo d'aderenza sopra una più ampia zona.

In entrambi i casi si è cercata la soluzione con molti mezzi di circostanza: buttando sotto alle ruote motrici delle tele, delle scale di corda, delle stuoie, etc. e favorendo lo spunto con l'ausilio di uomini in forza.

Ma la soluzione classica è rappresentata dal paletto.

Quando in un autocarro le ruote posteriori motrici accoppiano, affondano, si punta contro di esse un apposito « paletto ». Le ruote si attaccano a questa ancora di salvezza, vi salgono sopra, trovano la loro aderenza e spingono avanti il carro ributtando indietro il « paletto ».

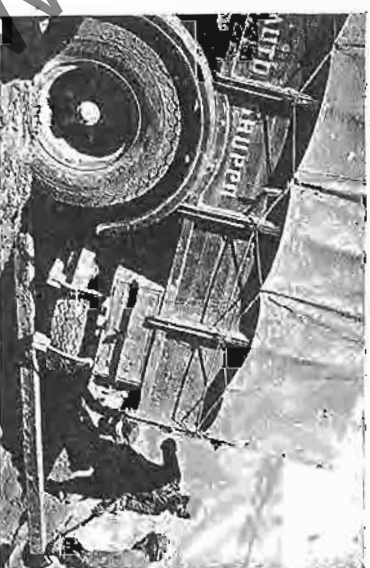


Fig. 30 - Il paletto viene liberato ed è pronto per essere rimesso davanti alle ruote motrici

Il paletto quando è ributtato dalle ruote deve essere libero di cadere.

Avvenuto lo spunto il carro dovrebbe proseguire: se invece si affonda nuovamente bisogna riportare davanti il paletto e ripetere la manovra fino a che il carro si è liberato (fig. 28, 29, 30).

Gli automezzi debbono essere ben studiati per lasciare libera la manovra del paletto sia quando lo si presenta alle ruote motrici che quando deve liberarsi dalle ruote stesse.

o paletto » riesce a liberare gli autocarri dalla morsa della

9) — LA MARCIA AUTOMOBILISTICA NELLE ZONE DESERTICHE
E NELLE ZONE DUNOSE

a quanto abbiamo esposto in merito alla marcia fuori strada
comportamento delle ruote e dei cingoli, dalle osservazioni
sulle caratteristiche della sabbia, sulle dune, sui cammelli,

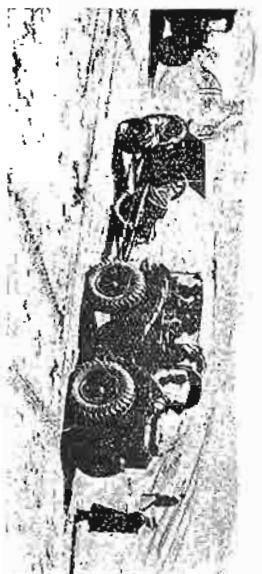
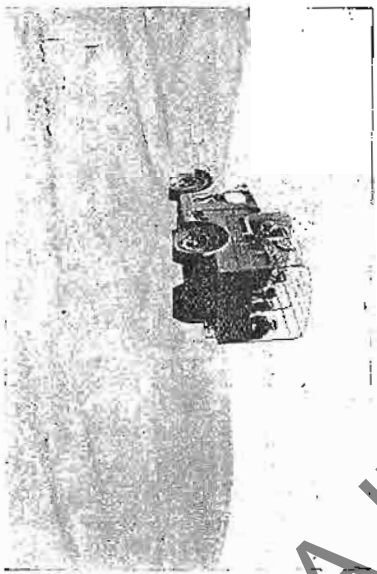


Fig. 31-32 — Evoluzioni sulle dune di automezzi a ruote.

paletto », possiamo formarci la convinzione che anche nelle
esercizie e nelle zone dunose si può e si deve camminare con

Gli elementi fondamentali che dovranno tenersi presenti nella
costruzione degli automezzi destinati a marciare sulle zone deser-
tiche e nelle zone dunose dovrebbero essere i seguenti:

1°) — Le pressioni specifiche medie delle ruote e dei cingoli
dovranno avvicinarsi ai 400 gr/cm^2 e comunque non superare i
 $1200 \div 1500 \text{ gr/cm}^2$.

Nelle attuali condizioni della tecnica solo i veicoli cingolati
possono scendere verso i $400 \div 600 \text{ gr/cm}^2$ mentre i veicoli a ruote
si mantengono verso i limiti più alti.

2°) — Se si adottano i cingoli dovranno essere motori; se si
adottano le ruote occorre che esse siano tutte motori e di grande
diametro (fig. 31).

3°) — Di massima dovranno prescriversi i rimorchi, anche se
gravano sul terreno con basse pressioni specifiche medie. Un traino
costituito da un trattore anche a ruote tutte motori e da un ri-
morchio a ruote, agli effetti dell'aderenza si presenta come un vei-
colo normale nel quale solo una parte delle ruote è motrice; arve-
neo cioè gli stessi inconvenienti dei veicoli con solo parte delle ruo-
te motori.

Dovendo adottare dei rimorchi si dovranno ottenere pressioni
specifiche medie molto basse, resistenza al rotolamento basso e quin-
di rimorchi a ruote relativamente alte (fig. 32).

4°) — L'autonomia del veicolo dovrà essere molto elevata, sui
 $400 \div 500 \text{ km}$.

5°) — Le velocità del veicolo dovranno essere molto spaziate
in modo da avere una velocità ridotta a $4 \div 8 \text{ km/ora}$ per la mar-
cia in terreno rotto o su dune e velocità elevate per la marcia su
strade o su zone piane.

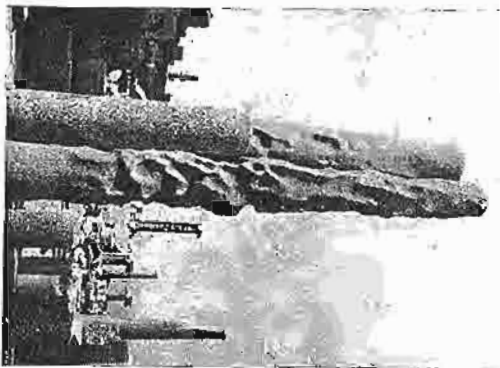
6°) — La costruzione dovrà essere semplice e robusta in modo
da dare le maggiori garanzie e da permettere facilmente ispezioni
e manutenzione.

7°) — Il motore dovrà essere munito di un sicuro e potente
filtro d'aria e tutti gli sfiatoi, o bocchettoni dovranno essere pro-
tetti in modo da impedire che la sabbia vada a introdursi fra gli
organi meccanici (fig. 33).

8°) — Le coperture pneumatiche, a bassissima pressione, do-
vranno avere una scolpitura leggera e prendere contatto con la
sabbia in modo dolce (come il cuscinetto del piede del cammello).
Se adoperiamo i cingoli anche questi dovranno avere leggeri risalti.

forti risalti, come le forti sculture, rompono facilmente e si sbriciolano più compattate che trovansi sulla sabbia e in genere tutti i terreni soggetti ad una forte azione del sole.

Il problema della marcia automobilistica nelle zone desertiche e zone dunose ha appassionato ed appassionerà tutti i tecnici olistici.



- L'azione corrosiva del vento, della sabbia e della subsidenza marcia sopra alcune colonne a Lepcis Magna

ma tutti i problemi di una certa gravità, anche la marcia olistica attraverso i deserti e le sabbie fu tentata con nuovi tipi di macchine. Non è qui il caso di elencare i tentativi e i risultati che se ne sono tratti né l'evoluzione della costruzione meccanica e della industria della gomma.

Insomma però accennare che le soluzioni che hanno dato risultati positivi sono quelle che hanno cercato di meglio.

Dopo numerosi tentativi falliti, la prima attraversata del Sahara da Tougourt a Tombouctou e viceversa fu effettuata nel 1922-23 da una colonna di piccoli autocarri (i treen avanti le ruote anteriori normali ed il ponte posteriore trasformato in cingolo (tipo Kegresse).

Le basse pressioni specifiche, l'elevata aderenza, la bontà dei meccanismi e l'appassionata dedizione dei componenti la spedizione hanno fatto sì che la doppia attraversata si è compiuta senza alcun incidente.



Fig. 34 - Il dromedario e il suo concubente che guardano con accorto silenzio l'assalto dei mezzi meccanici al loro regno: il deserto

Lo Stato Maggiore Ciaudese, preoccupato di poter manovrare sulle due costiere ha studiato e predisposto la trasformazione di autocarri normali in autocarri tipo dromedario a lo scopo di avere minori pressioni specifiche e maggiore aderenza.

Lo studio più approfondito di quanto abbiamo solo accennato permetterà all'automobilismo militare italiano che già ha svistato il problema di risolverlo completamente.

Uomini dal cuore caldo e dallo spirito ardente porteranno le nuove macchine ove sembrava che il dominio del cammello fosse incontrastabile. Il deserto, come le montagne, come tutte le difficoltà naturali non sono insormontabili ma si lasciano dominare solo da chi ne è moralmente, tecnicamente e fisicamente degno.