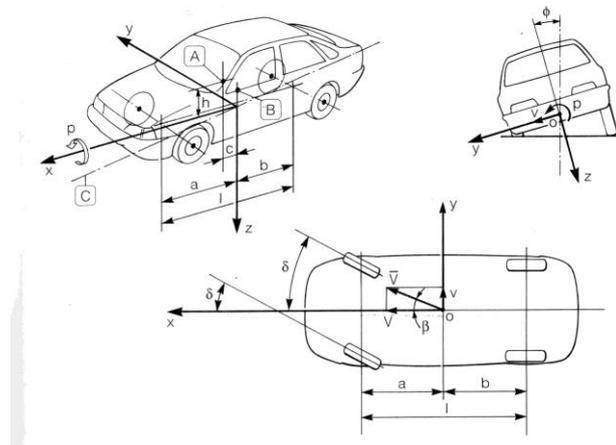


SOSPENSIONI

Indice

1.	I MOTI RELATIVI TRA SCOCCA E RUOTE.....	3
1.1.	IL BARICENTRO	4
1.2.	BECCHEGGIO.....	5
1.3.	ROLLIO.....	7
2.	LE SOSPENSIONI DELL'AUTOVEICOLO	8
2.1.	FUNZIONI DELLA SOSPENSIONE	9
2.2.	COMPONENTI DELLA SOSPENSIONE.....	10
2.3.	GLI AMMORTIZZATORI.....	11
2.3.1.	AMMORTIZZATORE IDRAULICO MONOTUBO.....	11
2.3.2.	AMMORTIZZATORE IDRAULICO A DOPPIO EFFETTO	12
2.3.3.	EFFETTO SMORZANTE.....	13
▪	AMMORTIZZATORE IDROPNEUMATICO.....	14
2.4.	ORGANI ELASTICI.....	15
2.4.1.	MOLLE AD ELICA	16
2.4.2.	MOLLE A BALESTRA	17
2.4.3.	BARRA DI TORSIONE	18
2.4.4.	TAMPONI DI FINE CORSA.....	20
2.4.5.	BOCCOLE ELASTICHE	21
2.5.	ORGANI DI COLLEGAMENTO: TESTINE SFERICHE	22
3.	TIPOLOGIE DI SOSPENSIONE VEICOLO	23
3.1.1.	SOSPENSIONI ANTERIORI	24
3.1.2.	SOSPENSIONI POSTERIORI.....	24
3.2.	TIPOLOGIE DI SOSPENSIONE MONTATE SU VEICOLI DEL GRUPPO FIAT	25
3.2.1.	SOSPENSIONI McPHERSON (ANTERIORI).....	26
3.2.2.	SOSPENSIONI McPHERSON (POSTERIORE)	27
3.2.3.	SOSPENSIONI A QUADRILATERO	28
3.2.4.	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SOSPENSIONE A QUADRILATERO	29
3.2.5.	VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA SOSPENSIONE A QUADRILATERO.....	31
3.2.6.	SOSPENSIONE MULTILINK (ANTERIORE)	32
3.2.7.	SOSPENSIONI MULTILINK (POSTERIORE).....	33
3.2.8.	SOSPENSIONI A PONTE TORCENTE	34
3.2.9.	SOSPENSIONI A BRACCI OSCILLANTI TIRATI	35
3.2.10.	SOSPENSIONI A BRACCI LONGITUDINALI GUIDATI.....	36
3.2.11.	SOSPENSIONI A RUOTE RIGIDAMENTE INTERCONNESSE.....	37

1. I MOTI RELATIVI TRA SCOCCA E RUOTE

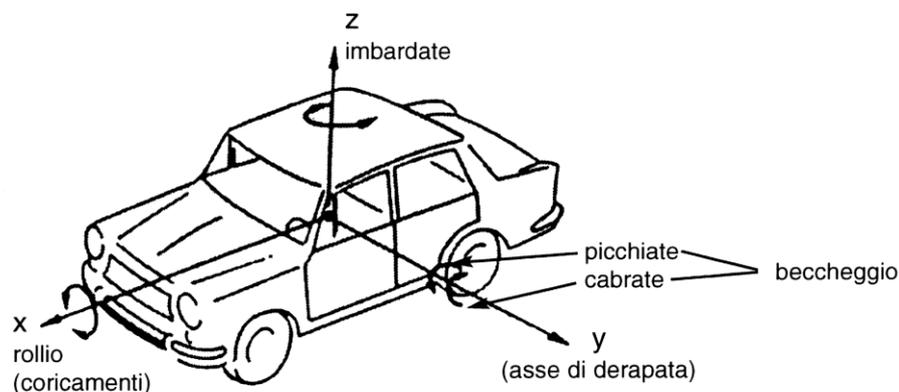


Assi di riferimento per lo studio del comportamento dinamico (direzionale) della vettura

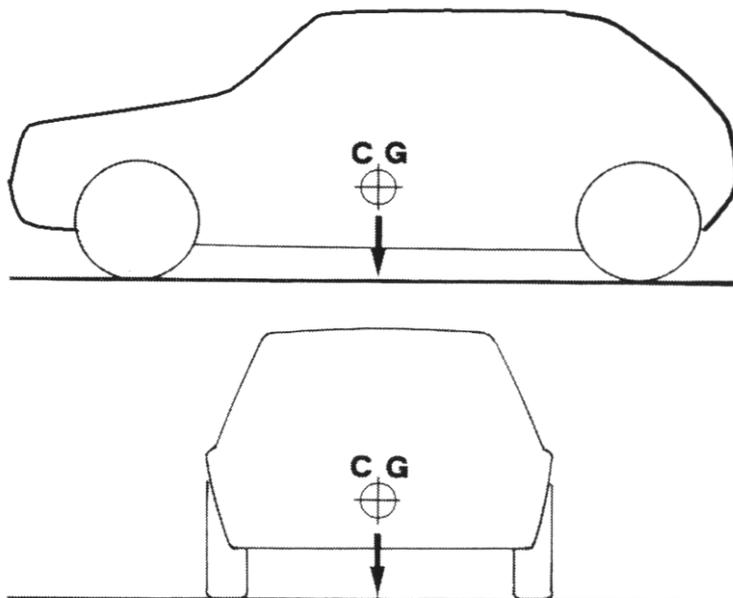
I moti relativi che si generano fra scocca e ruote a causa della presenza delle sospensioni sono così individuati:

- BECCHEGGIO (Pitching)
- ROLLIO (Rolling)
- POMPAGGIO (Buoncing)
- IMBARDATA (Yaw)

In questa sede verranno presi in considerazione i fenomeni di beccheggio e rollio, in quanto strettamente dipendenti dal comportamento delle sospensioni; il pompaggio, una sorta di beccheggio simmetrico dovuto all'oscillazione simmetrica di tutte e quattro le sospensioni, può essere ricondotto al caso del beccheggio, mentre l'imbardata, rotazione della vettura intorno all'asse verticale passante per il centro di gravità del veicolo, e può verificarsi indipendente dalla presenza delle sospensioni.



1.1. IL BARICENTRO

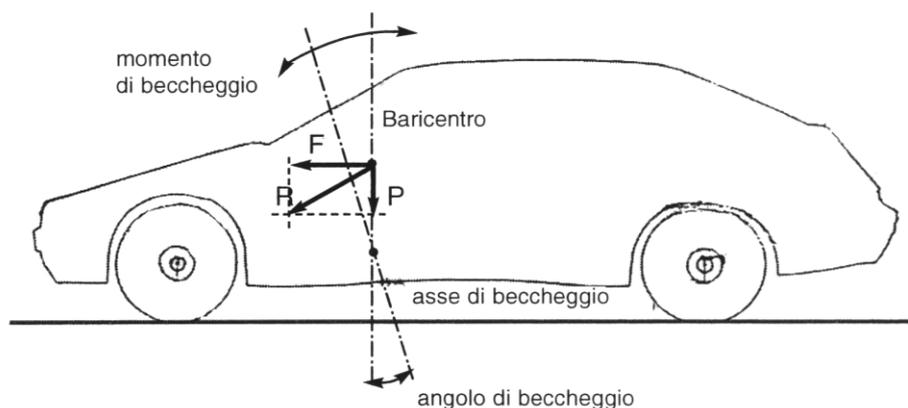


DEFINIZIONE: il baricentro di un corpo è il punto ideale nel quale si può immaginare concentrata tutta la sua massa e nel quale siano applicate sia la forza di gravità terrestre a cui è soggetto (di qui anche il nome di centro di gravità), sia le sollecitazioni dinamiche dovute al moto del veicolo.

POSIZIONE: la determinazione della posizione del baricentro risulta essere spesso complessa, poiché la sua posizione varia in relazione alla disposizione ed all'entità del carico.

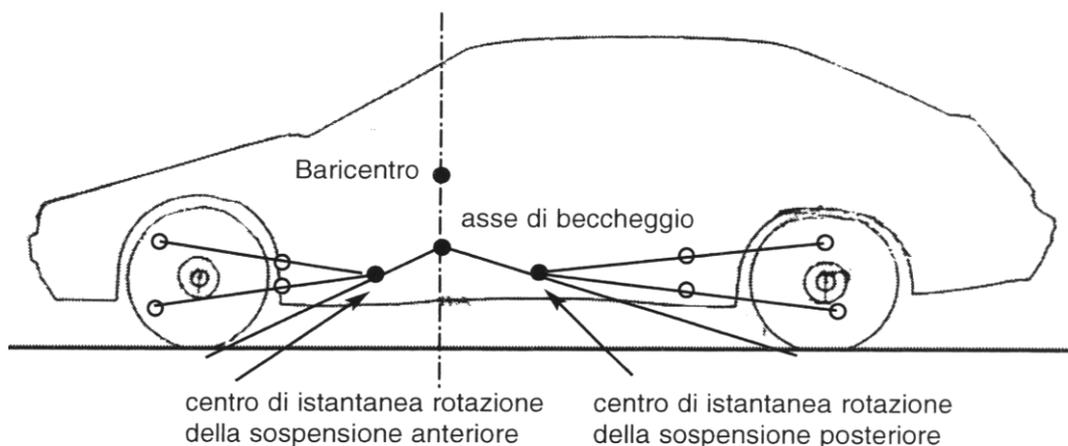
IMPORTANZA: la conoscenza della posizione del baricentro di un veicolo nelle varie condizioni è fondamentale, poiché dalla posizione del baricentro dipendono quasi tutte le principali caratteristiche che influenzano il comportamento della vettura; talvolta anche piccoli spostamenti del baricentro possono comportare conseguenze significative.

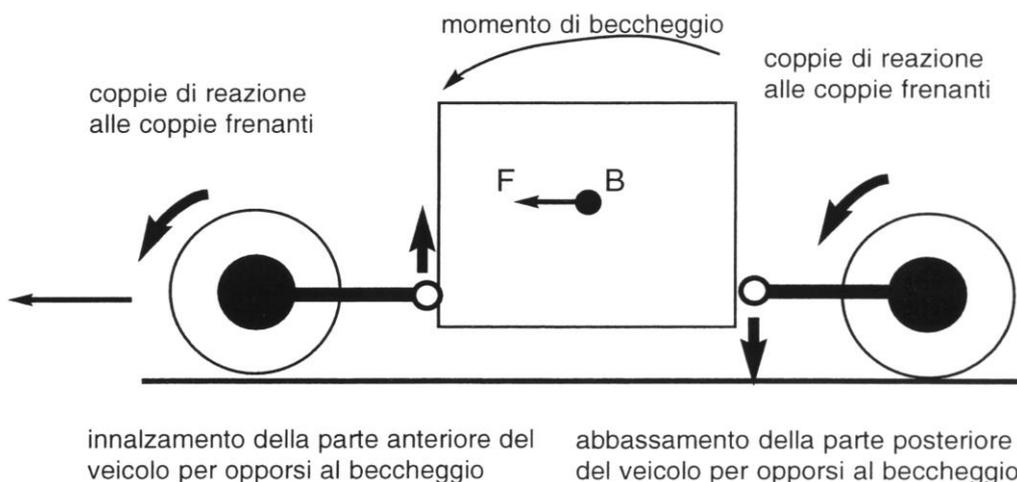
1.2. BECCHEGGIO



TRASFERIMENTO LONGITUDINALE DEL CARICO: a causa delle accelerazioni e delle decelerazioni che si generano durante il moto, si ha una variazione del peso gravante sugli assi del veicolo; tali variazioni rispetto alla situazione statica vengono comunemente indicate come trasferimento longitudinale del carico; il carico resta sostanzialmente invariato, mentre la forza di inerzia, applicata al baricentro, genera un movimento rispetto all'asse di beccheggio tale da scaricare un asse e caricare l'altro.

DEFINIZIONE DEL BECCHEGGIO: l'asse di beccheggio è quell'asse trasversale attorno al quale la scocca ruota durante i movimenti di beccheggio; la sua posizione viene determinata in funzione della geometria delle sospensioni.





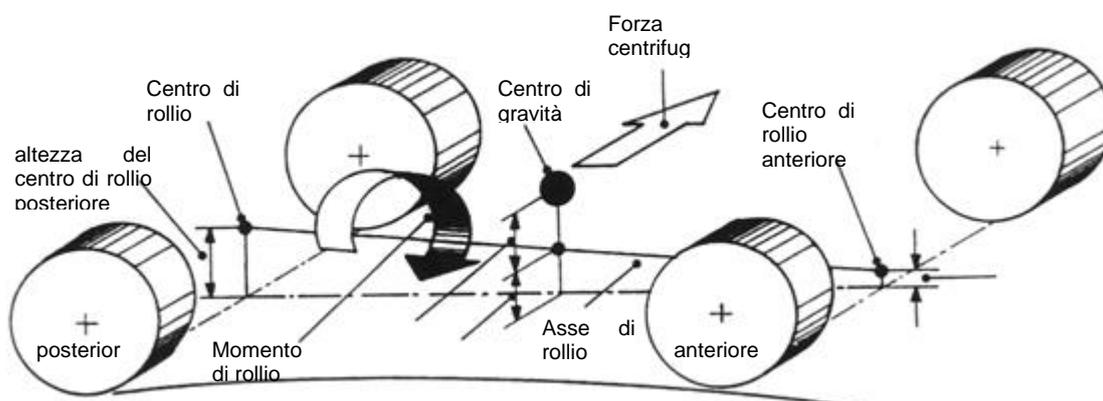
PARAMETRI: il trasferimento di carico risulta direttamente proporzionale alla massa del veicolo, all'altezza del suo baricentro ed alla forza che genera il trasferimento, mentre è inversamente proporzionale alla lunghezza del passo del veicolo; ne risulta che all'aumentare del carico trasportato aumenta l'effetto del beccheggio; tale effetto è altresì limitato, adottando un baricentro basso.

EFFETTI: il trasferimento del carico influenza anche la tenuta di strada, poiché, in fase di frenata, l'alleggerimento del retrotreno limita la sua azione direzionale e frenante che non sempre viene compensata dal miglioramento delle caratteristiche direzionali e frenanti dell'avantreno; in accelerazione l'alleggerimento dell'avantreno può determinare effetti di sottosterzo e perdita di aderenza tali da non consentire lo scarico a terra di tutta la potenza disponibile; quanto esposto vale, ovviamente per vetture a trazione anteriore; per vetture a trazione posteriore vale il contrario

SOSPENSIONI ANTIDIVE E ANTISQUAT: una opportuna disposizione della geometria dei bracci di ancoraggio della sospensione consente di avere:

- una sospensione antisquat, nel caso si opponga all'alleggerimento dell'avantreno;
 - una sospensione antidive, nel caso si opponga all'alleggerimento del retrotreno;
- generalmente per ottenere effetti antidive o antisquat è necessario adottare sospensioni con un cinematismo che realizzi, durante l'escursione, una conversione di energia da movimenti di beccheggio in lavoro di traslazione.

1.3. ROLLIO



DEFINIZIONE: con il termine rollio viene definito il movimento del corpo di una vettura, dotato di sospensioni elastiche, generato durante la percorrenza di una curva; in questo caso la forza centrifuga, agendo sulla massa sospesa, determina l'inclinazione della vettura verso l'esterno della curva.

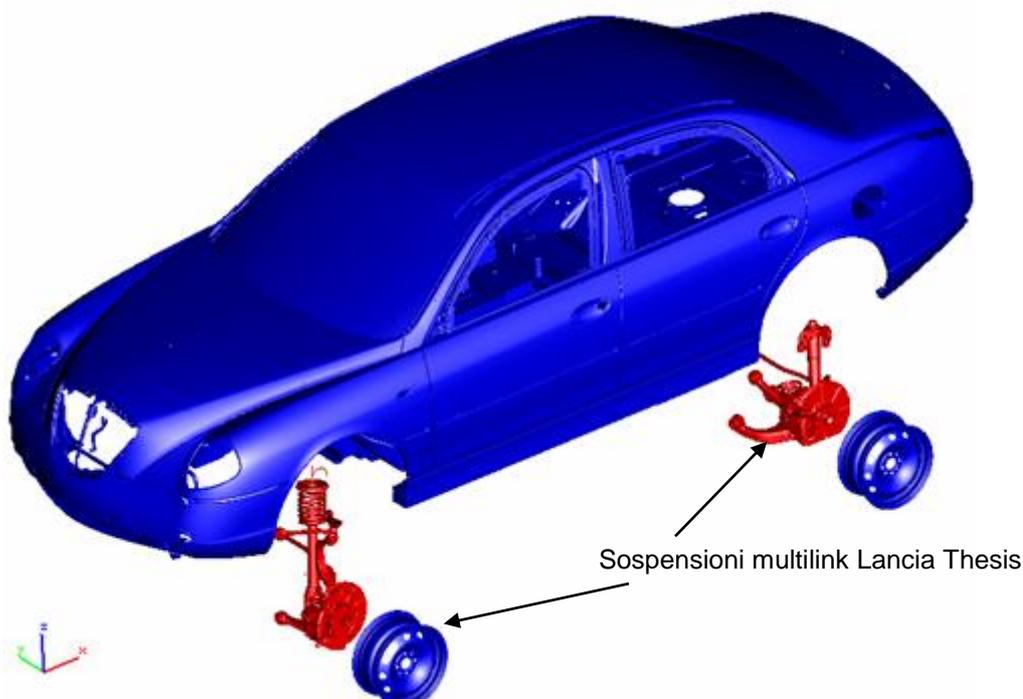
EFFETTI: gli effetti generati dal rollio sono principalmente due:

- inclinazione della scocca, con conseguente modifica degli angoli caratteristici della ruota;
- trasferimento del carico sulle sospensioni e sulle ruote esterne con conseguente sovraccarico delle stesse;

entrambi gli effetti incidono negativamente sul comportamento e sulla tenuta di strada della vettura.

ASSE DI ROLLIO: durante il movimento di rollio, la vettura ruota intorno ad un punto, denominato centro di rollio; la posizione di questo punto si modifica con l'escursione delle sospensioni e può variare al variare del tipo di sospensione adottata sull'altro asse; dato che gli schemi sospensivi sono diversi anteriormente e posteriormente, occorre riferirsi ad un asse di rollio, anziché ad un centro di rollio; la posizione dell'asse di rollio determina il comportamento della vettura in rollio; si ricorda che una certa quantità di rollio in curva è consigliabile in quanto fornisce al conducente una sensazione di "pericolo" nell'affrontare le curve a velocità sostenuta.

2. LE SOSPENSIONI DELL'AUTOVEICOLO



Per sospensione di un autoveicolo si intende quel complesso di elementi che collega la ruota alla scocca nel modo più sicuro e confortevole possibile per i passeggeri; la sospensione, nel contempo, assicura alla ruota la libertà di movimento necessaria per permettere all'autoveicolo il moto in qualsiasi direzione voluta dal conducente.

Le sospensioni costituiscono il collegamento tra la vettura e la strada e trasmettono al guidatore l'effetto diretto delle forze generate dal movimento della vettura ; questo effetto di trasforma in sensazioni percepibili dal guidatore attraverso il sedile, come vibrazioni dello sterzo e sottoforma di rumore; lo schema costruttivo della sospensione e la taratura dei diversi elementi che controllano la posizione ed i movimenti verticali e longitudinali della ruota contribuiscono, assieme ai pneumatici, a determinare la guidabilità (HANDLING) ed il comfort di marcia (RIDE).



2.1. FUNZIONI DELLA SOSPENSIONE

Assorbimento degli effetti di ostacoli stradali

Un primo importante compito, destinato a permettere all'autoveicolo di muoversi nelle diverse direzioni e nella maniera più confortevole possibile per i passeggeri, è quella di smorzare, assorbire e filtrare tutti gli urti e le forze impulsive che durante il moto vengono trasmesse dalla strada alla ruota e, per suo tramite alla scocca.

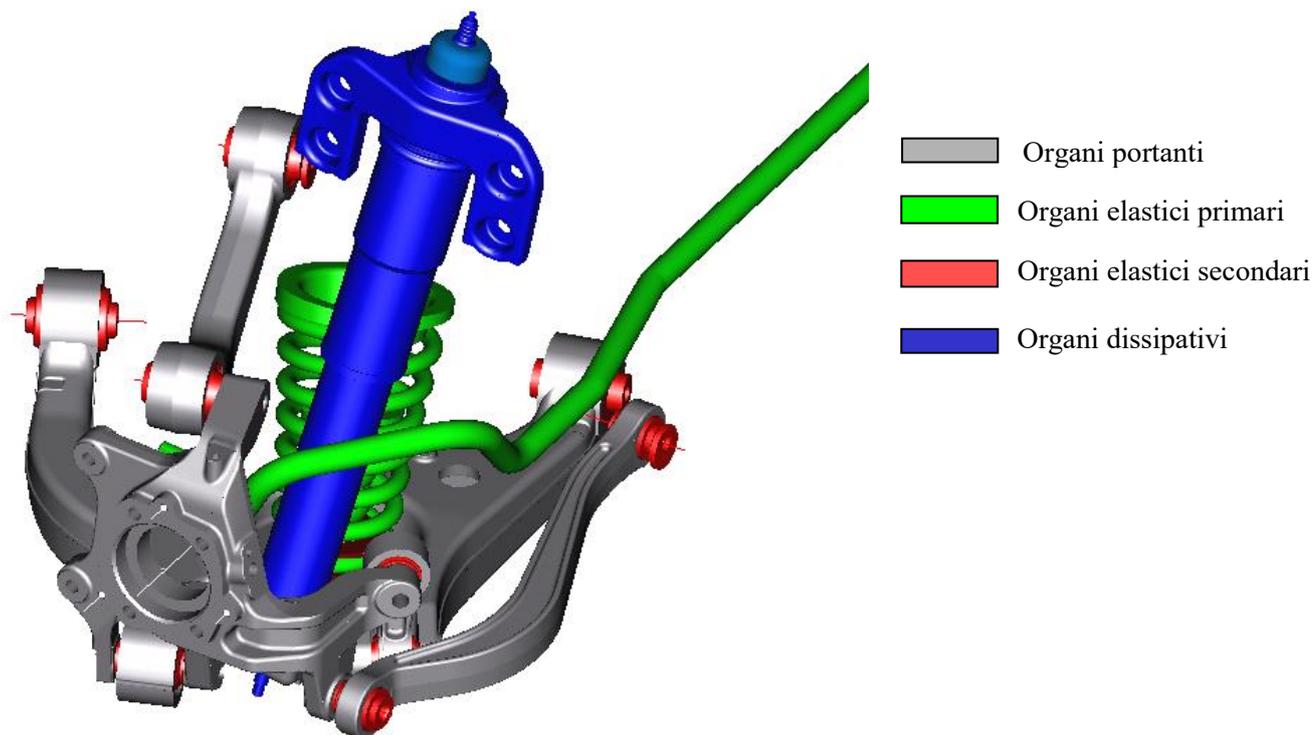
Guida corretta della ruota sul terreno sia in termini angolari che traslazionali

Una seconda funzione importante della sospensione è legata alla necessità di garantire i cambiamenti di direzione dell'autoveicolo attraverso l'azione di sterzata delle ruote; in questo caso la sospensione funge da elemento di raccordo tra la ruota e la scocca e guida i movimenti laterali della ruota.

Mantenimento di una sufficiente aderenza della ruota su un terreno sconnesso

Questa terza funzione viene assolta dalla sospensione attraverso il sistema composto dagli organi portanti e dagli organi dissipatori di energia; i primi (bracci oscillanti, tiranti, snodi, ecc.) assicurano la posizione della ruota rispetto alla scocca ed evitano i movimenti non previsti dal progettista; i secondi sono elementi cooperatori di quelli elastici (molle ad elica, barre di torsione, molle a balestra, ecc.), introdotti allo scopo di dissipare l'energia da essi immagazzinata e quindi di smorzare le oscillazioni della scocca evitando il rimbalzo della ruota sul terreno; l'elemento dissipatore attualmente generalizzato su tutti i tipi di sospensioni è l'ammortizzatore idraulico.

2.2. COMPONENTI DELLA SOSPENSIONE

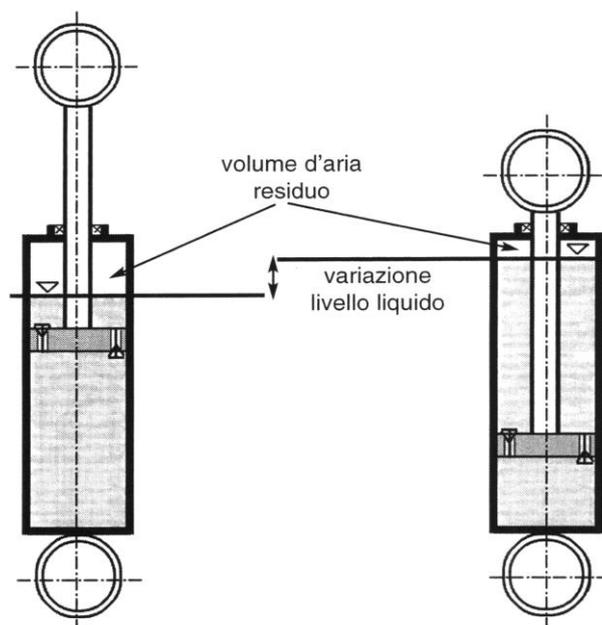


Per assolvere alle funzioni sopra esposte la sospensione deve essere costituita da diverse categorie di organi.

- **Organi portanti:** sono quegli organi che collegano meccanicamente ruota e scocca e che assicurano i gradi di libertà richiesti e la corretta posizione della ruota rispetto al terreno; questi organi sono determinanti per definire il moto relativo tra ruota e scocca;
- **Organi elastici primari:** sono molle ad elica, balestre, barre di torsione, tamponi; sono quegli organi che collegano elasticamente la ruota alla scocca; a tali organi si demanda il compito di immagazzinare l'energia messa in gioco durante il moto a causa degli urti delle ruote contro le asperità stradali; inoltre, hanno il compito di sorreggere il peso della scocca ed in generale della parte di massa del veicolo che insiste su di essi e che viene denominato massa sospesa.
- **Organi elastici secondari:** sono le boccole; essi garantiscono il filtraggio delle vibrazioni ad alta frequenza e contribuiscono al comfort della vettura;
- **Organi dissipativi:** gli ammortizzatori idraulici; sono quegli organi introdotti allo scopo di dissipare l'energia immagazzinata dagli elementi elastici e che consentono di smorzare le oscillazioni della scocca assicurando il comfort di marcia.

2.3. GLI AMMORTIZZATORI

2.3.1. AMMORTIZZATORE IDRAULICO MONOTUBO

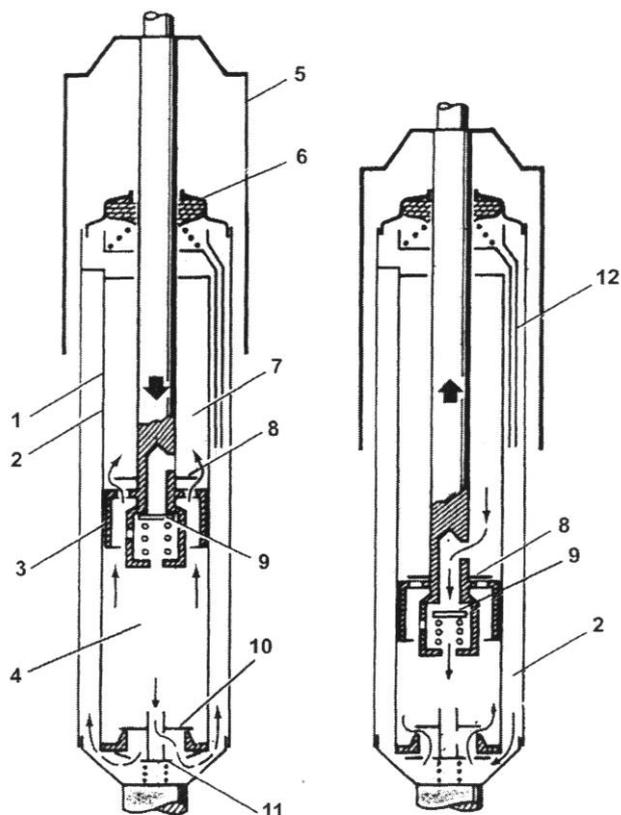


CARATTERISTICHE: un ammortizzatore idraulico monotubo è composto da un cilindro chiuso ad una estremità, all'interno del quale scorre uno stantuffo solidale con uno stelo ; le due parti mobili tra loro sono collegate l'una alla sospensione e l'altra alla scocca;

FUNZIONAMENTO: il tubo è riempito con uno speciale liquido (caratterizzato da basse variazioni di viscosità all'aumentare della temperatura) che durante il moto dello stantuffo, trafila attraverso dei fori calibrati (o delle valvole) di cui lo stantuffo è dotato; durante il movimento dello stelo si crea una conseguente variazione del volume disponibile, per cui il volume occupato dall'aria funge da camera di compensazione.

CRITICITA': per le criticità di funzionamento vedere quanto scritto a riguardo dello ammortizzatore a doppio effetto.

2.3.2. AMMORTIZZATORE IDRAULICO A DOPPIO EFFETTO



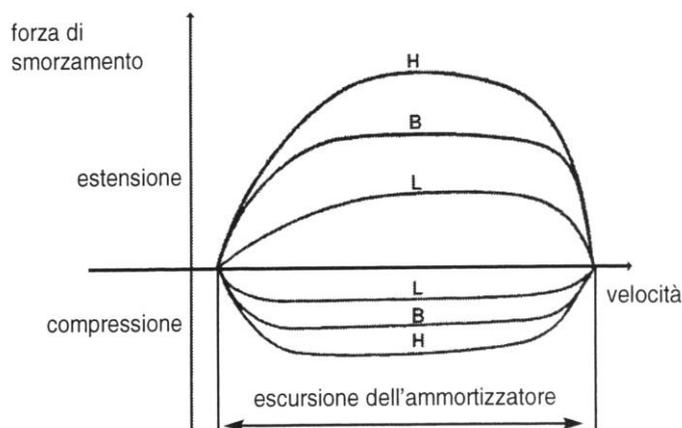
1. cilindro di lavoro
2. serbatoio di compensazione
3. stantuffo
4. camera in pressione durante la fase di compressione
5. guaina di protezione
6. ghiera di chiusura con guarnizione di tenuta
7. camera in pressione durante la fase di estensione
8. valvola di travaso
9. valvola di estensione
10. valvola di compressione
11. valvola di compensazione
12. tubetto di ritorno dell'olio trafilato

DESCRIZIONE: l'ammortizzatore bitubo è composto da due camere, una interna detta di lavoro ed una esterna detta di riserva; la prima, costantemente piena di olio, contiene lo stelo, il pistone, le valvole del pistone, le valvole di base; la seconda è riempita per due terzi di olio e per la restante parte di aria o gas in pressione (a seconda dei modelli).

FUNZIONAMENTO: del tutto simile all'ammortizzatore monotubo.

CARATTERISTICHE: all'interno dell'ammortizzatore è necessario mantenere un volume residuo di aria che sia pressoché uguale al volume occupato dallo stelo quando questo si trova totalmente all'interno del cilindro ammortizzatore; la presenza di questa camera di aria, non separata dal fluido, può creare problemi di funzionamento specialmente se l'ammortizzatore è in posizione inclinata; infatti quando valvole e stantuffo sono solo parzialmente immersi nell'olio, l'emulsione di olio e aria e la formazione di schiume nel liquido, determinano la compromissione dell'effetto smorzante; per altro verso, il funzionamento dell'ammortizzatore, attraverso la viscosità dell'olio, determina una notevole produzione di calore; l'olio può in taluni casi, superare la temperatura di 150°C, divenendo molto fluido e provocando così una riduzione della funzionalità dell'ammortizzatore, con conseguente formazione di bolle d'aria.

2.3.3. EFFETTO SMORZANTE



curva L, ammortizzatore controllato dagli orifizi che frenano i moti lenti

curva B, ammortizzatore controllato da una valvola progressiva che frena i moti di bassa frequenza

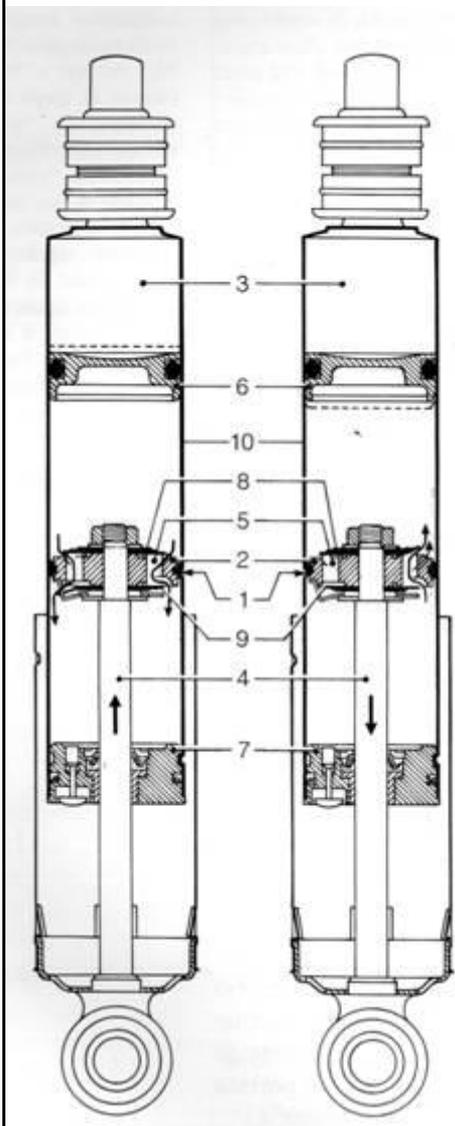
curva H, utilizzata per smorzare i moti più violenti delle ruote (su strade molto dissestate)

REQUISITI: l'escursione della sospensione può essere determinata da moti della scocca rispetto alle ruote (moti di beccheggio, rollio, imbardata) o da moti delle ruote rispetto alla scocca (buche, ostacoli); il primo moto interessa le masse sospese, mentre il secondo quelle non sospese; essendo diversi i valori di inerzia e velocità delle due masse, è evidente che anche l'energia da dissipare e quindi la forza smorzante sarà diversa nei due casi; questo è il motivo per il quale ad un ammortizzatore si richiedono almeno due caratteristiche diverse di smorzamento: una modesta, per contrastare i moti abbastanza lenti della scocca, ed una molto più energica, per contrastare i moti veloci della ruota rispetto alla scocca.

ATTUAZIONE: negli ammortizzatori, la realizzazione di diverse azioni smorzanti viene realizzato utilizzando due (o più) serie di orifizi o valvole calibrati: una serie di fori più piccoli e sempre aperti permette un continuo passaggio del fluido fra le camere del cilindro ammortizzatore e frena i moti lenti della scocca rispetto alle ruote; quando è richiesta una azione smorzante più energica a causa dei moti più veloci della ruota rispetto alla scocca, l'aumento di pressione dell'olio all'interno del cilindro determina l'apertura di una serie di valvole di luce maggiore rispetto ai fori precedenti, evitando così l'eccessivo indurimento dell'ammortizzatore dovuto al solo passaggio dell'olio attraverso la serie di fori più piccoli.

GLI AMMORTIZZATORI

▪ AMMORTIZZATORE IDROPNEUMATICO

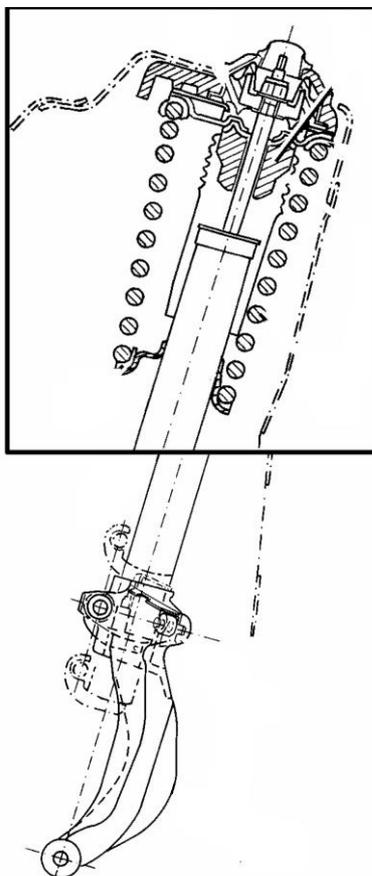


1. anello di tenuta pistone/cilindro
2. pistone di lavoro
3. gas compresso
4. stelo
5. fori passaggio olio
6. pistone separatore gas-olio
7. guida stelo
8. valvole di estensione
9. valvole di compressione
10. cilindro di lavoro

CARATTERISTICHE: le criticità esposte al proposito degli ammortizzatori idraulici vengono risolte con l'adozione dell'ammortizzatore a gas; in questo caso il volume di aria presente nell'ammortizzatore idraulico è sostituito da una massa di gas in pressione (azoto fino a 10 bar) separata dal liquido mediante un diaframma scorrevole.

VANTAGGI: in questi ammortizzatori non è più necessario lasciare un volume d'aria residuo dato che le variazioni di volume vengono assorbite dal polmone di gas; si ottiene, così, il risultato di evitare l'eccessivo riscaldamento dell'olio poiché il gas favorisce lo smaltimento del calore.

2.4. ORGANI ELASTICI



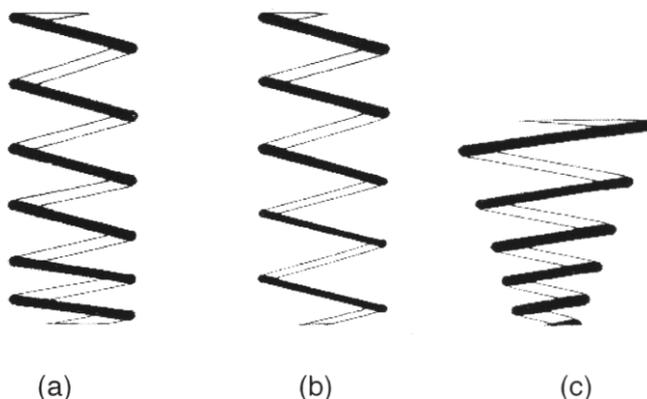
SCOPO: gli organi elastici hanno lo scopo di garantire il comfort di marcia permettendo i grossi movimenti della sospensione ed immagazzinando elasticamente l'energia cinetica generata nel movimento.

POSIZIONE: sono interposti tra gli organi portanti e la scocca.

RIGIDEZZA: alte rigidzze significano basso comfort di assorbimento ostacoli, determinando un assetto dinamico più rigido, riducendo nel contempo i fenomeni di rollio e beccheggio; una rigidzza più bassa implica un aumento del comfort, ma un peggioramento del comportamento della vettura in fase di rollio o beccheggio.

TIPOLOGIE: elementi elastici sono le molle ad elica, le barre di torsione e le molle a balestra; è interessante notare che, mentre le molle ad elica e le barre di torsione svolgono solo la funzione elastica in quanto sono in grado di sopportare carichi in una sola direzione, le molle a balestra, essendo in grado di sopportare carichi in più direzioni, possono svolgere anche la funzione di organo portante permettendo di semplificare la sospensione.

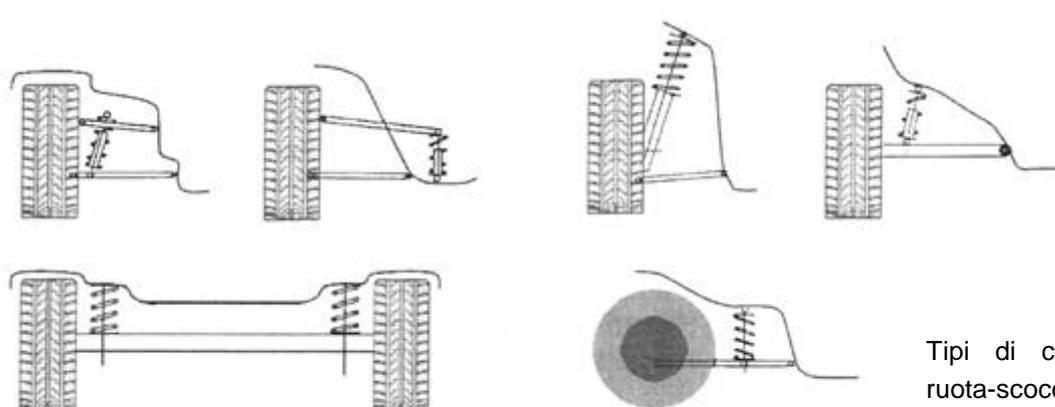
2.4.1. MOLLE AD ELICA



CARATTERISTICHE: le molle ad elica sono costituite da un filo di acciaio avvolto secondo un'elica cilindrica; supportano sforzi diretti solo lungo il loro asse di simmetria.

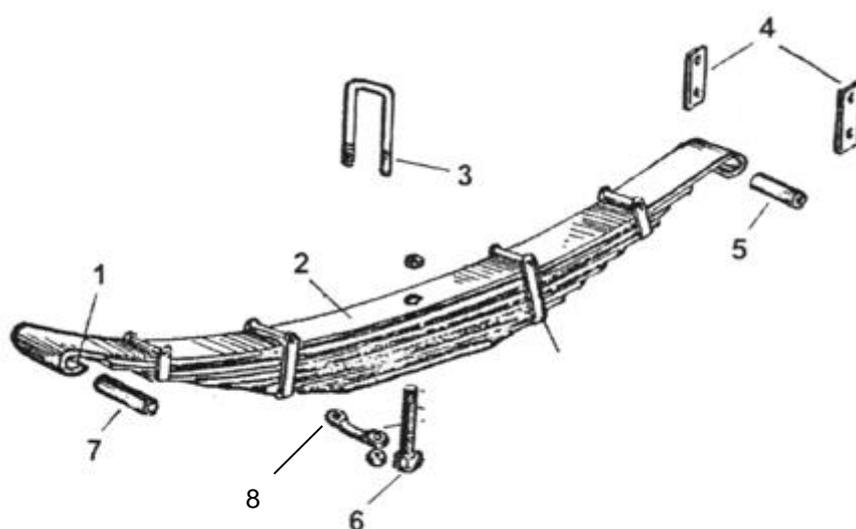
FUNZIONAMENTO: le molle ad elica, sollecitate da una forza esterna, si comprime assorbendo energia sotto forma di potenziale elastico che poi restituisce parzialmente durante la corsa di estensione.

RIGIDEZZA: questo parametro, pari al rapporto tra la forza che sollecita la molla e lo schiacciamento della stessa, circa costante, è unicamente dipendente dalle caratteristiche geometriche della molla e dal modulo elastico del materiale di cui è composta; nel caso in cui si voglia avere una rigidezza variabile con lo schiacciamento, è possibile utilizzare molle a passo variabile (a), a diametro del filo variabile (b) o conica (c); molle di questo tipo vengono talvolta utilizzate in campo autoveicolistico; infatti, una maggiore rigidezza dell'elemento elastico all'aumentare della compressione, fa sopportare meglio alla sospensione carichi elevati verso la fine della corsa, preservando nel contempo, la scocca da urti violenti.



Tipi di collegamento
ruota-scocca e molla

2.4.2. MOLLE A BALESTRA



1. occhio per articolazione
2. foglia maestra
3. cavalletto a U
4. biscottini
5. boccola
6. pitone
7. boccola
8. staffa di assemblaggio

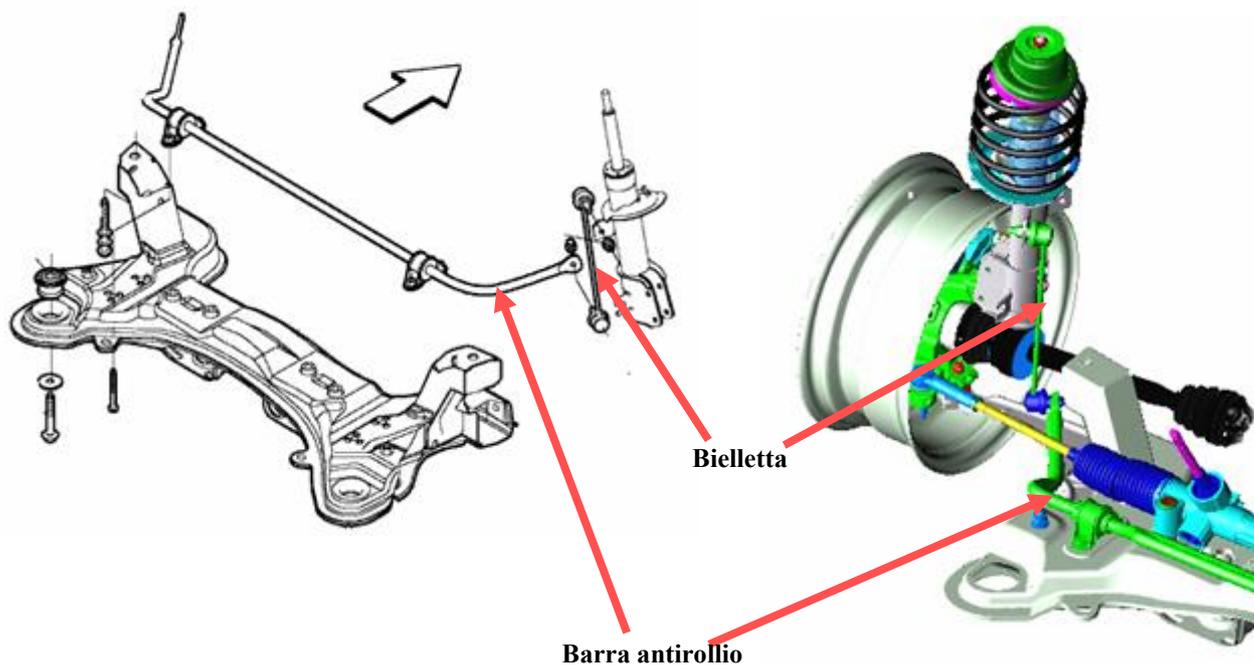
CARATTERISTICHE: le molle a balestra sono costituite da una o più foglie di acciaio di lunghezza diversa, a sezione costante o variabile sovrapposte e collegate da un bullone detto pitone; la balestra è inoltre dotata di staffe di centraggio, la cui funzione è quella di evitare i dissestamenti laterali, e di distanziali, solitamente in materiale plastico, che vengono posti fra le foglie stesse per evitare cigolii.

FOGLIA MAESTRA: la foglia più lunga, detta foglia maestra, ai suoi estremi, presenta due occhielli che servono per il fissaggio al telaio del veicolo; uno di questi occhielli è fissato direttamente al telaio grazie all'interposizione di una boccola elastica o di una bronzina lubrificata; l'altro occhiello è collegato al telaio mediante una articolazione costituita da una belletta detta biscottino; il biscottino consente alla balestra di allungarsi e di accorciarsi liberamente durante i movimenti di deformazione.

APPLICAZIONI: questo tipo di molla è montata anteriormente e posteriormente sui mezzi commerciali e sui fuoristrada, a causa della maggiore rigidità rispetto alle molle ad elica.

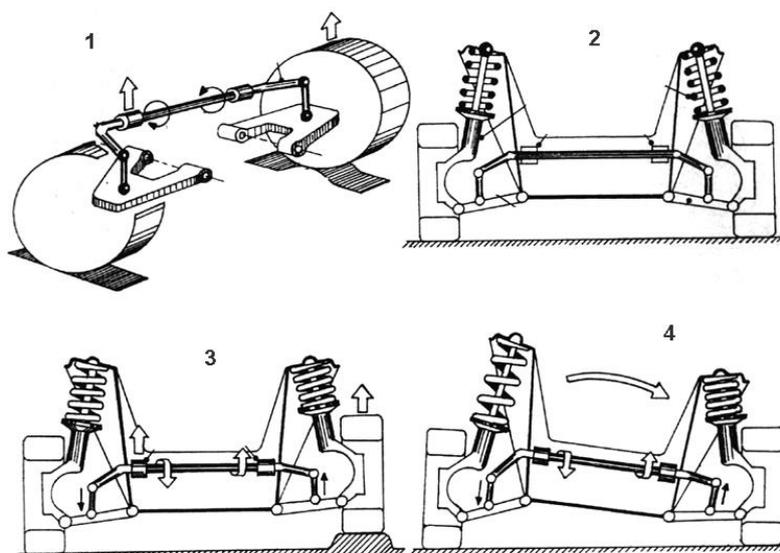
VANTAGGI: la caratteristica peculiare delle molle a balestra è costituita da una capacità smorzante intrinseca dovuta prevalentemente allo sfregamento delle foglie durante i moti di flessione.

2.4.3. BARRA DI TORSIONE



COSTITUZIONE: la barra stabilizzatrice, o barra di torsione, realizzata a sezione tubolare per maggiore leggerezza, è ancorata al telaio mediante tasselli elastici contenuti in opportuni supporti, e alle forcelle degli ammortizzatori, tramite due tiranti dotati di testine snodate.

CARATTERISTICHE: l'azione della barra di torsione riduce il rollio in curva minimizzando le variazioni degli angoli caratteristici della sospensione; se il movimento dei bracci della sospensione è simmetrico sui due lati della barra di torsione non influisce sulla rigidità della sospensione dato che agisce solo se si creano dei movimenti asimmetrici tra i due bracci di uno stesso asse.



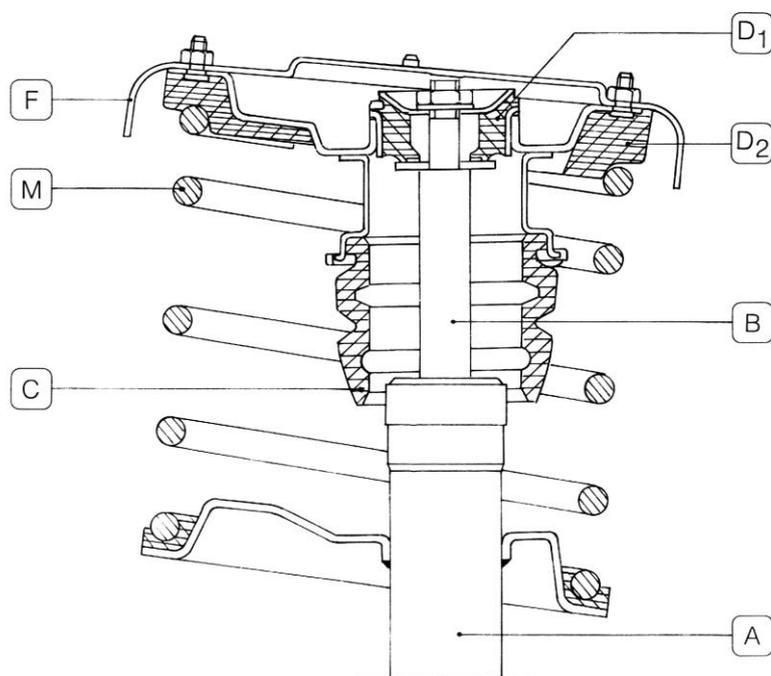
1. vista di una barra antirollio durante il funzionamento
2. barra antirollio a riposo
3. azione della barra antirollio a causa del sollevamento di una ruota
4. azione della barra antirollio dovuto al coricamento della vettura in curva

FUNZIONAMENTO: la barra antirollio collega elasticamente tra loro le due ruote di uno stesso assale e reagisce ai movimenti relativi delle ruote diversi rispetto alla cassa del veicolo; l'impiego della barra antirollio consente di utilizzare molle delle sospensioni del veicolo più morbide con conseguente miglioramento del comfort di marcia.

CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO: durante una curva la barra antirollio regge parte del carico dovuto al rollio alleviando il carico imposto sulle molle principali; la barra quindi aiuta le molle delle sospensioni in tutte le circostanze in cui si manifesta rollio oppure quando la ruota deve superare un'asperità della strada.

Occorre sottolineare che, per garantire la sicurezza di marcia, l'intero sistema delle sospensioni deve assicurare che, durante il moto relativo della ruota rispetto alle ruote, queste ultime conservino invariati il più possibile i propri angoli caratteristici rispetto al suolo; in particolare, occorre evitare che si determinino variazioni di carreggiata e di angolature longitudinali delle ruote non volute.

2.4.4. TAMPONI DI FINE CORSA



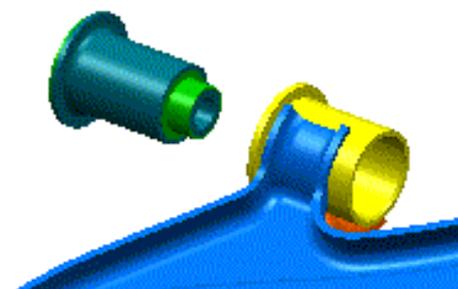
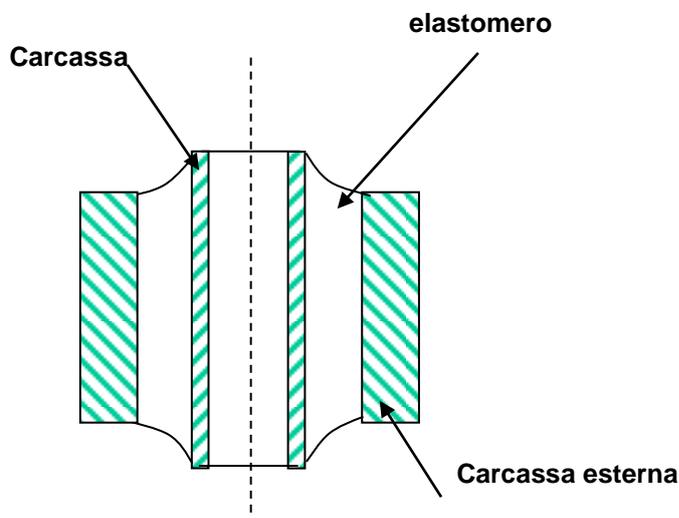
- A** corpo dell'ammortizzatore
- B** stelo
- C** tampone di corsa a compressione
- D1** tassello per il vincolo stelo-cassa
- D2** tassello per il vincolo della molla alla cassa
- F** elemento strutturale per il vincolo alla cassa
- M** molla

SCOPO: per limitare la corsa in compressione della sospensione, nel caso di urti molto violenti, vengono adottati degli elementi elastici in gomma tamponi di fine corsa.

CARATTERISTICHE: questi elementi possono essere in gomma piena o spugna; mentre il primo tipo ha una funzione puramente elastica, il secondo tipo ha una struttura in spugna che dissipa energia ogni volta che si comprime e si ristende, espellendo e riassorbendo aria; in estensione viene rilasciata meno energia che in fase di compressione; questa particolare caratteristica consente ai tamponi con struttura in spugna di limitare il saltellio della sospensione, ogniqualvolta questa si ristende dopo una compressione violenta.

MATERIALI: i tamponi di fine corsa utilizzati nelle vetture del gruppo FIAT sono in CELLASTO, cioè in poliuretano a celle chiuse; questo materiale mantiene nel tempo le caratteristiche di elasticità originarie.

2.4.5. BOCCOLE ELASTICHE



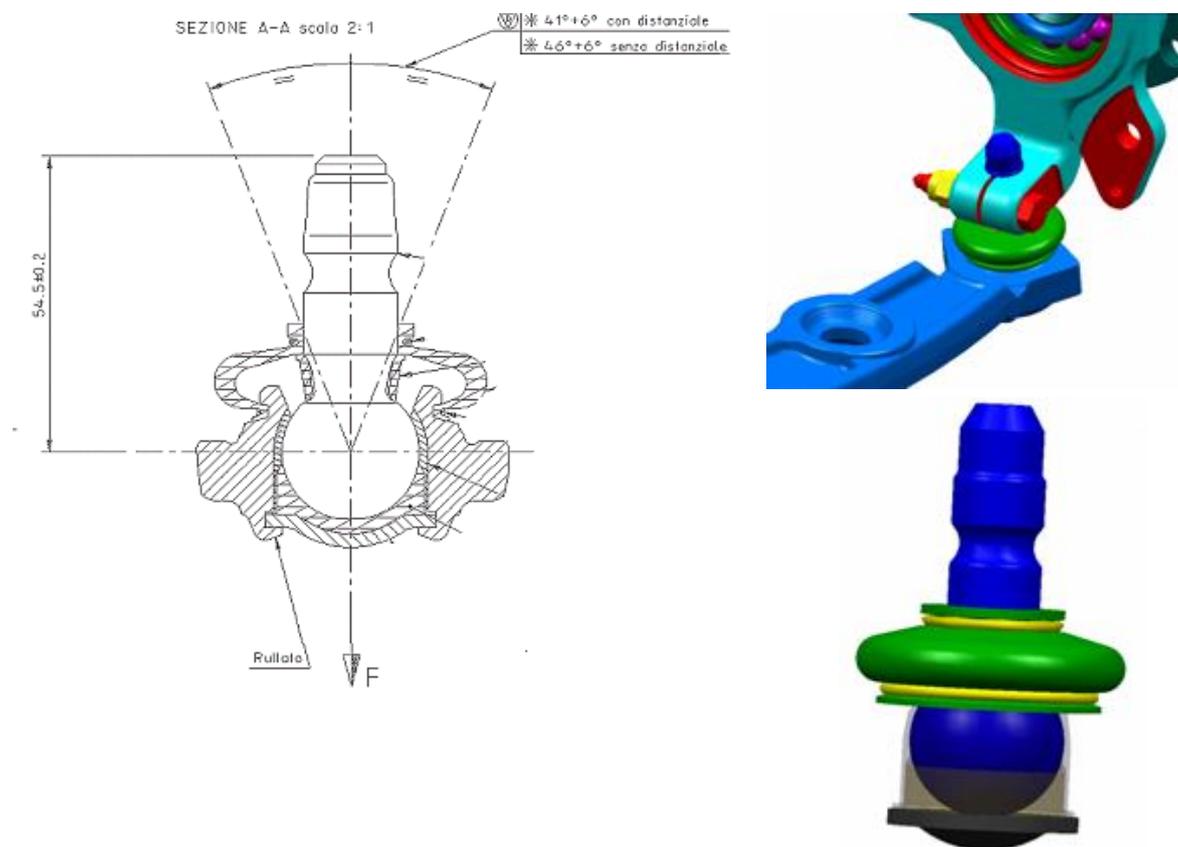
Le boccole elastiche sono componenti le cui deformazioni consentono il movimento relativo tra il braccio e telaio.

Sono composte da una carcassa esterna e da una interna tra le quali viene vulcanizzata della gomma. Su alcune vetture vengono utilizzate boccole idrauliche: esse accoppiano caratteristiche di flessibilità con valori di smorzamento elevati, utilizzando un fluido che passa attraverso opportuni orifizi.

CARATTERISTICHE: gli spessori della gomma e la composizione della mescola sono progettate in modo da differenziare la rigidità a seconda della direzione del carico: si parla pertanto di boccole "specializzate" in grado di controllare il comportamento della sospensione per quanto riguarda le variazioni degli angoli caratteristici o del passo sotto carico.

Le boccole elastiche sono soggette ad usura ed a cristallizzazione della gomma; ciò può provocare una variazione del corretto posizionamento della ruota rispetto al terreno (e quindi una variazione degli angoli caratteristici della ruota) il che implica un consumo irregolare e precoce dei pneumatici.

2.5. ORGANI DI COLLEGAMENTO: TESTINE SFERICHE

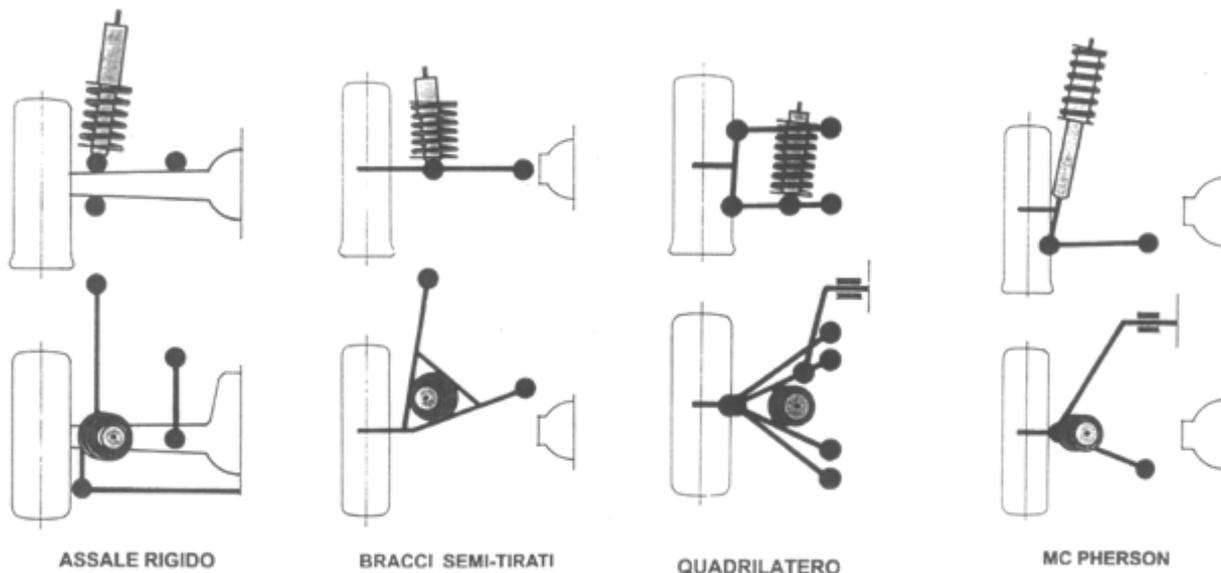


L'articolazione tra montante e braccio oscillante avviene utilizzando uno snodo vero e proprio, altrimenti detto testina o snodo sferico; snodi sferici sono impiegati inoltre agli estremi del tirante di sterzo. L'impiego di snodi sferici consente alla ruota gli scuotimenti e le sterzate. Questo tipo di snodo ha il pregio di essere preciso (non cedevole in modi diversi dalla rotazione intorno al suo centro) e di poter trasmettere forze in tutte le direzioni.

La rotula della testina porta un codolo a gambo cilindrico e gola di fissaggi, in cui una spina filettata viene inserita, con la funzione di stringere il codolo e impedire lo sfilamento assiale; in questo modo viene solitamente fissata la testina al braccio oscillante.

La figura sopra riportata in basso a destra mostra la sezione di uno snodo piantato sulla sede lavorata di un braccio; lo sfilamento della testina viene impedito rullando un lembo del braccio sul coperchio della testina. Una retina impregnata di Teflon viene interposta tra la rotula e la sede in modo da garantire un basso attrito tra le superfici in movimento relativo tra loro.

3. TIPOLOGIE DI SOSPENSIONE VEICOLO



Visto l'alto numero di variabili e le possibilità di collegamento tra ruote e scocca (nonostante i pesanti vincoli esistenti), esistono molti schemi di sospensioni; in figura sono rappresentati alcuni schemi adottati più frequentemente; volendo comunque fare un classificazione delle tipologie di sospensioni è possibile individuare tre grandi categorie:

- A RUOTE INDIPENDENTI
- A RUOTE SEMINDIPENDENTI
- A RUOTE INTERCONNESSE RIGIDAMENTE

SOSPENSIONI ANTERIORI E POSTERIORI: Non tutte le precedenti tipologie elencate si adattano ad essere montate sull'asse anteriore e su quello posteriore; la più o meno facile adattabilità alle esigenze specifiche sei due assali ha determinato una sorta di selezione, per cui ogni tipologia di sospensione si adatta meglio ad uno dei due assali, dando luogo alle attuali applicazioni.

3.1.1. SOSPENSIONI ANTERIORI

VINCOLI: per l'assale anteriore ci sono due grossi vincoli; il primo dovuto alla presenza del gruppo motopropulsore (trasversale o longitudinale) che richiede sospensioni poco intrusive verso il vano motore; il secondo dovuto alla necessità di ruote sterzanti e, per trazioni anteriori, anche motrici.

TIPOLOGIE ADOTTATE:

- sospensione Mc Pherson
- sospensione a quadrilatero alto
- sospensioni a quadrilatero basso: su vetture sportive
- sospensioni multilink (su vetture di alta gamma)

3.1.2. SOSPENSIONI POSTERIORI

VINCOLI: in questo caso non si evidenzia il particolare utilizzo di un tipo di sospensione rispetto agli altri, segno che i vincoli legati all'assale posteriore (bagagliaio, lay-out del sottoscocca, ecc.) sono meno pesanti che per l'avantreno.

TIPOLOGIE:

- ponte torcente: soprattutto per vetture di bassa-media gamma
- bracci longitudinali tirati: per vetture di bassa-media gamma; tende ad essere sostituita dal ponte torcente
- assale rigido: limitatamente diffuso per vetture di bassa-media gamma
- McPherson: diffuso per vetture di media-alta gamma
- quadrilatero: con diffusione in aumento per vetture di media-alta gamma
- multilink: con diffusione in forte aumento per vetture di media-alta gamma, su queste ultime ormai quasi generalizzato

3.2. TIPOLOGIE DI SOSPENSIONE MONTATE SU VEICOLI DEL GRUPPO FIAT

VETTURA	SOSPENSIONE ANTERIORE	TIPOL.	SOSPENSIONE POSTERIORE	TIPOL.
FIAT PANDA	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
FIAT IDEA	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
FIAT STILO	McPherson		Ponte torcente	RS
FIAT ULYSSE	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
FIAT PUNTO	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
FIAT MULTIPLA	McPherson	RI	Bracci oscillanti tirati	RI
FIAT DOBLO'	McPherson	RI	Assale rigido con molle a balestra	RIR
LANCIA Y	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
LANCIA PHEDRA	McPherson	RI	Ponte torcente	RS
LANCIA LYBRA	McPherson	RI	BLG (Bracci Longitudinali Guidati)	RI
LANCIA THESIS	Multilink	RI	Multilink	RI
ALFA ROMEO 147	Quadrilatero alto	RI	McPherson	RI
ALFA ROMEO 156	Quadrilatero alto	RI	McPherson	RI
ALFA ROMEO 166	Quadrilatero Alto	RI	McPherson - Multilink	RI
ALFA GT	Quadrilatero alto	RI	McPherson	RI

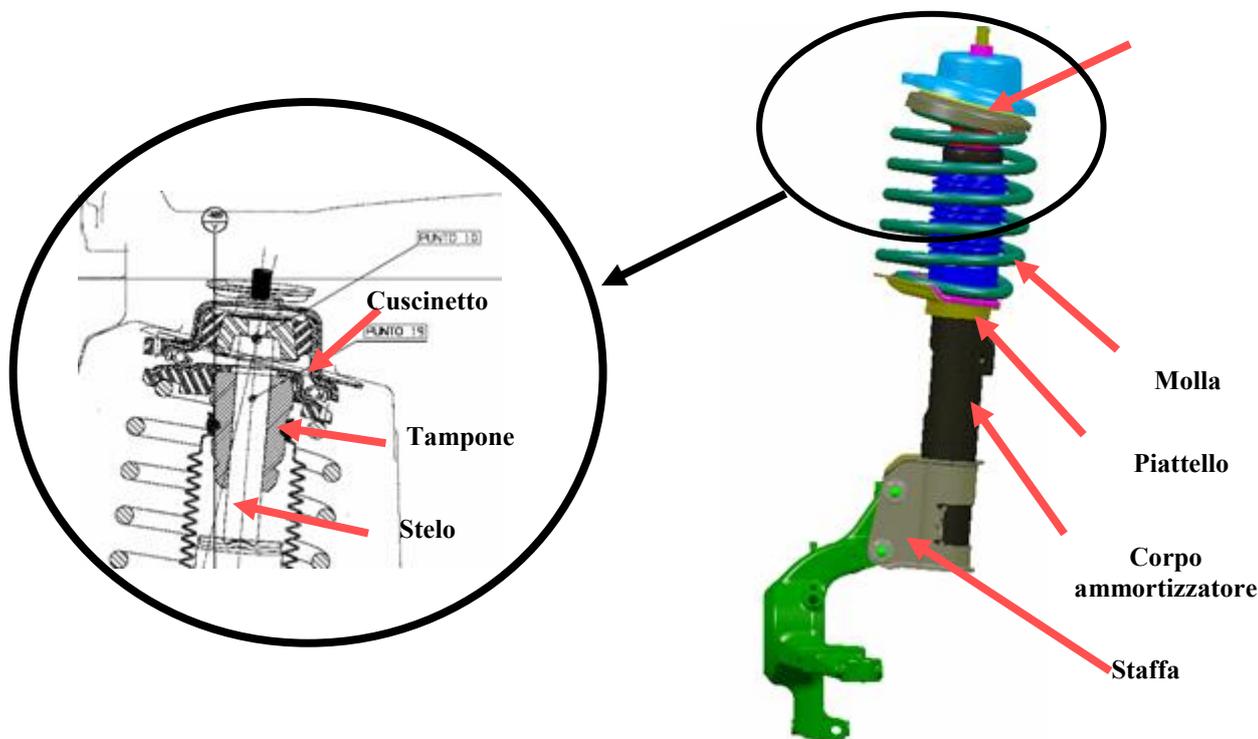
LEGENDA:

RI: ruote indipendenti

RS: ruote semindipendenti

RIR: ruote interconnesse rigidamente

3.2.1. SOSPENSIONI McPHERSON (ANTERIORI)



APPLICAZIONI: la sospensione McPherson viene utilizzata sia nelle sospensioni anteriori che in quelle posteriori; il 50% delle sospensioni attualmente prodotte sono di tipo McPherson.

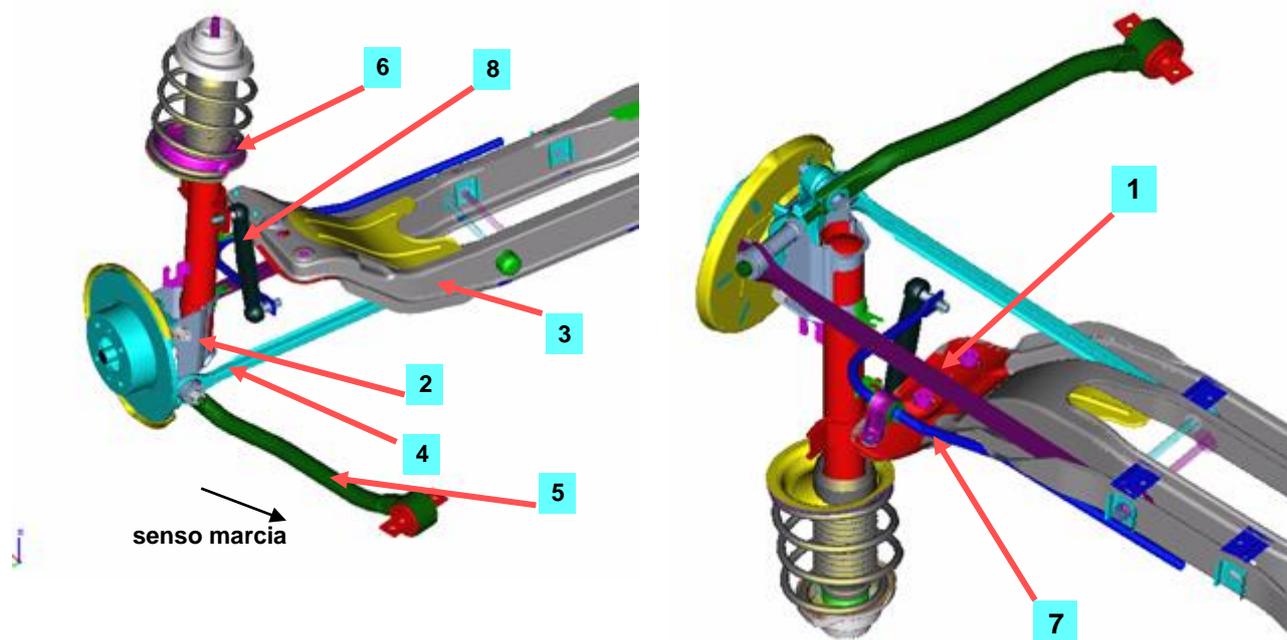
VANTAGGI:

- Semplicità costruttiva
- Riduzione peso
- Basso costo
- Bassi carichi su scocca
- Buona possibilità di controllo della convergenza

SVANTAGGI: ammortizzatore soggetto anche a carichi laterali e quindi peggior scorrimento con alta isteresi e peggior comfort.

CRITICITA' IN ESERCIZIO: il limite principale delle sospensioni McPherson è dato dalla variazione degli angoli caratteristici durante la sua escursione longitudinale ed in caso di rollio; questo fatto è dovuto al cinematismo, che è fulcrato solamente nella parte inferiore ed è collegato solidalmente alla scocca nella parte posteriore; ne consegue quindi che, nei movimenti orizzontali, la ruota compie un arco intorno al fulcro modificando la campanatura e, in caso di rollio, la parte collegata rigidamente alla scocca ne modifica l'inclinazione.

3.2.2. SOSPENSIONI McPHERSON (POSTERIORE)



La figura sopra riportata mostra la sospensione posteriore adottata dall'Alfa 147; non essendo richiesta la sterzata all'assale, il tirante sterzo viene sostituito da un'asta (1) incernierata tra il montante (2) e la traversa di meccanica (3; l'asta trasversale (4) assorbe i carichi trasversali mentre i carichi longitudinali sono supportati dall'asta (5).

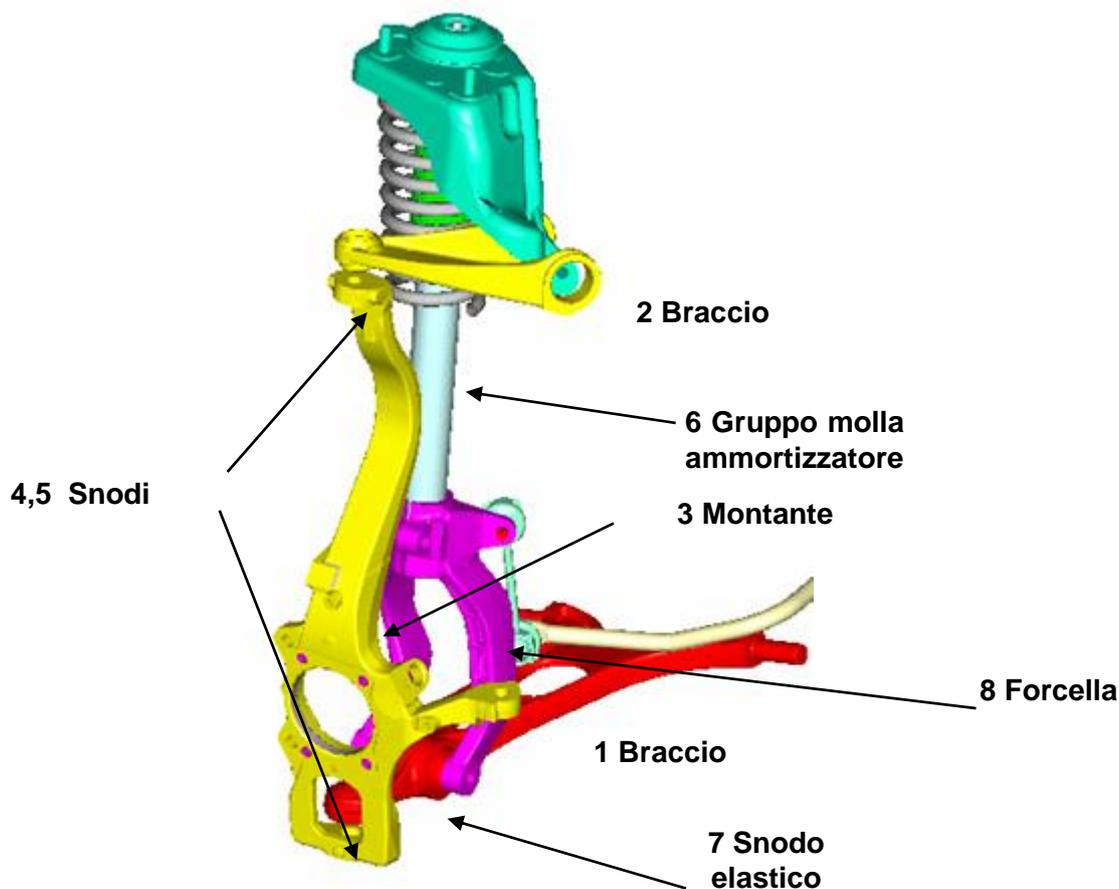
Il gruppo molla ammortizzatore (6) viene vincolato superiormente alla scocca ad un apposito duomo ricavato nel passaruota; la barra stabilizzatrice (7) viene incernierata sulla traversa e vincolata con una bielletta (8) all'ammortizzatore.

Si noti come l'aspetto complessivo risulti alquanto differente da quello di una sospensione McPherson per assale anteriore sterzante, pur non risultando sostanzialmente variato lo schema cinematico ed il numero delle aste, rispetto ad una sospensione a centri virtuali (multilink).

VANTAGGI: recupero di campanatura in scuotimento, recupero convergenza sotto carico laterale, aumento passo sotto carico longitudinale, masse non sospese ridotte rispetto ad un assale rigido.

SVANTAGGI: vibrazioni sul duomo indotte dal gruppo molla ammortizzatore; ingombro elevato in larghezza, a scapito del vano bagagli, in prossimità del passaruote, per la presenza del gruppo molla ammortizzatore; ammortizzatore con funzioni strutturali (usura, isteresi); incremento della complessità.

3.2.3. SOSPENSIONI A QUADRILATERO

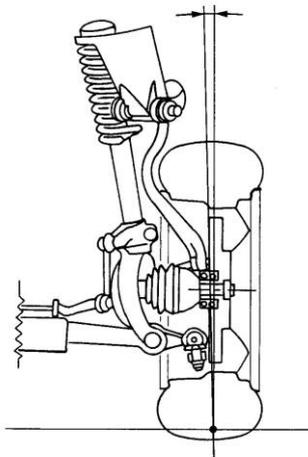


APPLICAZIONI: le sospensioni a quadrilatero sono applicate prevalentemente anteriormente.

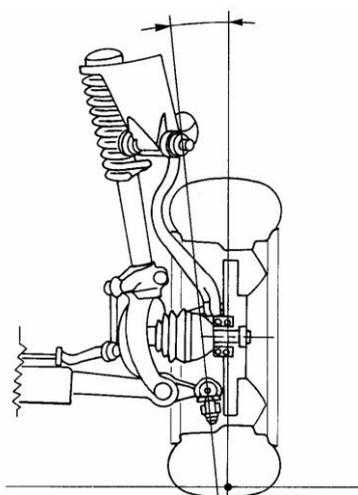
CARATTERISTICHE: la ruota è guidata da bracci oscillanti od aste sia inferiormente che superiormente, mentre l'ammortizzatore è tradizionale e non svolge anche la funzione di organo portante come nella sospensione McPherson; potendo ora variare sia la lunghezza che l'inclinazione del braccio oscillante superiore, si riesce a controllare anche la variazione di campanatura della ruota; nella sospensione a quadrilatero non vi sono quindi funzioni integrate ma ogni elemento svolge un suo specifico compito.

VARIANTE CON QUADRILATERO ALTO: il quadrilatero alto è nato essenzialmente per permettere di adottare sospensioni anteriori a quadrilatero su vetture con motore trasversale; infatti, in tale caso, lo schema a quadrilatero basso darebbe luogo ad interferenza del braccio superiore e della sua struttura di sostegno, con il gruppo motopropulsore.

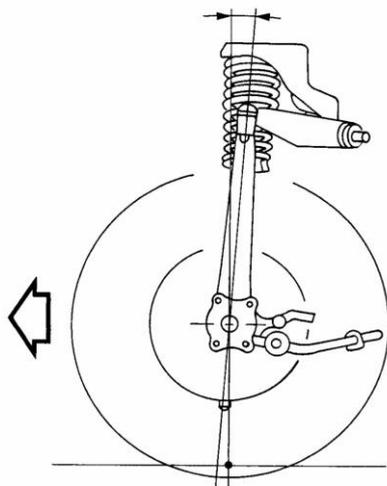
3.2.4. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SOSPENSIONE A QUADRILATERO



Aumento della **campanatura negativa** della ruota in fase di tamponamento: consente di compensare il coricamento della vettura in curva e di far lavorare il pneumatico meno inclinato rispetto al terreno; si ottengono i vantaggi di aumentare la aderenza dell'asse anteriore e di permettere una maggiore accelerazione trasversale con un opportuno bilanciamento con l'asse posteriore.



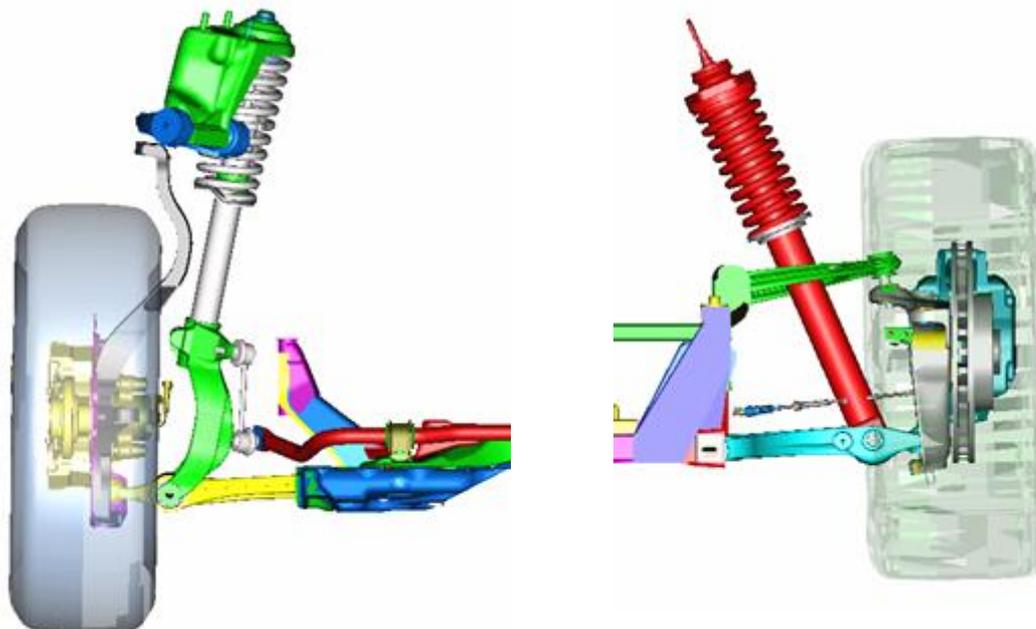
Contenimento della **inclinazione trasversale dell'asse sterzante (angolo di King Pin)** e del braccio a terra trasversale: consente di ridurre la componente del carico verticale sull'asse sterzante e di ridurre l'influsso della coppia autoallineante del pneumatico sull'asse sterzante, conseguendo i vantaggi di diminuire lo sforzo sul volante nella sterzata da fermo e di migliorare la progressività di carico nelle sterzate.



Elevato **angolo di incidenza del montante**: consente di far crescere l'inclinazione della ruota, durante la sterzata, verso l'esterno (campanatura negativa) ottenendo il vantaggio di compensare il coricamento dovuto al rollio soprattutto nelle curve a stretto raggio.



3.2.5. VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA SOSPENSIONE A QUADRILATERO



VANTAGGI:

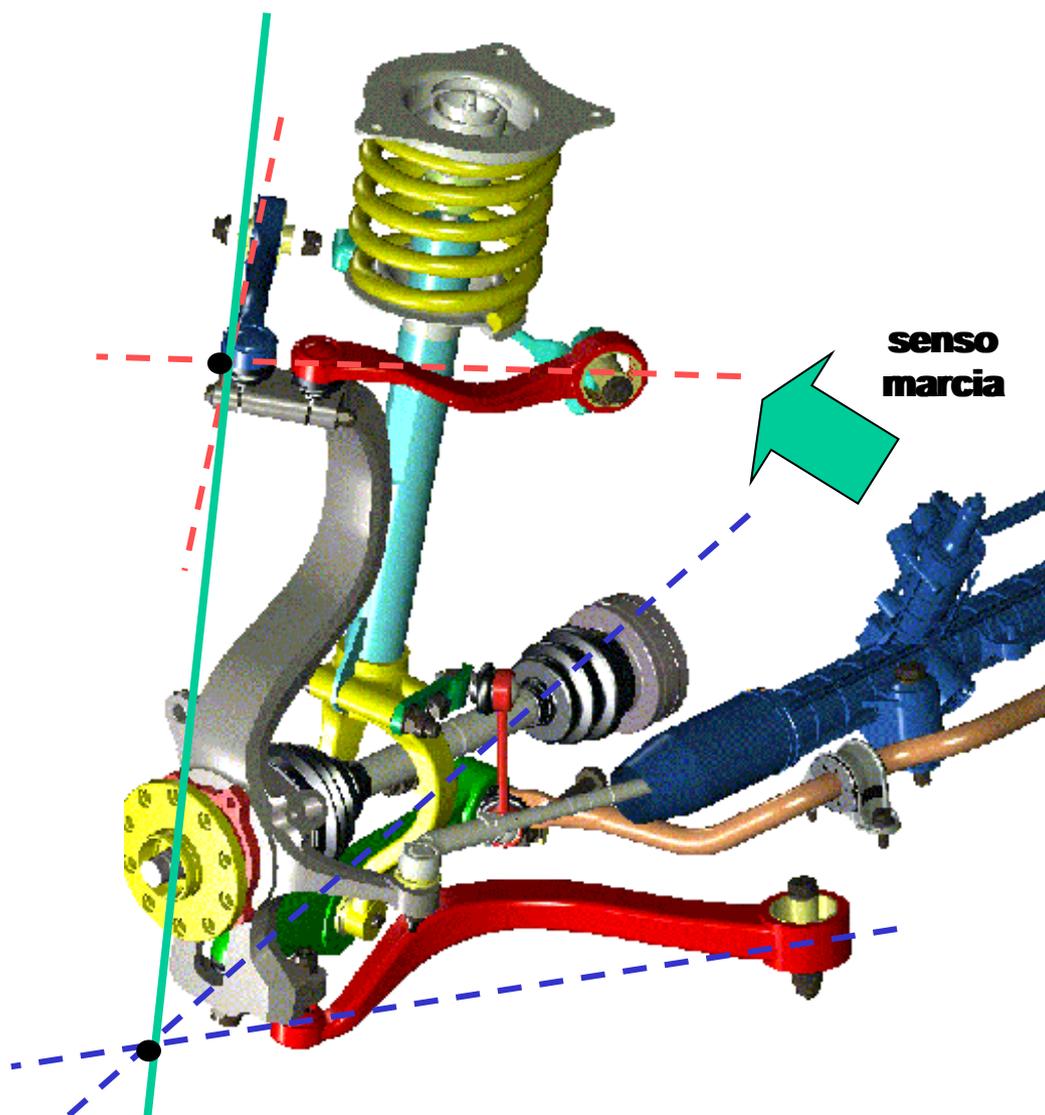
- Ottimo controllo cinematica, in particolare per quanto riguarda il recupero di campanatura in scuotimento;
- L'ammortizzatore non ha compiti strutturali; ne consegue un miglioramento del comfort (minor isteresi del componente);
- Possibilità di abbassare il profilo del cofano (solo per la soluzione a quadrilatero basso).

SVANTAGGI:

- I costi di produzione sono elevati per la presenza di un numero maggiore di componenti; rispetto ad una sospensione McPherson vi sono in più un braccio e le relative articolazioni.
- L'ingombro del braccio superiore è notevole; nel caso di motori trasversali questo fatto obbliga alla scelta del quadrilatero alto; l'ingombro del motopropulsore limita comunque la dimensione trasversale del braccio superiore con conseguente penalizzazione delle prestazioni cinematiche.
- Sono presenti molti snodi sulle articolazioni; ciò può causare una variazione del corretto posizionamento delle ruote a seguito di usura o cedimenti degli snodi stessi, il che implica un consumo irregolare e precoce dei pneumatici.
- Nel caso di un quadrilatero basso il limitare la variazione di incidenza montante in frenata impedisce di ottenere elevati valori di flessibilità longitudinale sotto carico a centro ruota.

3.2.6.

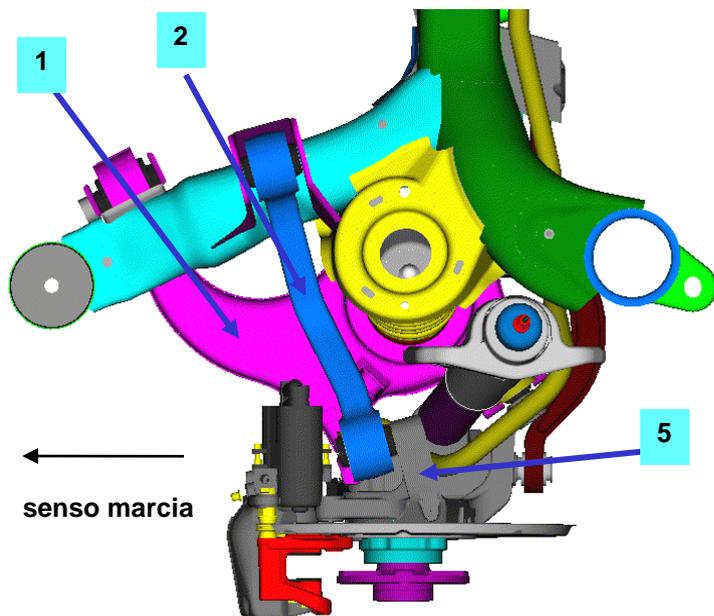
SOSPENSIONE MULTILINK (ANTERIORE)



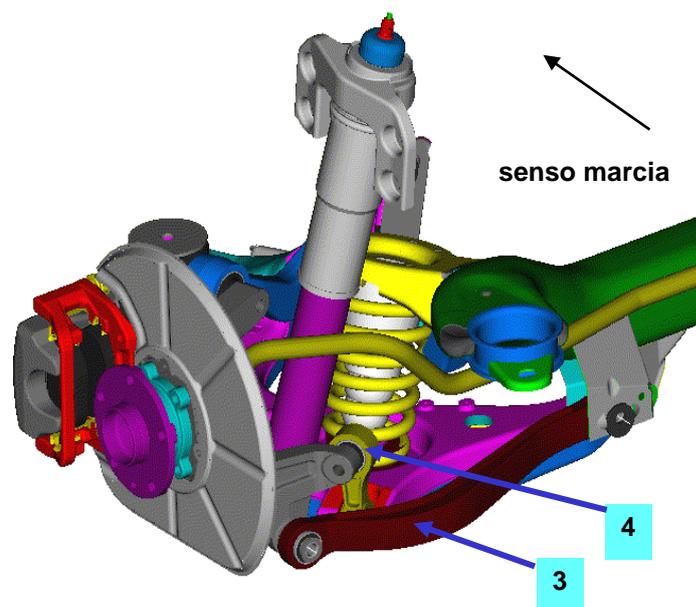
La vettura Lancia Thesis adotta per l'asse anteriore una architettura a quadrilatero in cui anche la leva superiore viene sdoppiata in due aste; l'asse di sterzo è individuato dalla retta che congiunge i punti di intersezione delle rette che congiungono i centri di articolazione delle due coppie di aste; questa soluzione permette di ottenere valori contenuti del braccio trasversale, unitamente ad una minore inclinazione dell'asse di sterzo; in questo modo si riducono i valori di coppia agenti sul volante per effetto del ritorno dello sterzo o per valori diversi della forza motrice trasmessa dalle due ruote.

Il gruppo molla ammortizzatore è incernierato sull'asta posteriore inferiore; per conseguire una riduzione di peso le aste sono realizzate in alluminio fucinato ed il montante, a collo d'oca, è realizzato in acciaio fucinato.

3.2.7. SOSPENSIONI MULTILINK (POSTERIORE)

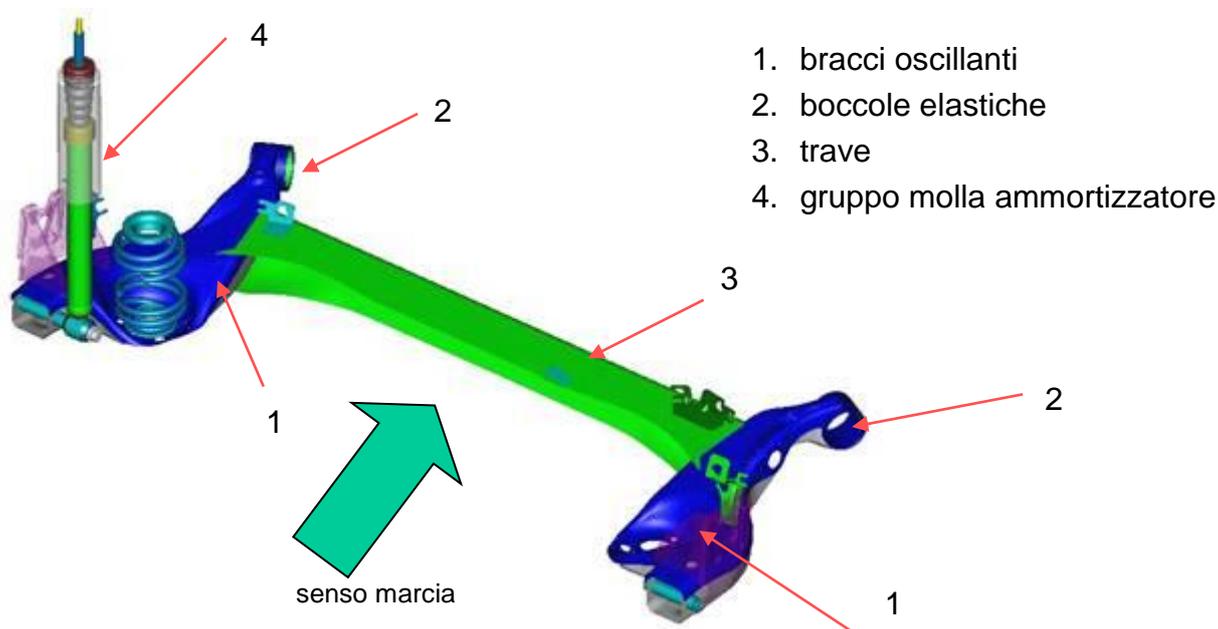


1. braccio triangolare
2. asta trasversale
3. asta anti sterzo
4. bielletta
5. montante



COSTITUZIONE: la ruota è legata alla scocca tramite cinque aste / bracci fra loro indipendenti ottenendo così la più completa libertà di guida e di regolazione; ogni asta è dedicata alla gestione di un parametro caratteristico, in linea di principio in modo svincolato ed indipendente dalle altre aste; è così possibile ottenere i cedimenti elastocinematici desiderati (variazione di convergenza, di campanatura, ecc.) agendo su un solo componente (asta, boccia) senza che questo induca variazioni indesiderate sugli altri parametri.

3.2.8. SOSPENSIONI A PONTE TORCENTE



APPLICAZIONI: le sospensioni a ruote semi-indipendenti per la loro architettura sono applicate solo posteriormente, vengono anche chiamate sospensioni a ponte torcente.

CARATTERISTICHE: si tratta di una sospensione nella quale le ruote sono collegate rigidamente a due bracci longitudinali uniti da una traversa che li collega e che torce durante gli scuotimenti dissimetrici, dando stabilità alla vettura; questa configurazione dà luogo, a causa della torsione del ponte, ad un parziale recupero della campanatura ed alto effetto stabilizzante: caratteristiche che unite a basso peso, basso costo e lay-out ideale per gli elementi sottopavimento (serbatoio combustibile, scarico, ecc.) hanno fatto di questo tipo di sospensioni una delle più diffuse per vetture di bassa-media gamma.

VANTAGGI:

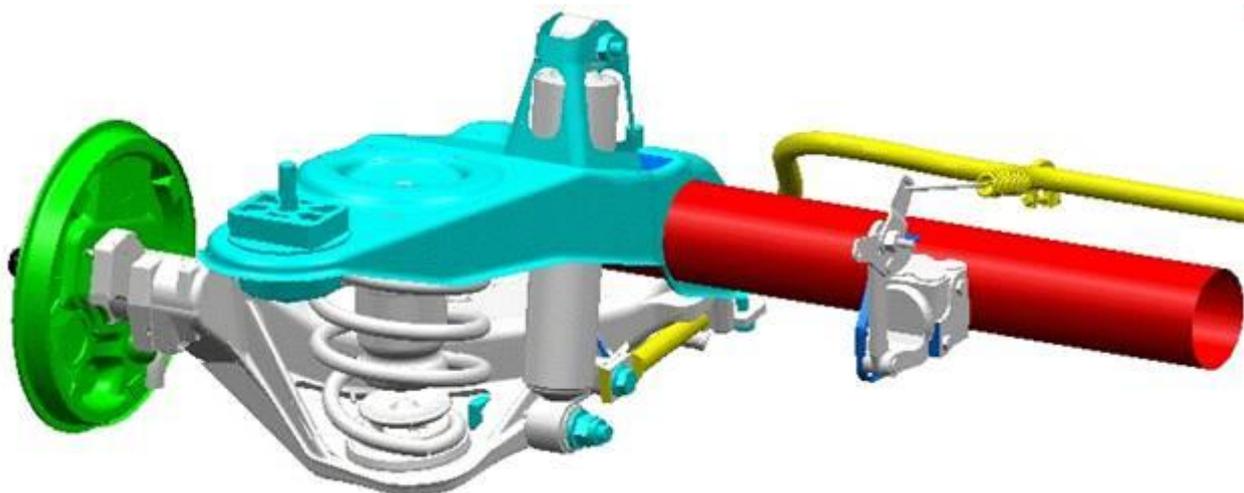
- Semplicità costruttiva e ridotto numero di pezzi
- Basso peso
- Basso costo
- Ottimizzazione lay-out componenti sotto scocca
- Premontaggio della sospensione prima di installarla su vettura

SVANTAGGI:

- Limitazioni nell'ottimizzazione di handling e comfort
- Ruota non guidata,; segue le deformazioni ed i cedimenti dell'assale.

3.2.9.

SOSPENSIONI A BRACCI OSCILLANTI TIRATI



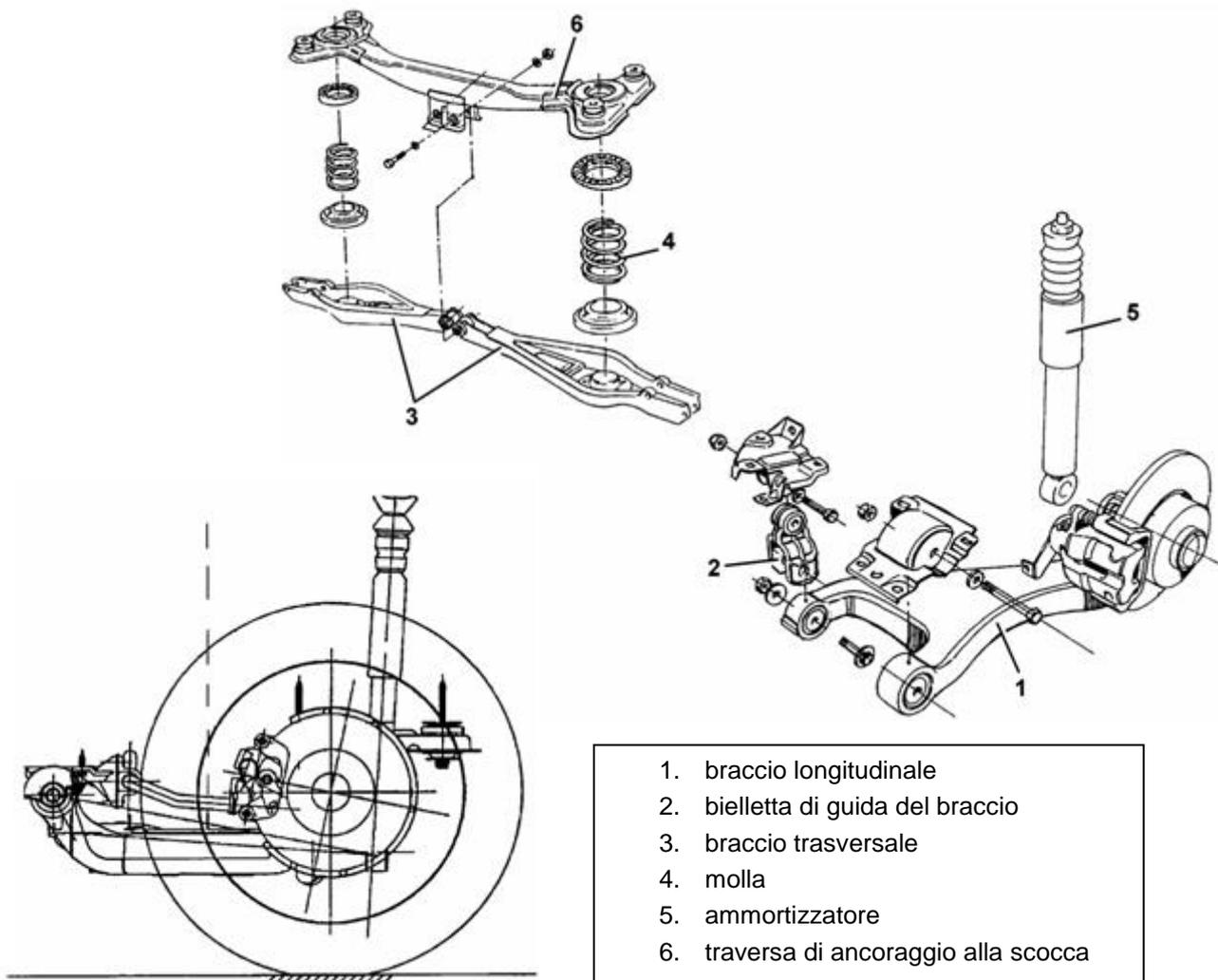
Tale schema, di notevole diffusione sui segmenti A e B rientra nella categoria delle sospensioni indipendenti; le ruote sono collegate ciascuna ad un braccio incernierato al telaio; i due bracci hanno il medesimo asse di oscillazione parallelo all'asse trasversale del veicolo; durante gli scuotimenti si sono pertanto alterazioni cinematiche del passo, ma non della convergenza; l'angolo della campanatura è, in prima approssimazione uguale all'angolo di rollio della cassa.

L'assale è composto da una coppia di bracci oscillanti incernierati su una traversa vincolata a sua volta alla scocca tramite quattro tasselli elastici; la traversa è composta da due gusci di lamiera stampati ed uniti tra loro con una trave a sezione circolare; sui gusci viene ricavata la sede per l'appoggio superiore della molla. Il braccio è realizzato mediante una fusione in ghisa; esso integra la sede per l'appoggio della molla, l'attacco dell'ammortizzatore, le sedi per le boccole e la flangia per l'attacco della ruota.

VANTAGGI: basso ingombro rispetto al vano bagagli; semplicità costruttiva e bassi costi di produzione; facilità di assemblaggio; basso valore delle masse non sospese.

SVANTAGGI: perdita convergenza sotto carico laterale dovuta all'elevato braccio di leva tra il punto di applicazione dei carichi e le reazioni su scocca; perdita di angolo di campanatura, per effetto del rollio; bassa flessibilità longitudinale per l'assenza di boccole elastiche sulla cerniera del braccio; nessun parametro cinematico controllabile in modo indipendente; maggiore trasmissione sulla cassa di vibrazioni dovuta all'assenza di boccole elastiche.

3.2.10. SOSPENSIONI A BRACCI LONGITUDINALI GUIDATI

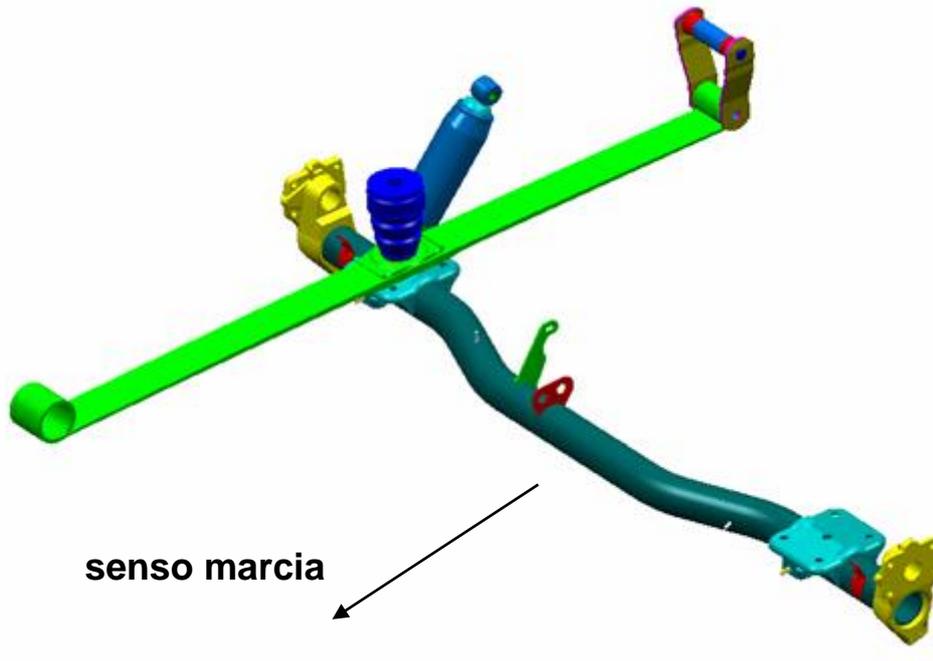


1. braccio longitudinale
2. bielletta di guida del braccio
3. braccio trasversale
4. molla
5. ammortizzatore
6. traversa di ancoraggio alla scocca

Le sospensioni denominate a bracci longitudinali guidati nascono come evoluzione delle sospensioni a bracci longitudinali tirati, per l'aggiunta di ulteriori leve e per la riduzione del grado di vincolo del braccio longitudinale.

VANTAGGI: recupero della convergenza sotto carico laterale e longitudinale, recupero della campanatura in scuotimento, aumento del passo sotto carico longitudinale, ingombro sotto pavimento contenuto e paragonabile a quello di sospensioni più semplici.

SVANTAGGI: ingombro in prossimità del passaruota per la presenza dell'ammortizzatore; laboriosa installazione su vettura; incremento della complessità costruttiva.

3.2.11. SOSPENSIONI A RUOTE RIGIDAMENTE INTERCONNESSE

APPLICAZIONI: tale sospensione è adatta ad essere montata solo posteriormente.

CARATTERISTICHE: l'elemento fondamentale di questo tipo di sospensione è dato dalla connessione rigida delle ruote di uno stesso asse; il collegamento rigido fa sì che il moto verticale di una ruota provochi la rotazione nel piano verticale dell'assale e dell'altra ruota, con evidenti inconvenienti per la tenuta di strada e per il comfort.

VANTAGGI:

- ruote sempre perpendicolari al terreno in quanto collegate da un assale rigido; indipendente dal carico agente o dall'inclinazione trasversale e longitudinale mantiene costante la campanatura;

- basso costo;
- basso peso;

SVANTAGGI:

- le ruote non sono guidate in variazione di convergenza e risentono dei movimenti dell'assale completo;
- alte masse non sospese;
- ingombrante in direzione verticale.