



Pojazdy - zawieszenia

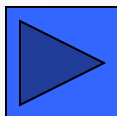
Zawieszenia pojazdów samochodowych

opracowanie mgr inż. Ireneusz Kulczyk – 2011 – 2012 – 2013 - 2015 – 2022

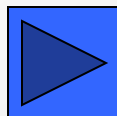
Zespół Szkół Samochodowych w Bydgoszczy



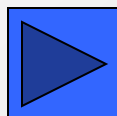
Pojazdy - zawieszenia



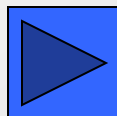
Wykład podstawowy



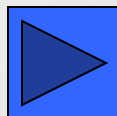
Podział i rodzaje zawieszeń



Elementy konstrukcyjne



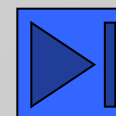
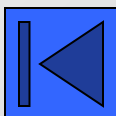
Elementy sprężyste



Elementy tłumiące - amortyzatory



Sprawdziany



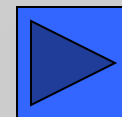
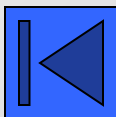
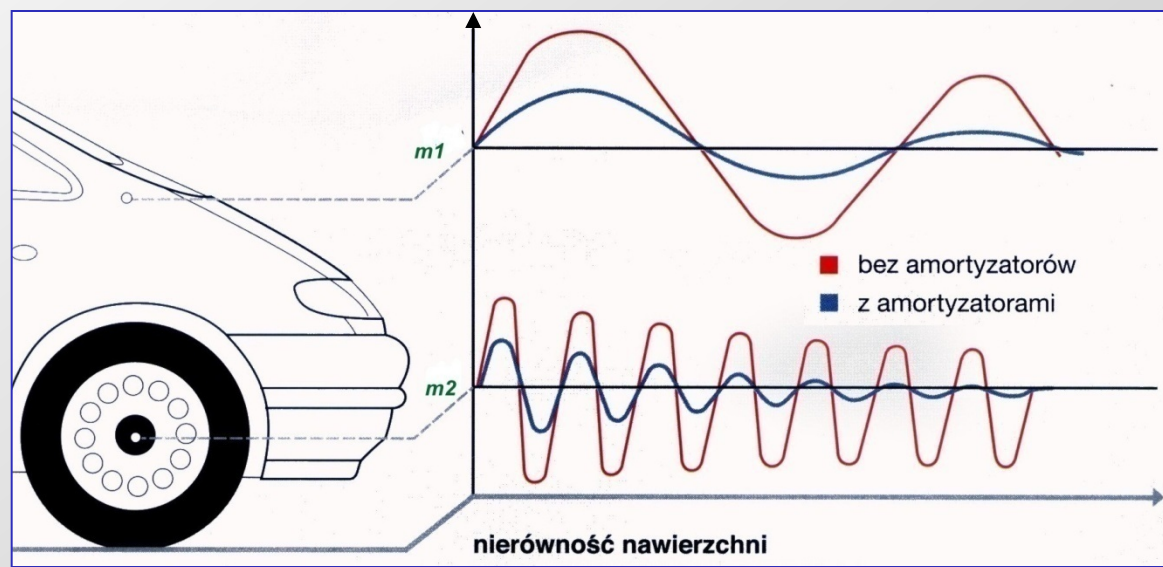
Podział mas

Pojazd jest układem masowo-sprężystym, w którym wymuszenia zewnętrzne o charakterze chwilowym powodują wytrącenie masy ze stanu równowagi statycznej. Masa pojazdu m_1 zamocowana jest na elementach sprężystych o sztywności „c” połączonych z elementami m_2 stanowiącymi masę elementów zawieszenia, hamulców i kół jezdnych. Powoduje to podział pojazdu na dwie masy (rys. 1):

- masę resorowaną (nadwozie i część układu napędowego), której drgania mają charakter dużej amplitudy i małej częstotliwości;
- masę nieresorowaną (koła jezdne, hamulce i osie), której drgania mają charakter małej amplitudy i dużej częstotliwości;

m_1 - masa resorowana

m_2 - masa nieresorowana

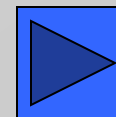
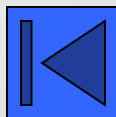
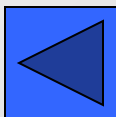
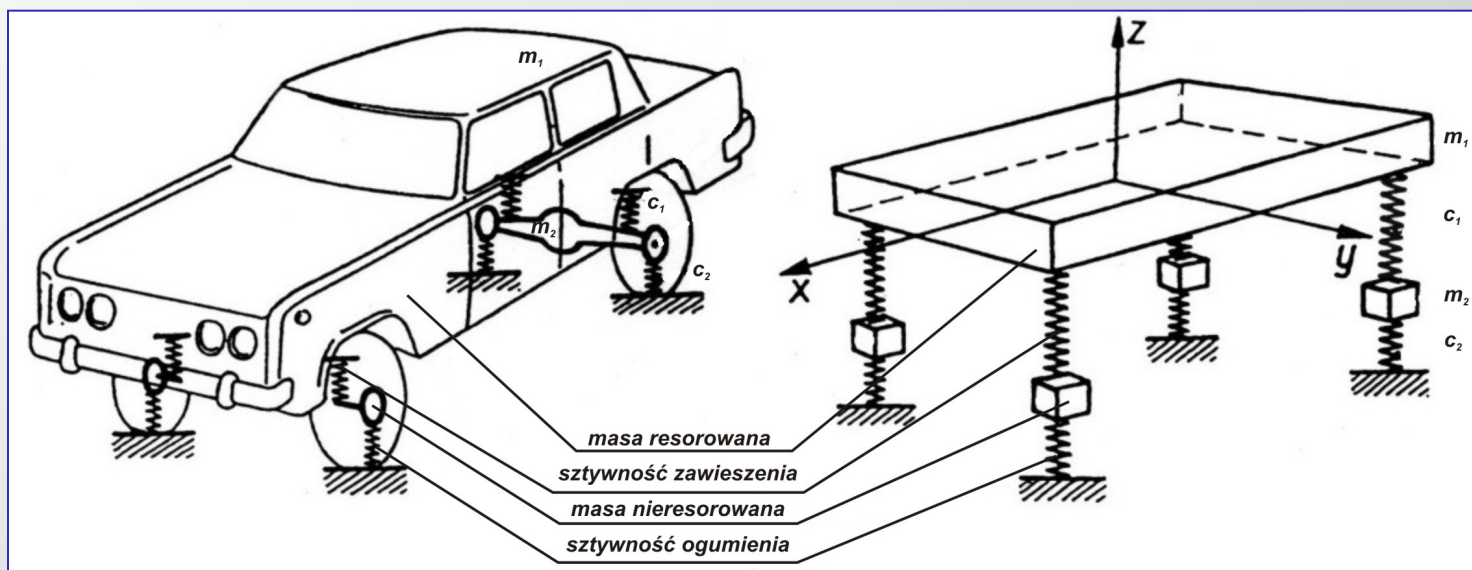


Stopnie swobody mas

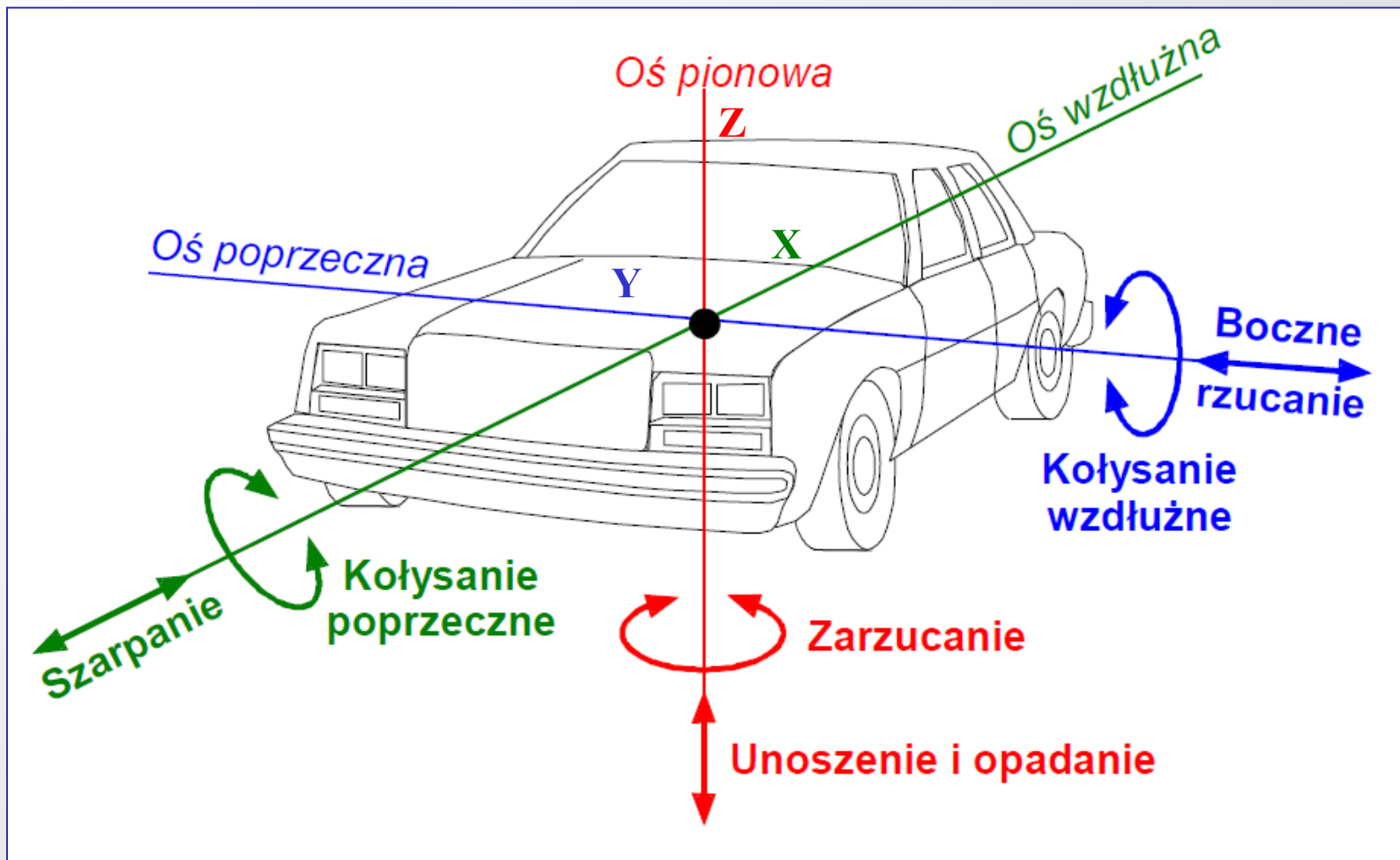
Każda masa może wykonać sześć składowych ruchów nazywanych sześcioma stopniami swobody. (rys.2) Masa m_1 samochodu wykazuje możliwość poruszania się:

1. wzdłuż osi x
2. wokół osi x (kołysanie poprzeczne)
3. wzdłuż osi y
4. wokół osi y (kołysanie wzdłużne)
5. wzdłuż osi z
6. wokół osi z (zarzucanie pojazdu)

Składowe ruchy 1, 3 i 6 jako niepożądane ogranicza się do minimum metodami konstrukcyjnymi. Pozostałe ruchy (stopnie swobody) ograniczane są w zakresie umożliwiającym uzyskanie wymaganego bezpieczeństwa i komfortu jazdy.



Ruchy bryły pojazdu względem osi

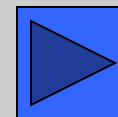
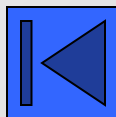
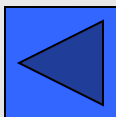
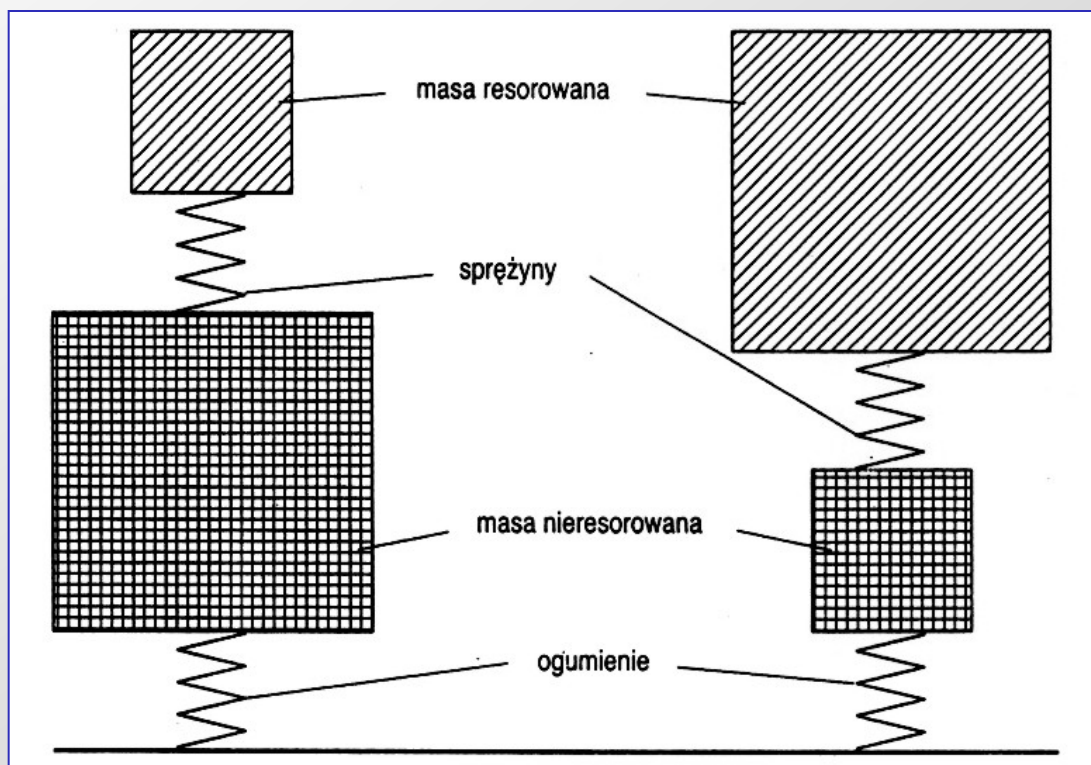


Wzajemny stosunek mas resorowanych do nieresorowanych

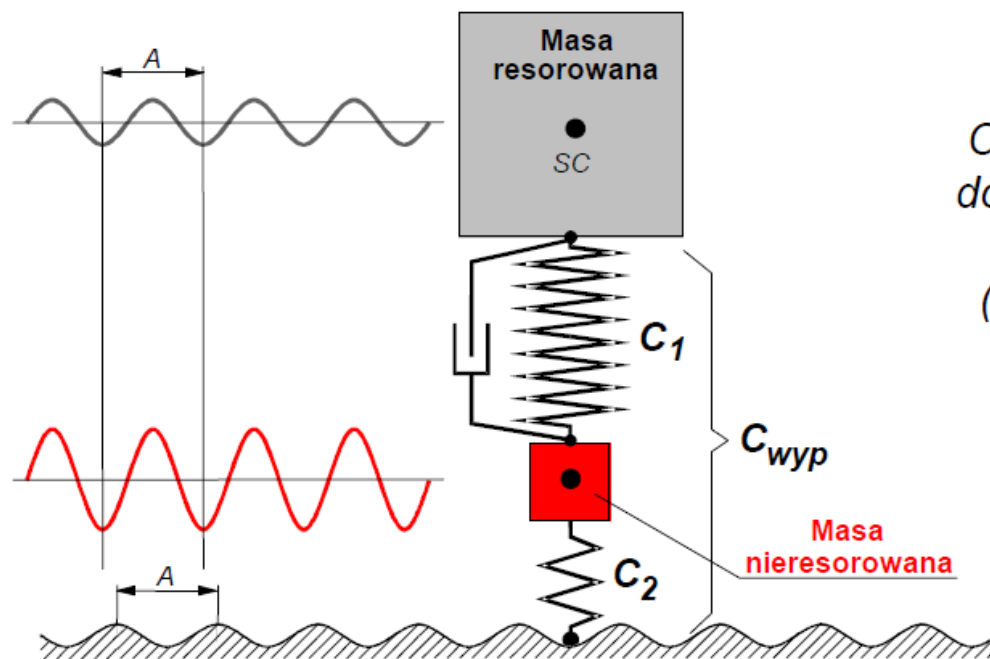
Duża masa nieresorowana widoczna z lewej może - zgodnie z trzecią zasadą dynamiki wywoływać znaczne przyspieszenia masy resorowanej. Odwrotnie niż na wykresie przedstawionym z prawej strony, gdzie nadwozie i pasażerowie lub ładunek są dobrze chronieni z powodu dużej masy resorowanej. Mała masa nieresorowana nie jest w stanie wywołać dużych przyspieszeń masy resorowanej.

Im większy jest więc stosunek masy resorowanej do nieresorowanej, tym pojazd pod względem zawieszenia jest bardziej komfortowy, a jazda nim jest bardziej bezpieczna.

Ogumienie w stosunku do mas nieresorowanych spełnia takie zadanie, jakie spełnia zawieszenie w stosunku do mas resorowanych



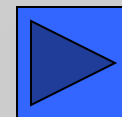
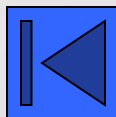
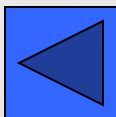
Częstotliwości drgań mas



Częstości mas resorowanych do 2,5 Hz są dobrze znoszone przez organizm ludzki (porównywalne z częstością podczas marszu)

Masy nieresorowane: częstości drgań - **6,7 ÷ 13,3 Hz**, małe amplitudy (w granicach odkształceń ogumienia)

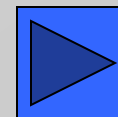
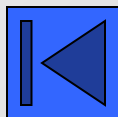
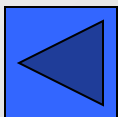
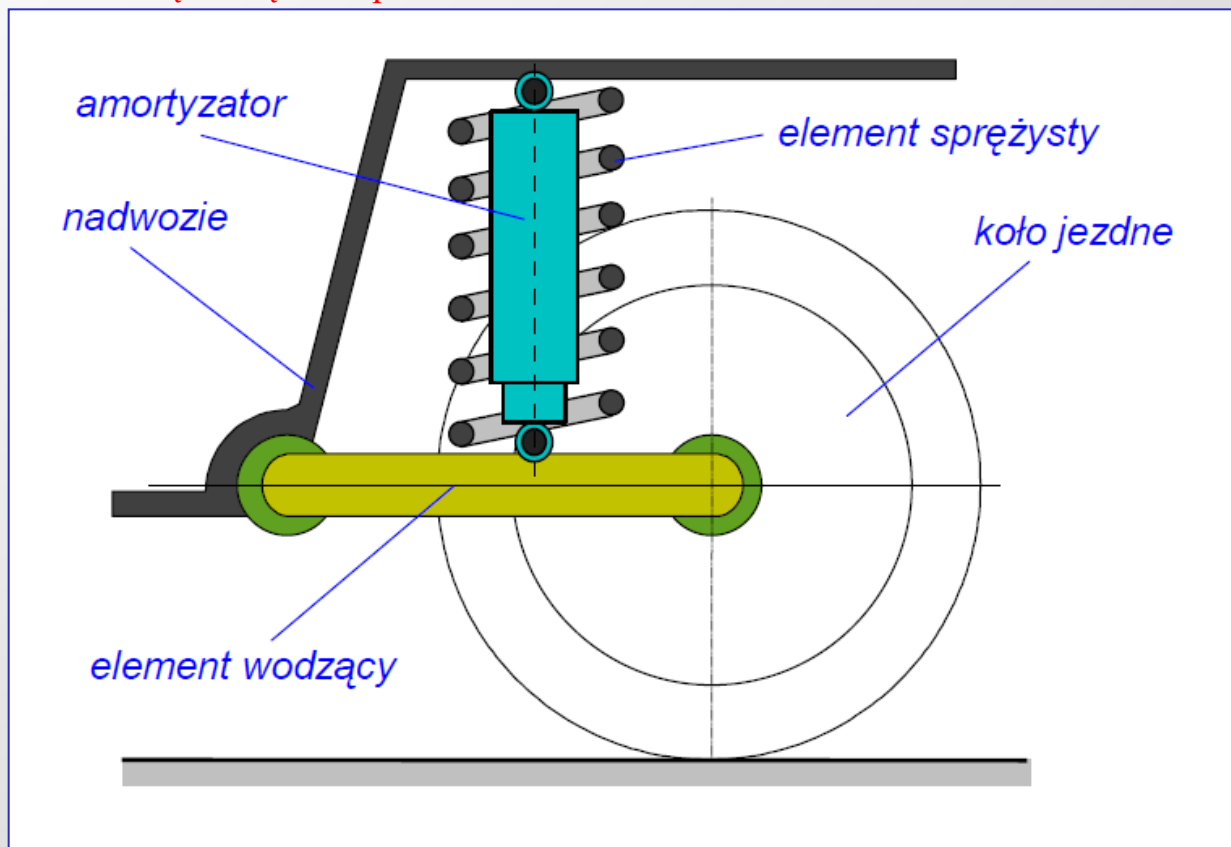
Masy resorowane: częstości drgań **0,8 ÷ 2,5 Hz** przy dużych amplitudach



Zawieszenie

Wzajemne przemieszczenia mas resorowanych i nieresorowanych w pojeździe samochodowym realizowane są dzięki zastosowaniu zawieszenia.

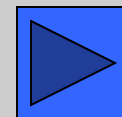
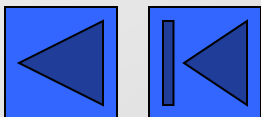
Zawieszeniem samochodu nazywamy zespół elementów sprężystych, tłumiących (amortyzatorów) i reakcyjnych (konstrukcyjnych, wodzących) łączący osie lub poszczególne koła jezdne pojazdu z ramą nośną lub wprost z nadwoziem.





Zadania zawieszenia

1. przenoszenie na kadłub pojazdu sił pionowych oraz sił poziomych wzdłużnych i poprzecznych wywołanych reakcjami nawierzchni drogi na koła samochodu w czasie jazdy;
2. zmniejszenie działających na masę resorowaną pionowych sił dynamicznych wywołanych przez uderzenia kół o nierówności drogi;
3. ograniczenie przemieszczeń pionowych i przechyłów poprzecznych nadwozia;
4. ograniczenie niektórych wzajemnych przemieszczeń mas resorowanych w stosunku do mas nieresorowanych;
5. zapewnienie możliwie najlepszego i ciągłego docisku kół do nawierzchni.





Pojazdy – zawieszenia

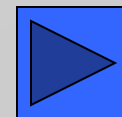
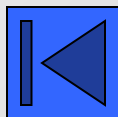
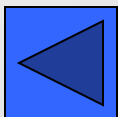
Podział zawieszeń ze względu na uzależnienie ruchu kół tej samej osi

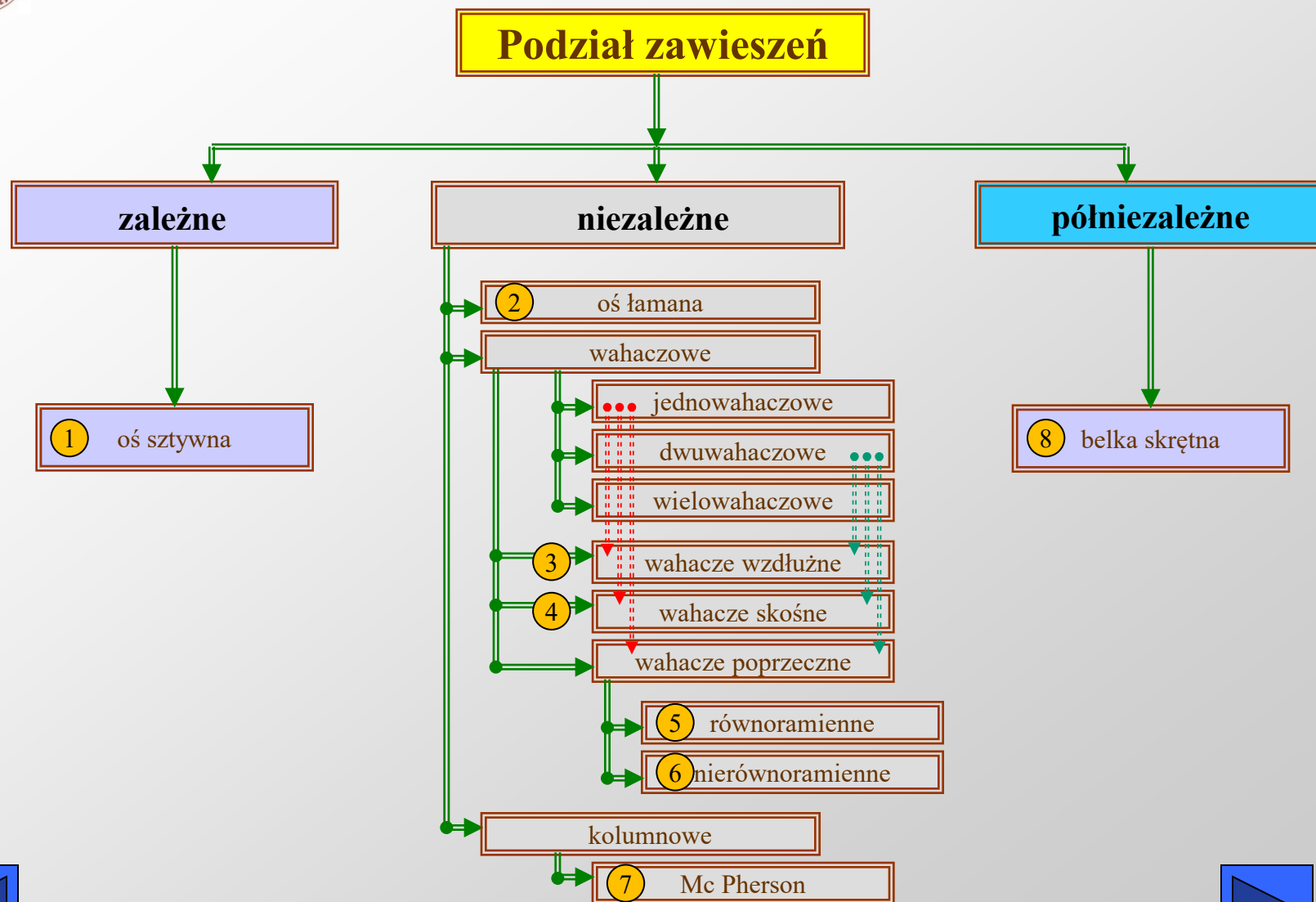
1. sztywne (zależne);
2. niezależne;
3. półniezależne (belka skrętna);

Zawieszenie sztywne to takie, w których oba koła jezdne osadzone są na wspólnej sztywnej osi związanej z ramą lub nadwoziem elementami sprężystymi lub dodatkowymi elementami ustalającymi.

Zawieszenie niezależne to takie, w którym każde z kół połączone jest z nadwoziem lub z ramą indywidualnie.

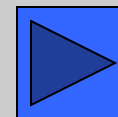
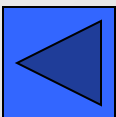
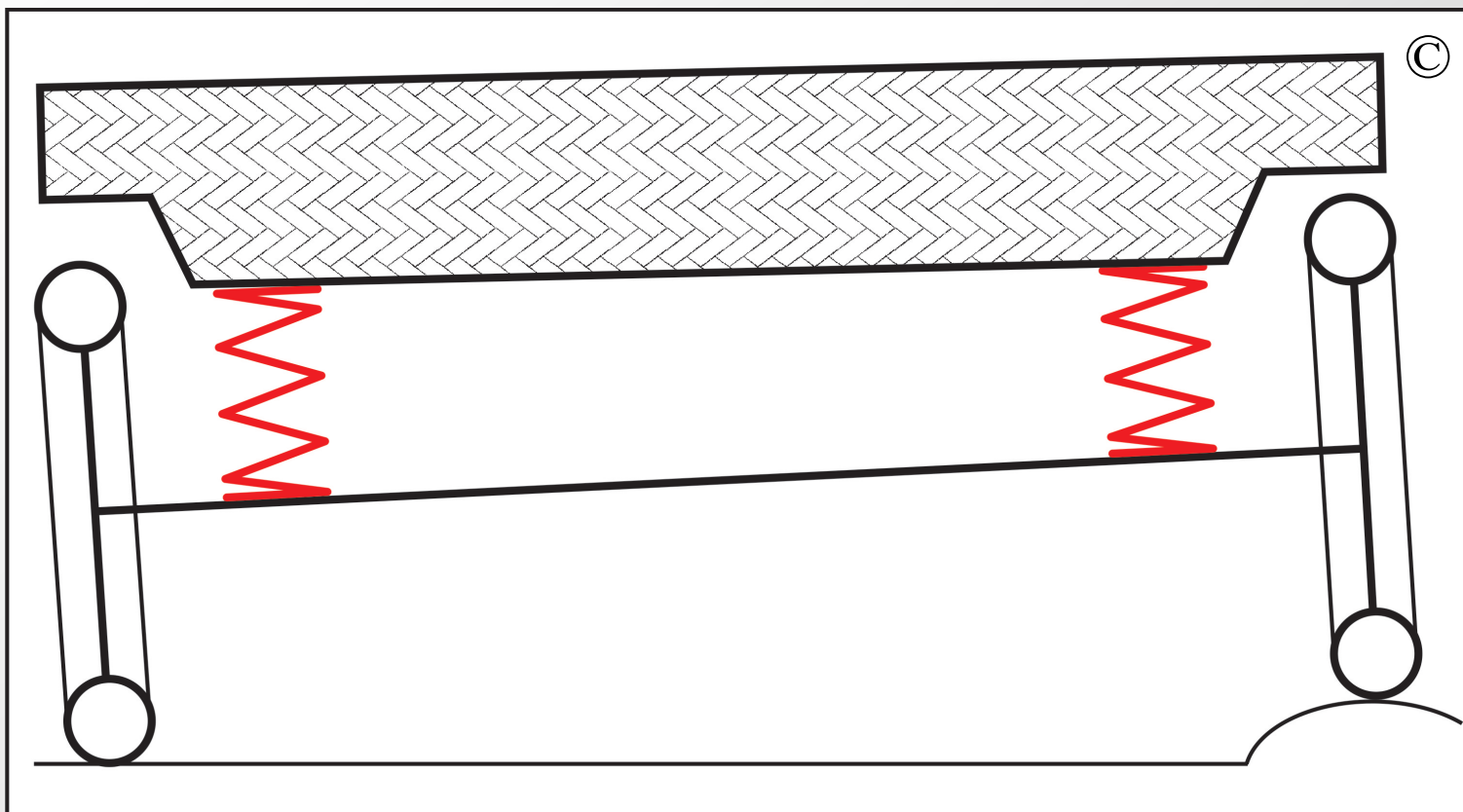
Zawieszenie półniezależne to takie, w którym niezależnie zawieszone na wahaczach wzdlużnych koła jezdne połączone są belką skrętną.





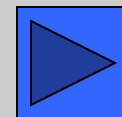
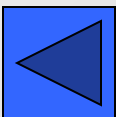
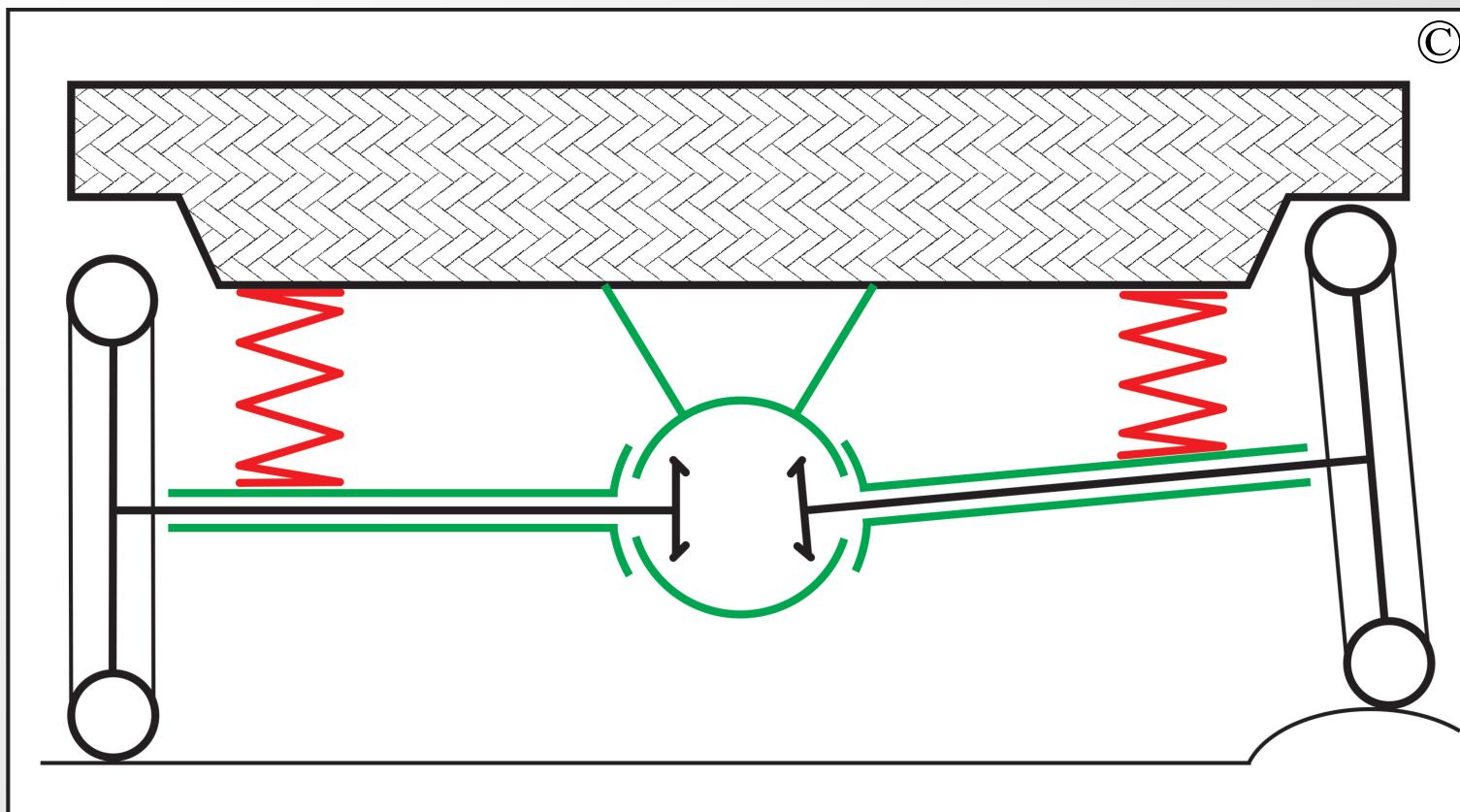
1

Sztywna oś



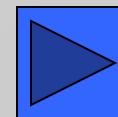
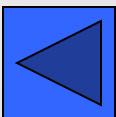
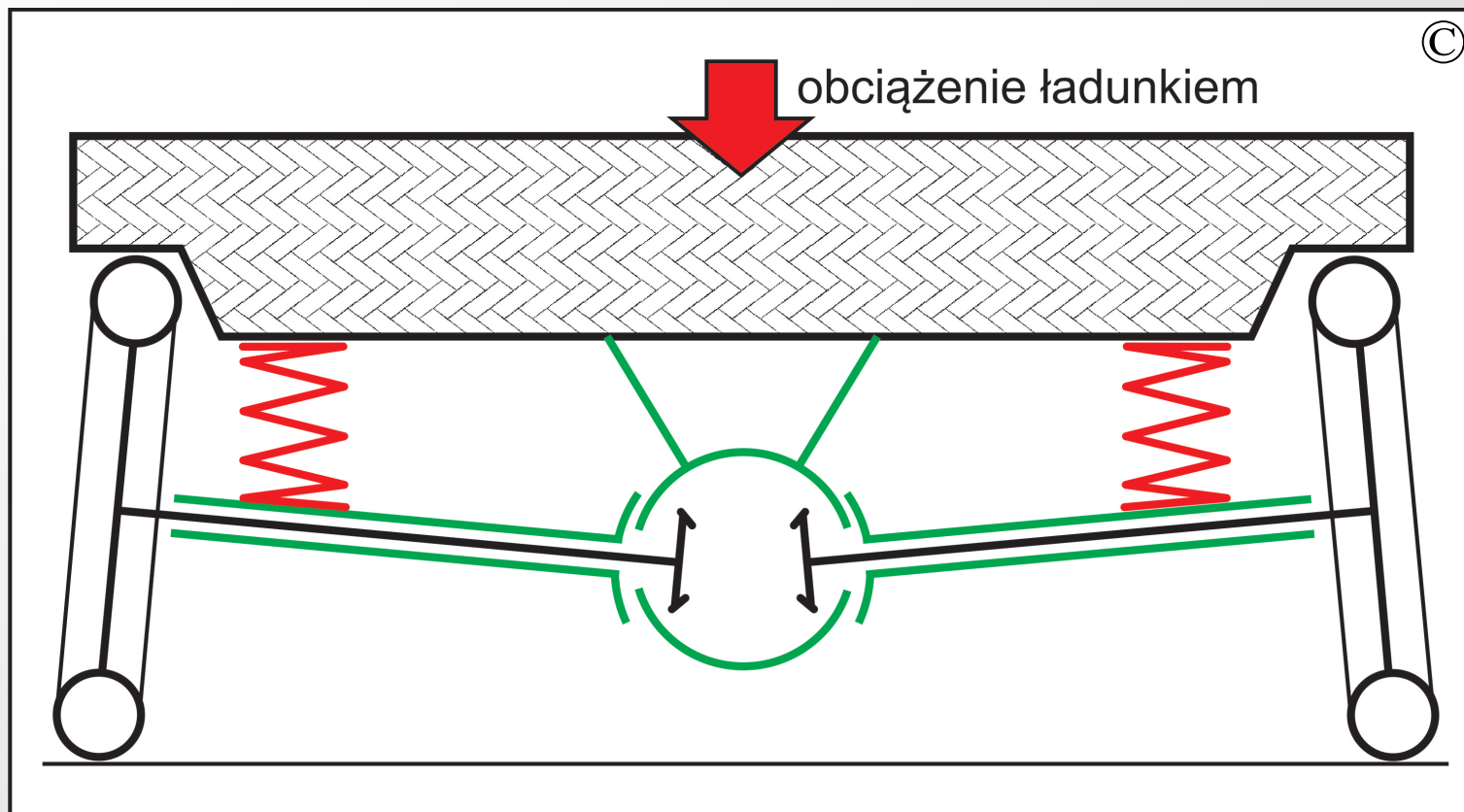
2

Oś łamana



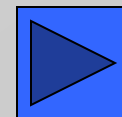
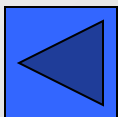
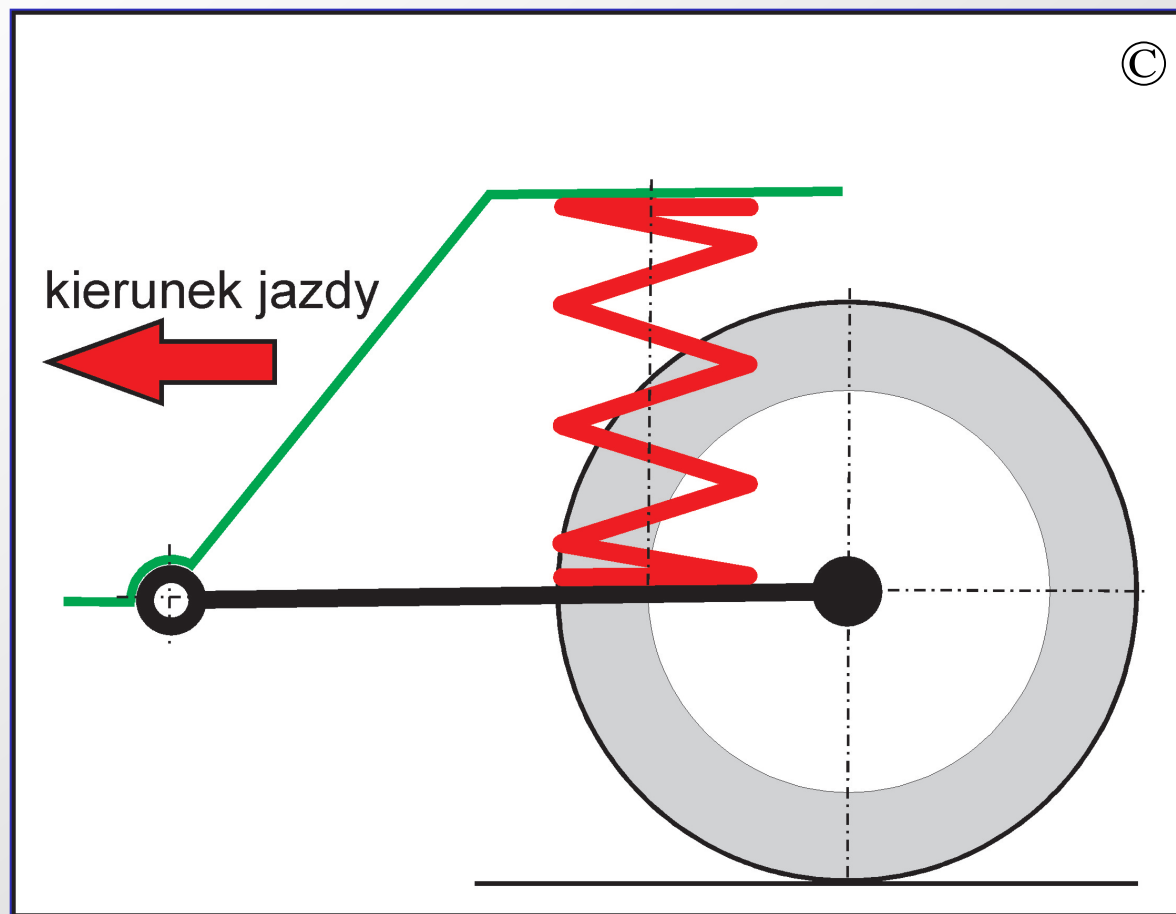
2

Oś łamana



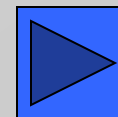
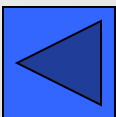
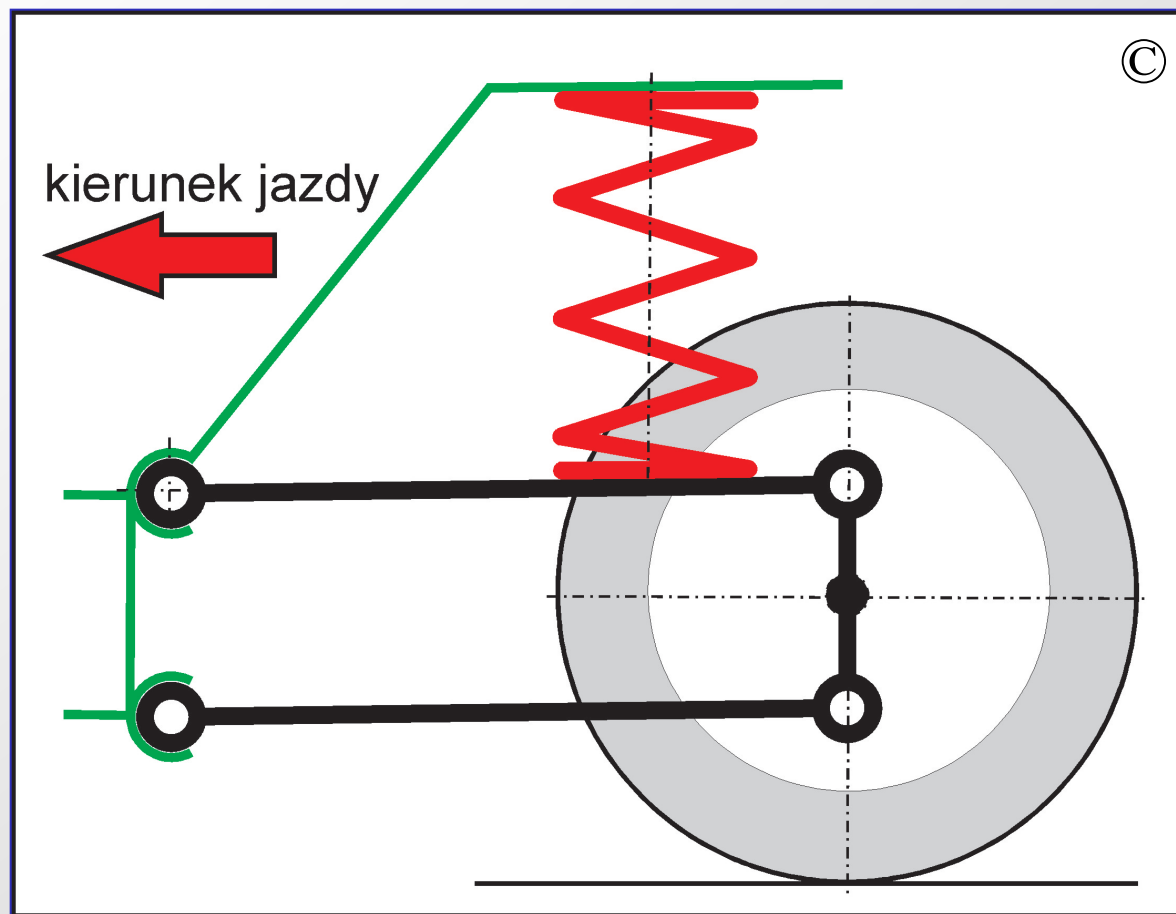
3

wahacze wzdłużne



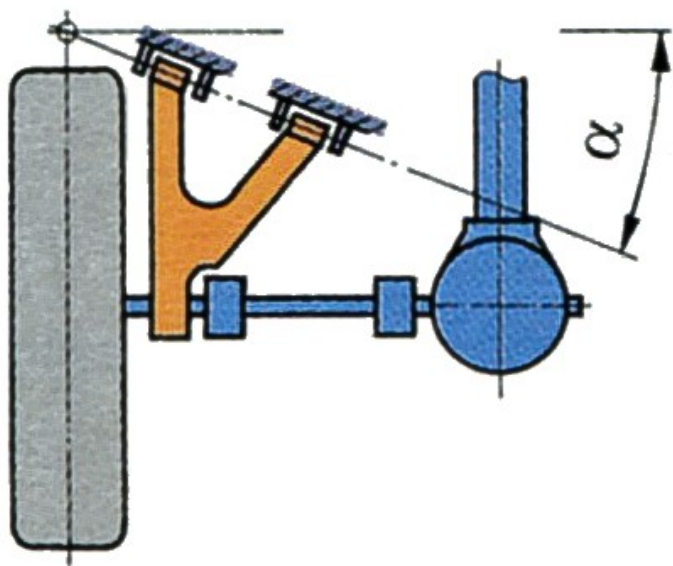
3

wahacze wzdluzne

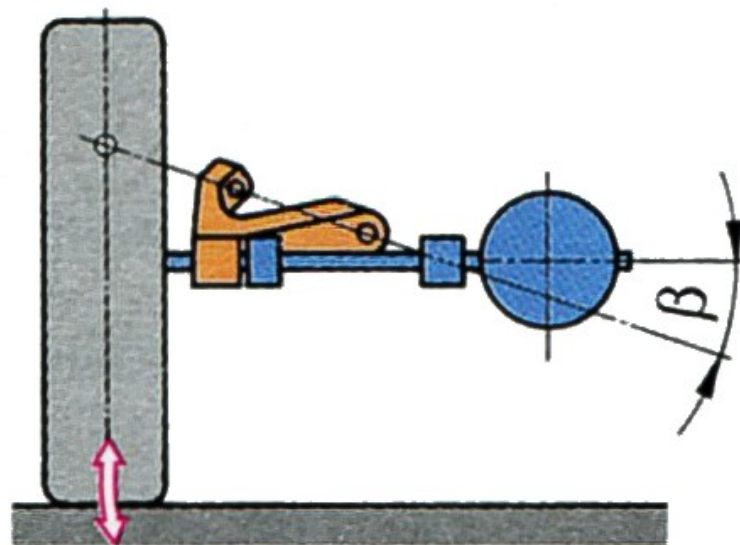


4

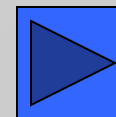
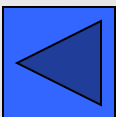
wahacze skośne



widok z góry



widok z tyłu

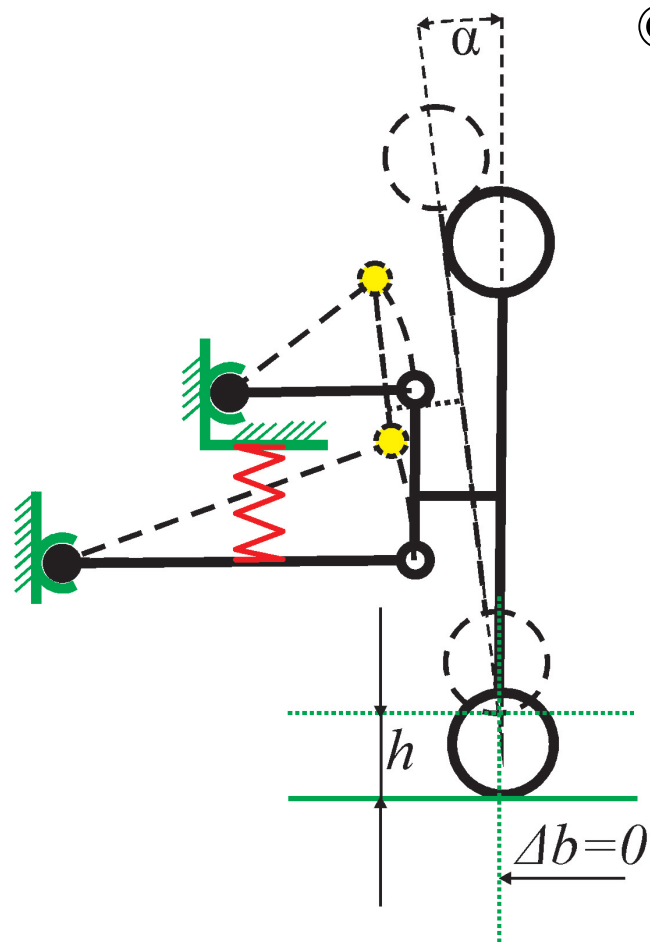
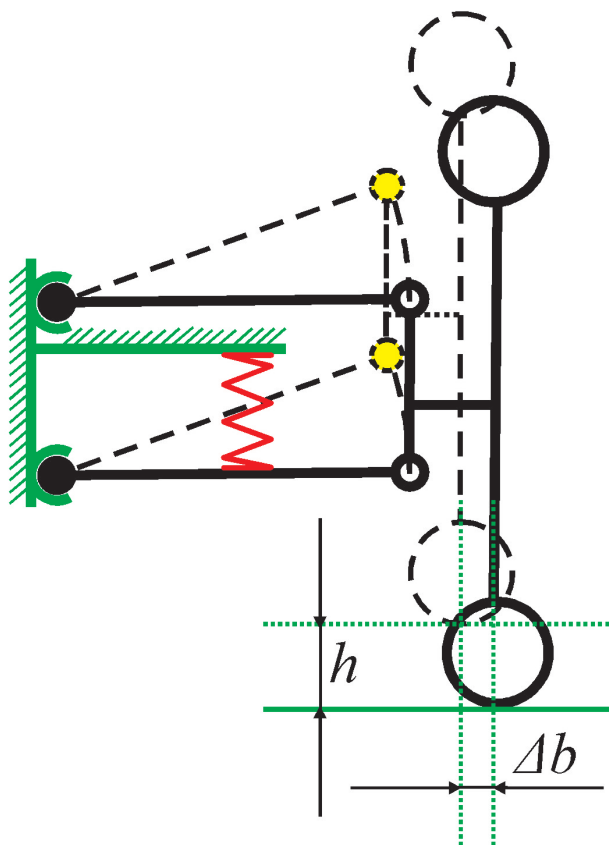


5

wahacze poprzeczne równoramienne

6

wahacze poprzeczne trapezowe



©

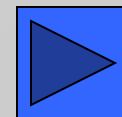
7

Mc Pherson



- 1 – wahacz poprzeczny
 - 2 – zwrotnica
 - 3 – koło jezdne napędzane
 - 4 – kolumna prowadząca lub goleń
 - 4a – amortyzator teleskopowy
 - 4b – gniazdo dolne sprężyny śrubowej
 - 4c – sprężyna śrubowa
 - 4d - gniazdo górne sprężyny śrubowej
 - 5 – nadwozie
 - 6 – półoś napędowa
-  Punkty mocowania koła do nadwozia
- · — · — · — · — oś symetrii
nierzeczywistego sworznia zwrotnicy

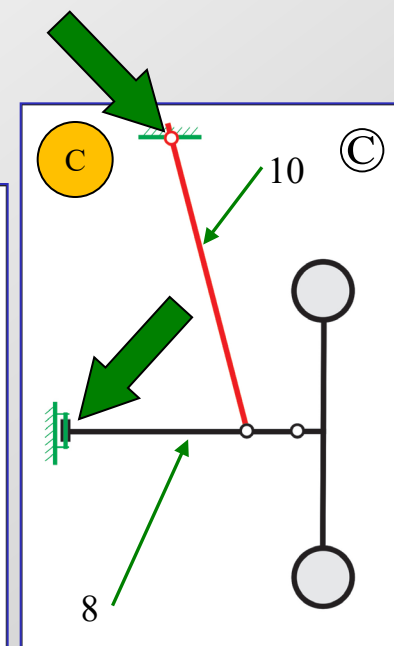
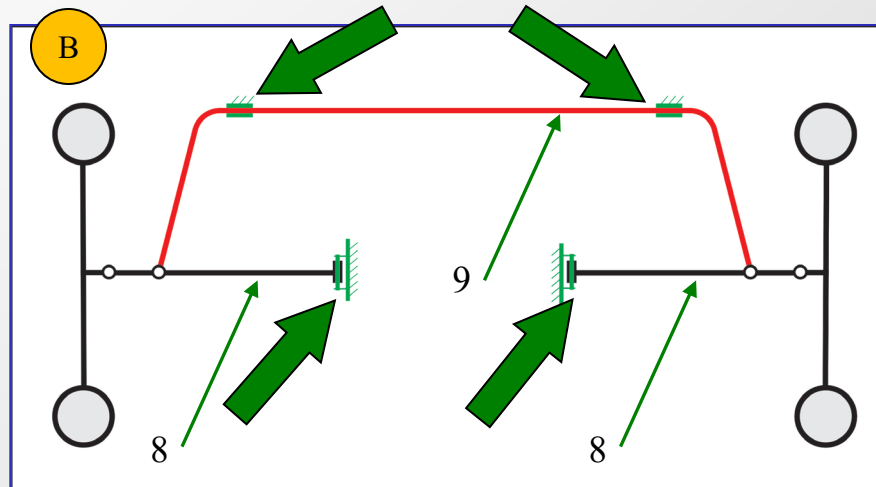
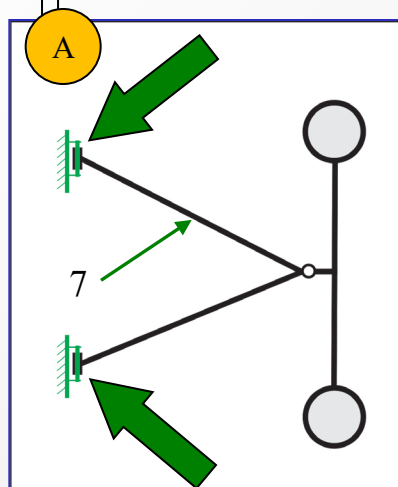
Wprowadzone do produkcji seryjnej
1950 – Ford Zephyr



7

Mc Pherson – warunki mocowania dolnego

Widok pojazdu z góry – u góry rysunków przód pojazdu



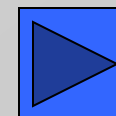
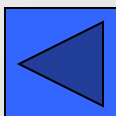
Elementy:

- 7 – wahacz rozwidlony
- 8 – wahacz pojedynczy
- 9 – mechaniczny stabilizator przechyłów
- 10 – drążek reakcyjny

 Punkty mocowania koła do nadwozia

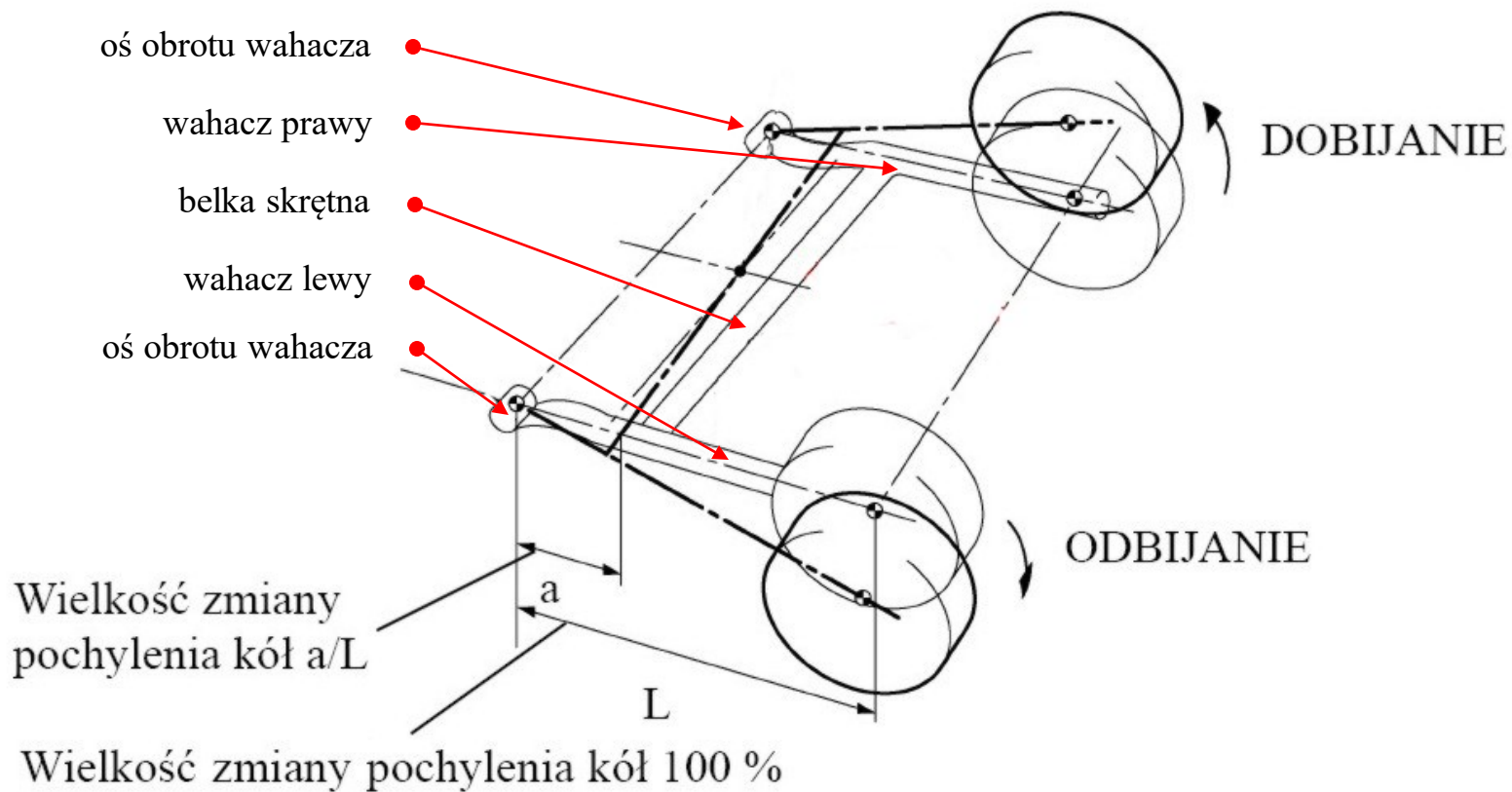
Przypadki mocowania dolnego:

- A – z wahaczem rozwidlonym
- B – z wahaczem pojedynczym + mechanicznym stabilizatorem przechyłów
- C – z wahaczem pojedynczym + drążkiem reakcyjnym



7

Zawieszenie półniezależne – belka skrętna



7

Zawieszenie półniezależne – belka skrętna





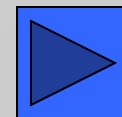
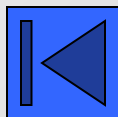
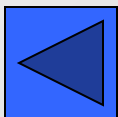
Elementy konstrukcyjne zawieszeń

Nazywamy nimi takie elementy konstrukcji zawieszenia kół jezdnych pojazdu, które:

- określają drogę przemieszczania się koła jezdnego;
- ustalają jego maksymalne i minimalne wychylenie;
- ustalają precyzyjnie jego stałe położenie względem nadwozia pojazdu;
- przejmują wszystkie obciążenia wynikające z poruszania się pojazdu, których nie przejmują elementy sprężyste zawieszenia.

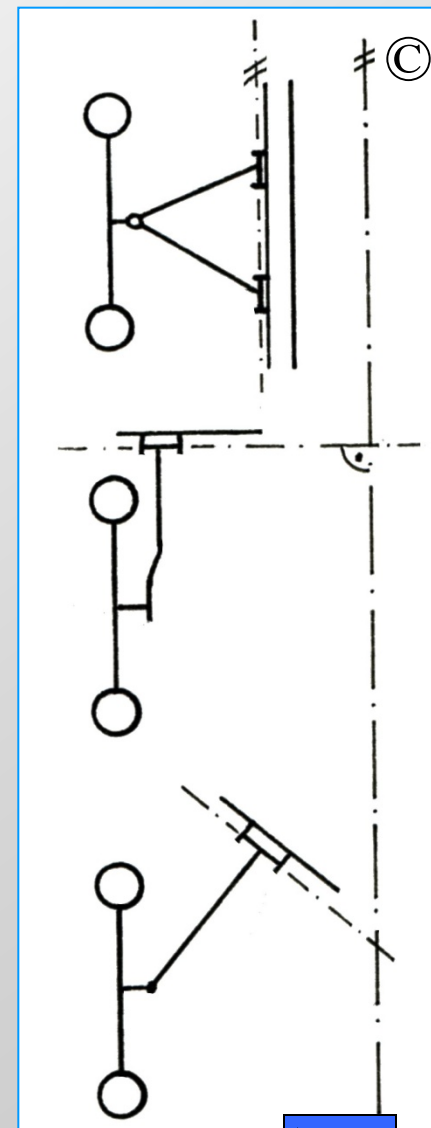
Rozróżnia się następujące rodzaje elementów konstrukcyjnych zawieszeń:

1. Wahacze
2. Drażki reakcyjne i ustalające
3. Mechaniczne stabilizatory przechyłów
4. Łączniki



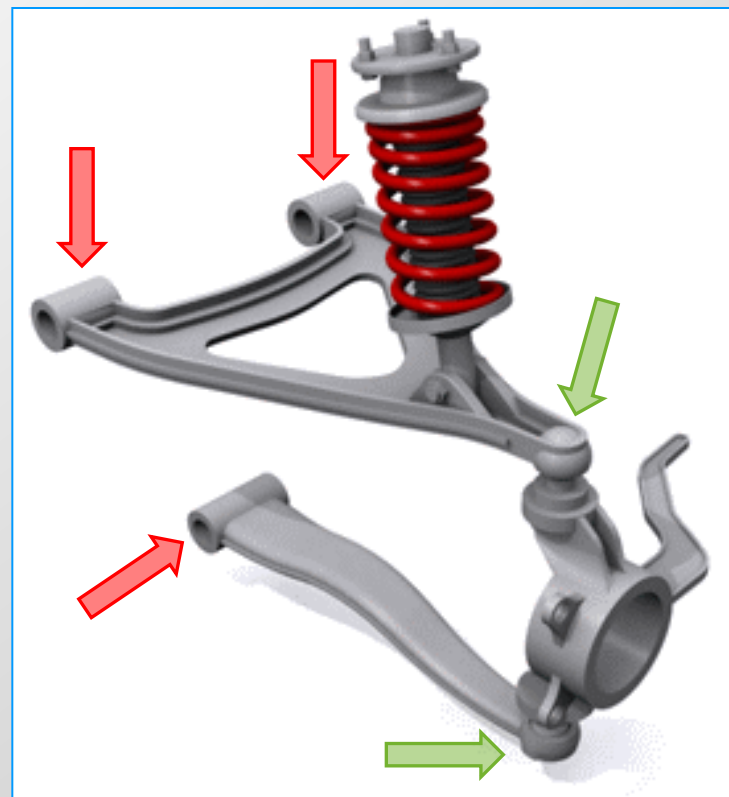
Wahacze

- **wahacz poprzeczny** jest sztywnym elementem o niezmienniej długości, który prowadząc koło jezdne obraca się wokół osi równoległej do podłużnej osi symetrii pojazdu;
- **wahacz wzdłużny** jest sztywnym elementem o niezmienniej długości, który prowadząc koło jezdne obraca się wokół osi prostopadłej do podłużnej osi symetrii pojazdu.
W pojazdach samochodowych wahacz wzdłużny jest zawsze wahaczem wleczonym tzn. oś obrotu wahacza znajduje się przed osią obrotu koła jezdneho;
- **wahacz ukośny** jest sztywnym elementem o niezmienniej długości, który prowadząc koło jezdne obraca się ukośnie w stosunku do osi symetrii pojazdu. Stosowany jest głównie w niezależnym zawieszeniu kół tylnych;

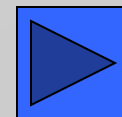
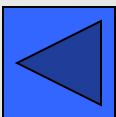


Pod względem konstrukcyjnym wahacze dzielą się na:

- **pojedyncze** - mocowane jednopunktowo do nadwozia lub ramy pomocniczej (montażowej), a z drugiej strony przegubowo do zwrotnicy lub do obsady czopa piasty koła tylnego. Wymagają stosowania dodatkowych elementów prowadzących;
- **rozwidlone** - mocowane dwupunktowo do nadwozia lub ramy pomocniczej (montażowej), a z drugiej strony przegubowo do zwrotnicy lub do obsady czopa piasty koła tylnego;



Wahacze wykonuje się jako wytłaczane profile z blachy stalowej o przekroju zamkniętym lub otwartym (Polonez), jako odlewy żeliwne (Cinquecento), ze stopów lekkich (Al-Audi A8), albo jako odkuwki stalowe (Ford Sierra, Scorpio).





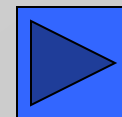
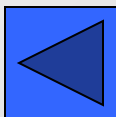
Drążki reakcyjne i ustalające

To sztywne elementy konstrukcyjne zawieszenia zabezpieczające przesuwanie się nadwozia względem osi lub mostów napędowych pod wpływem wszelkich obciążeń zewnętrznych.

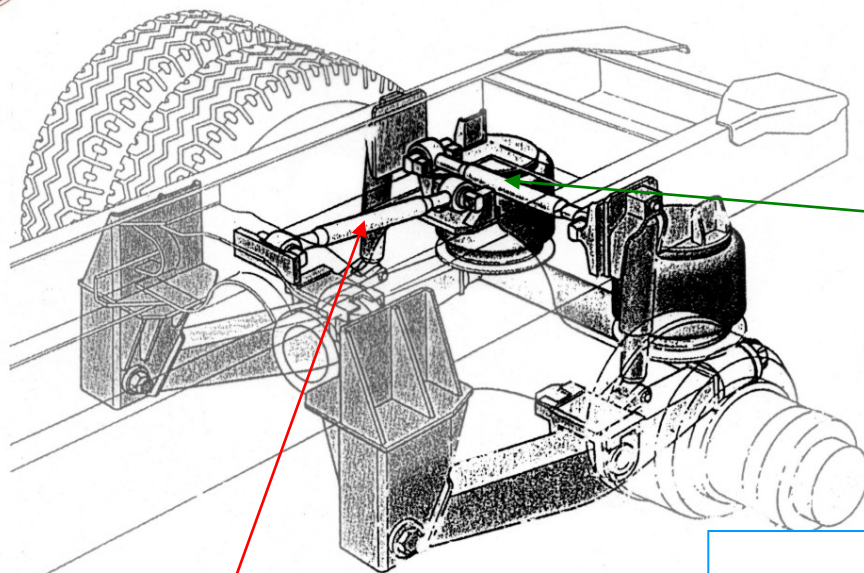
- **drążek reakcyjny** ogranicza wzdlużne przemieszczenia wzajemne ramy lub nadwozia pojazdu i jego osi lub mostu napędowego albo zawieszonego niezależnie koła jezdneho powstające w wyniku działania siły napędowej lub siły hamowania;
- **drążek ustalający** ogranicza poprzeczne lub skośne przemieszczenia ramy lub nadwozia pojazdu i jego osi lub mostu napędowego albo zawieszonego niezależnie koła jezdneho powstające w wyniku działania sił bocznych;

Typowe drążki ustalające stosuje się wówczas, gdy elementy zawieszenia nie nadają się do przenoszenia obciążeń bocznych lub gdy boczne obciążenia zewnętrzne mogą spowodować niepożądane odkształcenia elementów sprężystych.

Drążki reakcyjne i ustalające wykonuje się jako pręty lub rury o przekroju kołowym albo owalnym ze stali konstrukcyjnej, zakończone uchami z tulejami metalowo-gumowymi lub końcówkami gwintowanymi z podkładkami gumowymi i nakrętką mocowane do wahacza z możliwością regulacji geometrii zawieszenia.



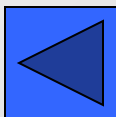
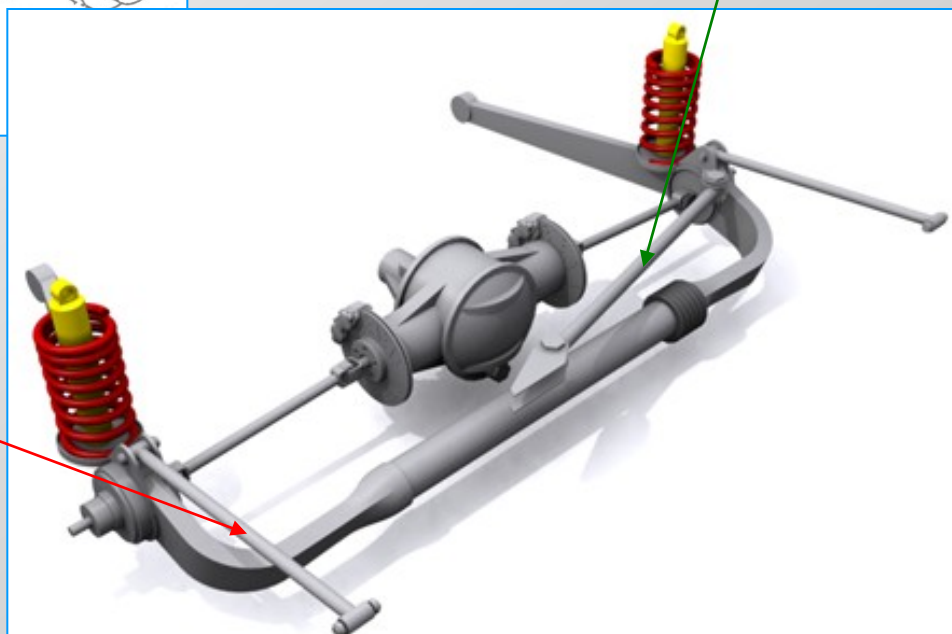
Pojazdy – zawieszenie – elementy konstrukcyjne – drążki reakcyjne i ustalające



Zawieszenie osi napędzanej Renault Magnum RVI

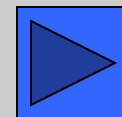
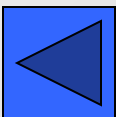
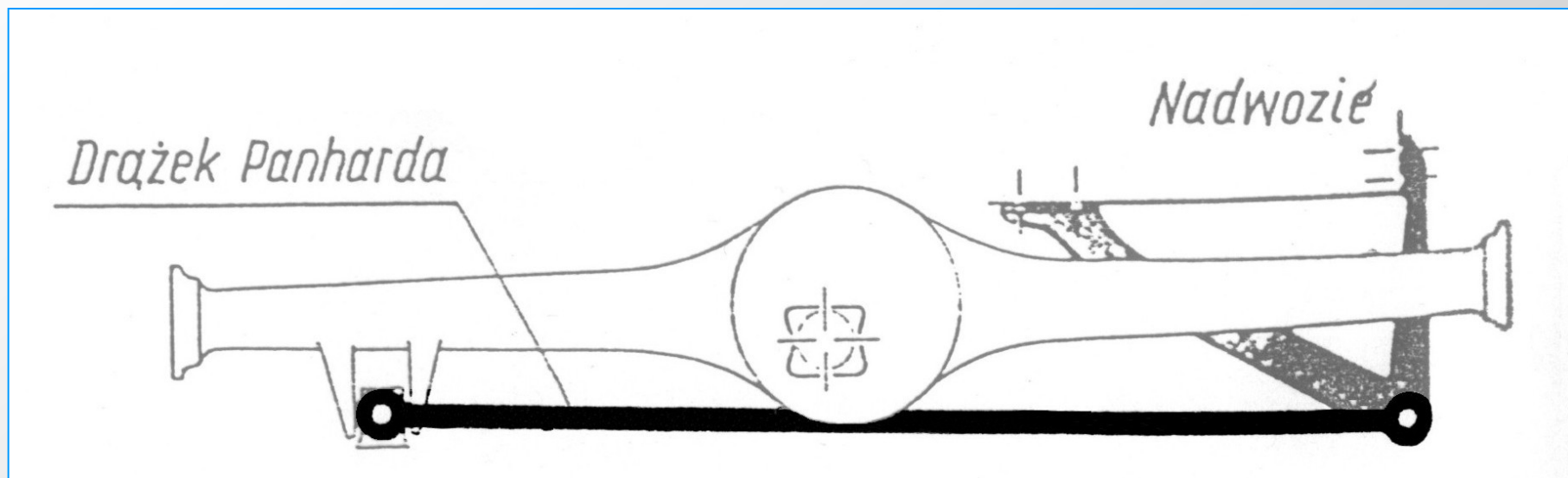
• drążek reakcyjny •

• drążek ustalający •



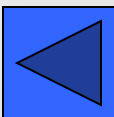
1. Drążek Panharda

To drążek ustalający w zawieszeniu zazwyczaj kół tylnych ograniczający przemieszczenia poprzeczne osi tylnej. Jego maksymalną długość ogranicza tylko szerokość pojazdu i sposób jego zamocowania.





Pojazdy – zawieszenie – elementy konstrukcyjne – drążek Panharda

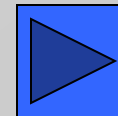
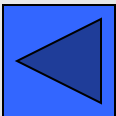


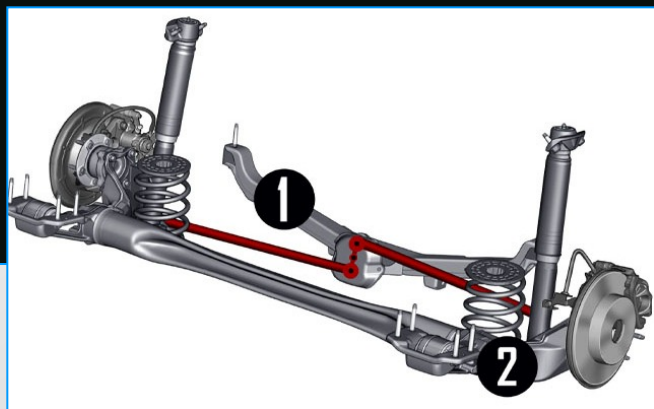
1. Drażek Watta

To drażek ustalający znajdujący się na niewielkiej poprzecznicy przymocowanej do spodniej części samochodu, tuż za linią środka tylnych kół. Składa się on z krótkiego skrętnego drażka środkowego z przegubami kulowymi na obydwóch końcach, do których przykręcone są poprzeczne drażki od kół, które zapobiegają poprzecznym ruchom wahaczy wzdłużnych belki. Stosowany głównie przy zawieszeniu z belką skrętną.

W przypadku sztywnego mostu drażek środkowy zamocowany jest do mostu, a drażki boczne do nadwozia.

Podczas jazdy na wprost budowa taka zapewnia znakomitą stabilność, zaś podczas skręcania minimalizuje przechyły poprzeczne. Układ z drażkiem pochłania około 80% wszystkich obciążeń poprzecznych działających na tylne zawieszenie. Ponadto drażek Watta umożliwia zastosowanie bardziej miękkich amortyzatorów, które nie muszą już rekompensować kosmetycznych zmian z tyłu samochodu, zapewniając w ten sposób bardziej odpowiednie właściwości jezdne tylnej osi.





Opel Astra IV – zawieszenie kół tylnych



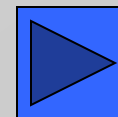
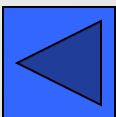
Pojazdy – zawieszenie – elementy konstrukcyjne – drążek Watta



drążek ustalający Watta

drążek reakcyjny

Zawieszenie dostosowane do jazdy sportowej

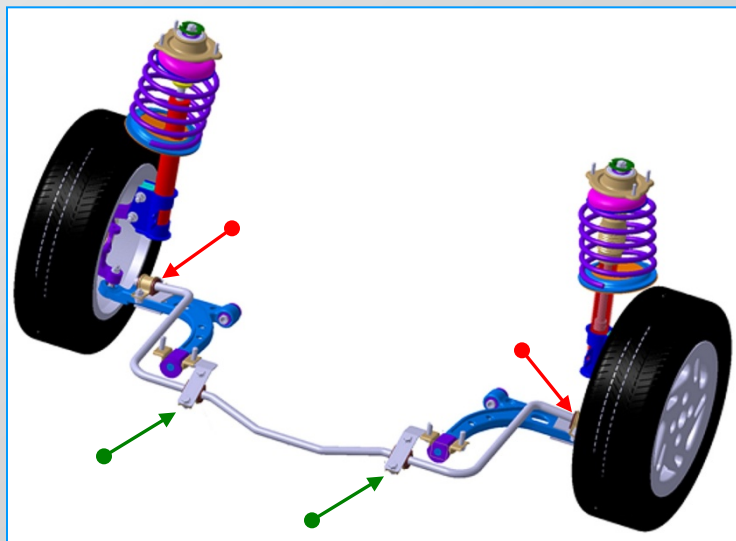
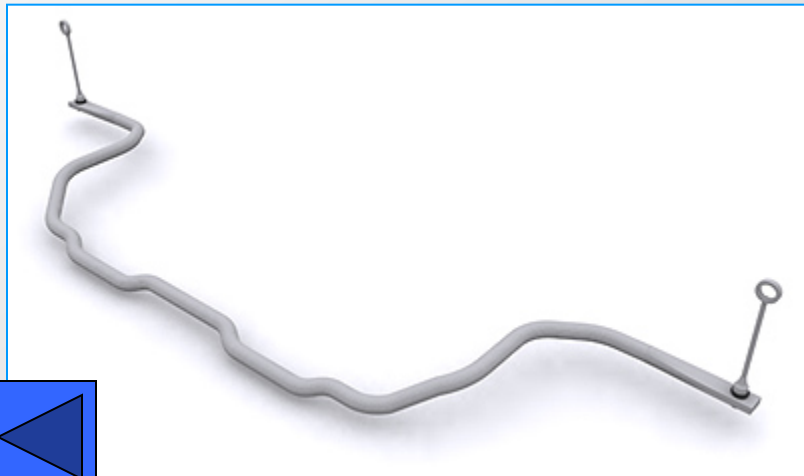


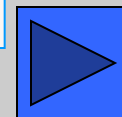
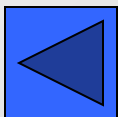
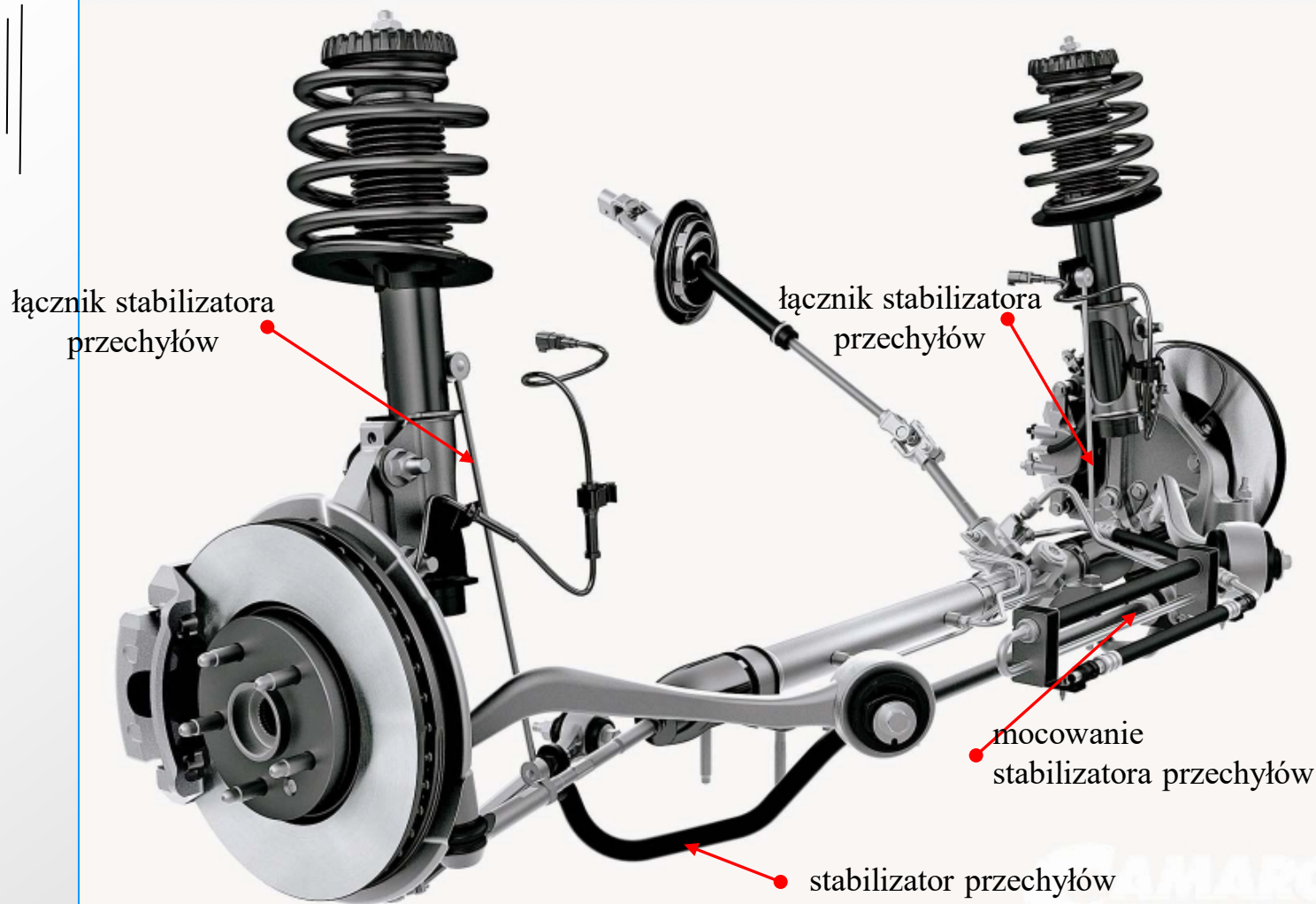
Mechaniczny stabilizator przechyłów z łącznikami

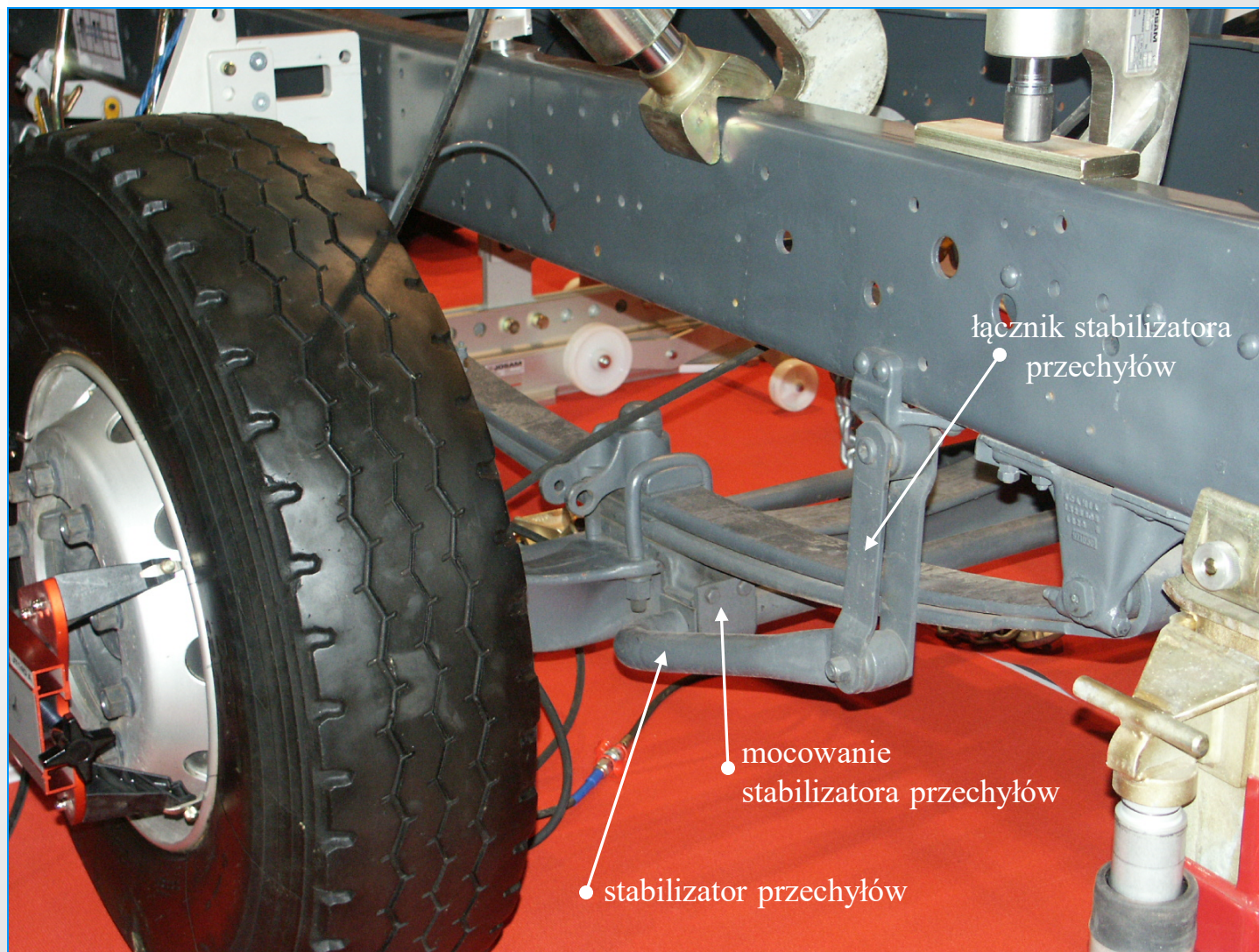
Definicja: Stabilizator uzależnia wychylenia kół jezdnych tej samej osi przez częściowe wyrównywanie niejednakowych obciążeń ich elementów sprężystych.

Może być wykonywany jako zespół zaworów poziomujących zawieszenia ze sprężynami pneumatycznymi lub **w postaci odpowiednio ukształtowanego drążka skrętnego ze stali sprężynowej** połączonego końcami z elementami zawieszenia kół tej samej osi (może być połączony łącznikami), a w części centralnej przymocowanego do nadwozia lub ramy przy pomocy tulei gumowych.

Skręcenie drążka jest proporcjonalne do różnicy ugięć prawego i lewego koła jezdnego (jazda w łuku drogi, omijanie przeszkody, nierówny teren). Powoduje on wzrost sztywności zawieszenia po stronie bardziej obciążonej oraz zmniejszenie sztywności zawieszenia po stronie mniej obciążonej.





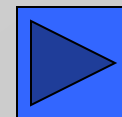
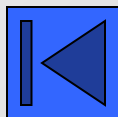
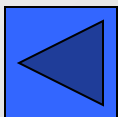




Elementy sprężyste zawieszeń

W pojazdach samochodowych stosuje się następujące elementy sprężyste:

1. metalowe elementy sprężyste
 - resory piórowe
 - sprężyny śrubowe
 - drążki skrętne
2. gumowe (zazwyczaj jako pomocnicze elementy sprężyste)
 - tuleje gumowe
 - tuleje metalowo-gumowe (silent-block)
 - tuleje wahliwe
 - odbojniki
3. pneumatyczne elementy sprężyste
 - sprężyny pneumatyczne
4. hydropneumatyczne elementy sprężyste
 - tzw. gruszki hydropneumatyczne

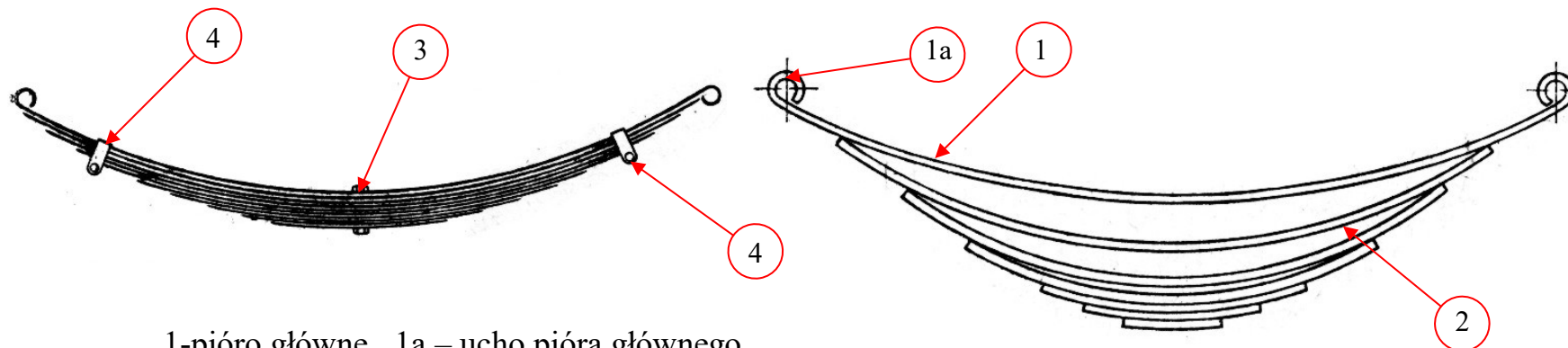


Resory piórowe

Składają się ze stalowych płaskowników – piór ze stali sprężynowej poddanych obróbce cieplnej i kulowaniu. Mogą być również wykonane z tworzyw sztucznych – kompozytów. Ilość piór (1 – 20).

Resory piórowe z reguły nie wymagają stosowania dodatkowych elementów prowadzących oś.

Najczęściej stosowane resory to resory półeliptyczne zamocowane równoległe do podłużnej osi symetrii pojazdu.

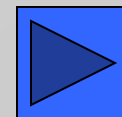
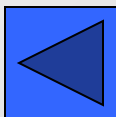


1-pióro główne 1a – ucho pióra głównego

2 – pozostałe pióra

3 – śruba główna (sercowa)

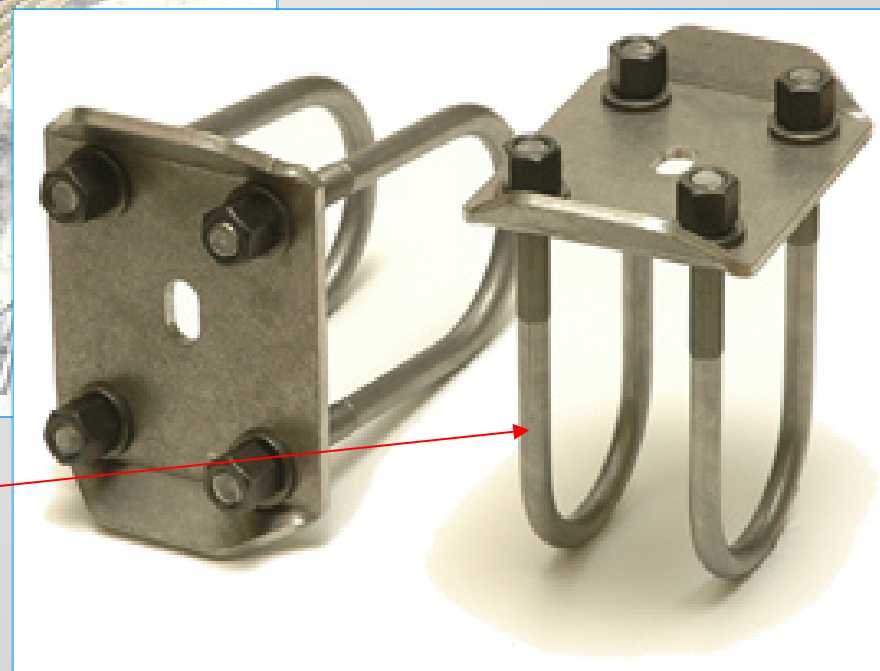
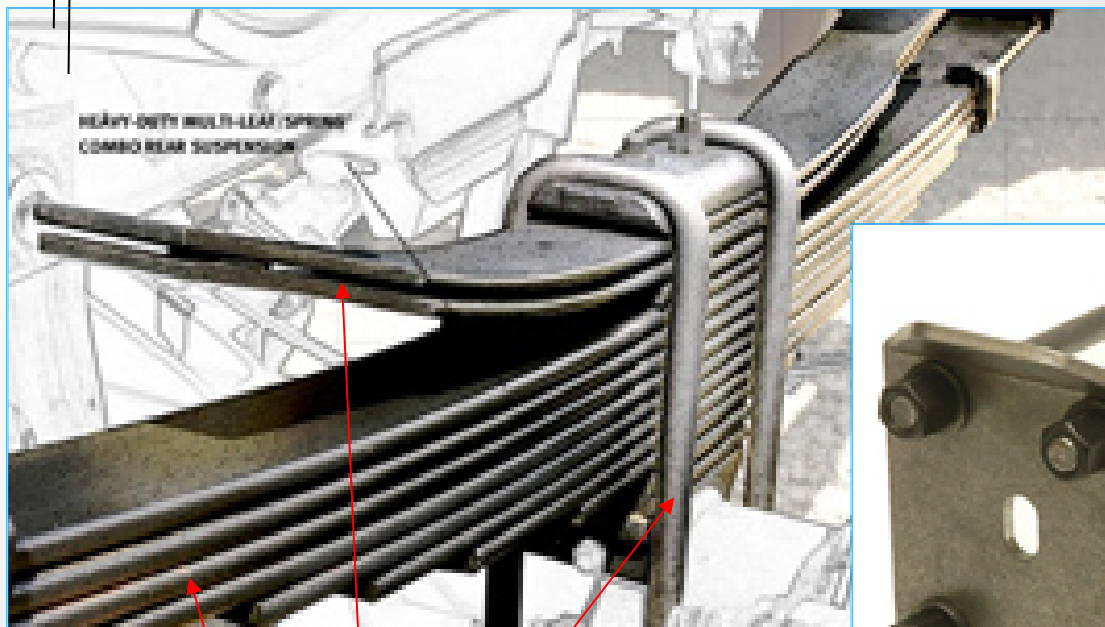
4 – obejmy (skuwki)





Pojazdy – zawieszenie – resory piórowe

Resory przymocowane są do belki osi za pomocą strzemion.

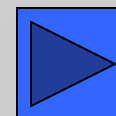
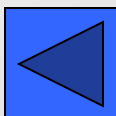


1

2

3

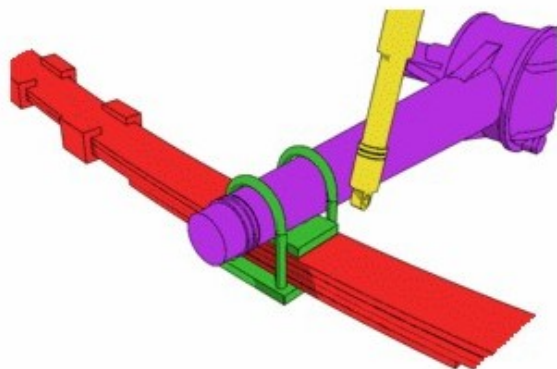
- 1 – resor główny
- 2 – resor pomocniczy
- 3 - strzemiona



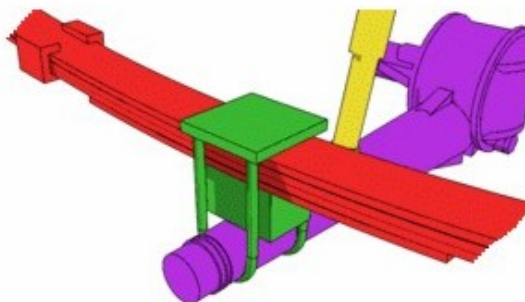


Pojazdy – zawieszenie – resory piórowe

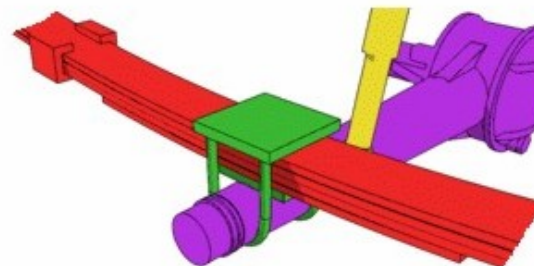
Sposoby mocowania resora piórowego do mostu napędowego



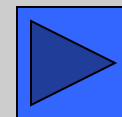
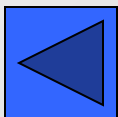
Pod pochwą mostu



Nad pochwą mostu z podkładką dystansową

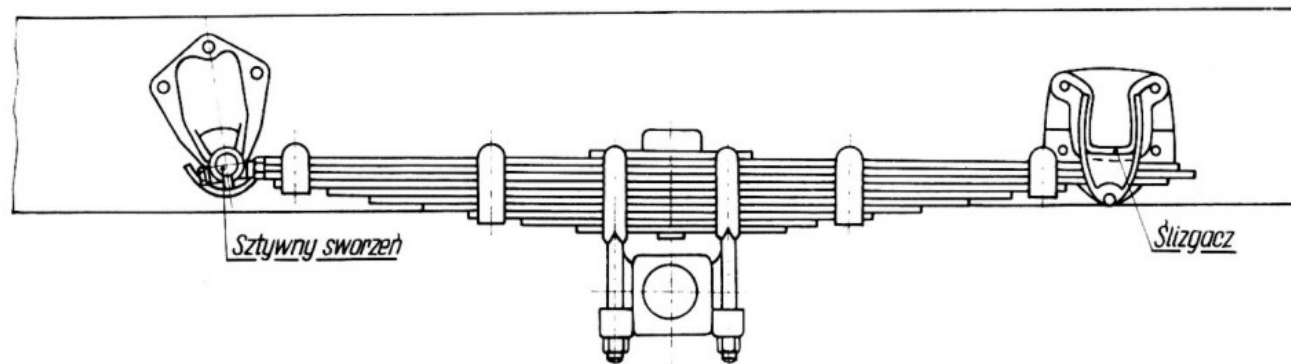
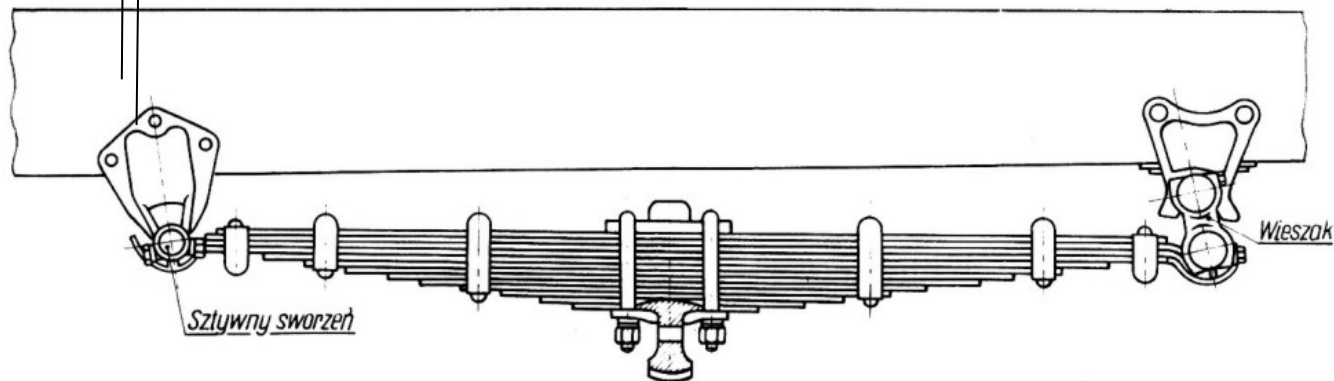


Nad pochwą mostu

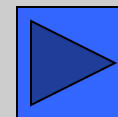
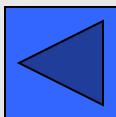
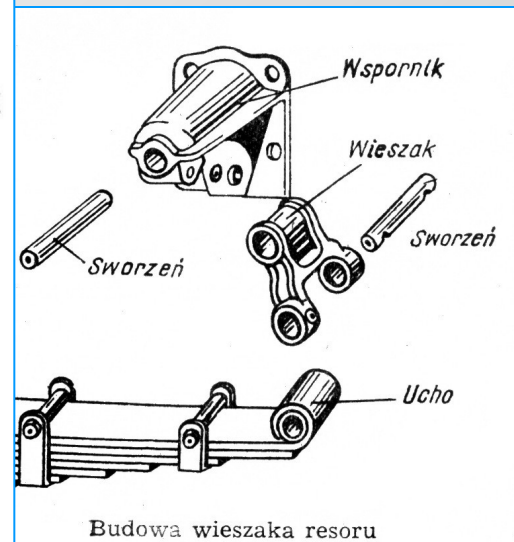




Pojazdy – zawieszenie – resory piórowe

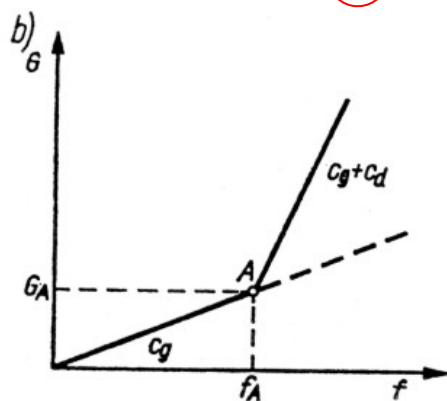
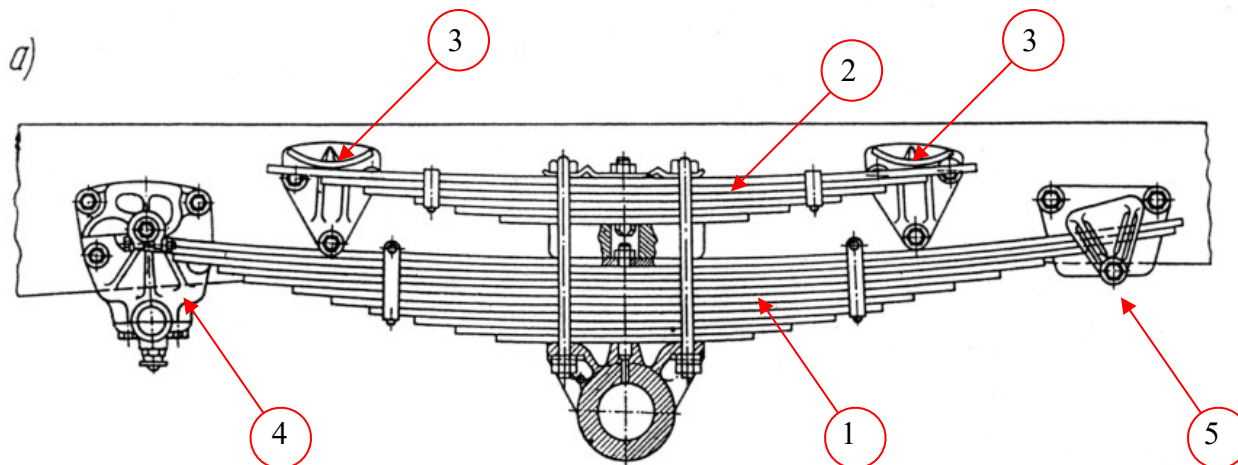


Sposoby mocowania resorów piórowych



Pojazdy – zawieszenie – resory piórowe

W celu poprawienia zdolności ładunkowej pojazdu stosuje się resory o charakterystyce progresywnej.

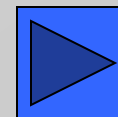
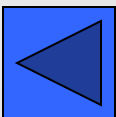
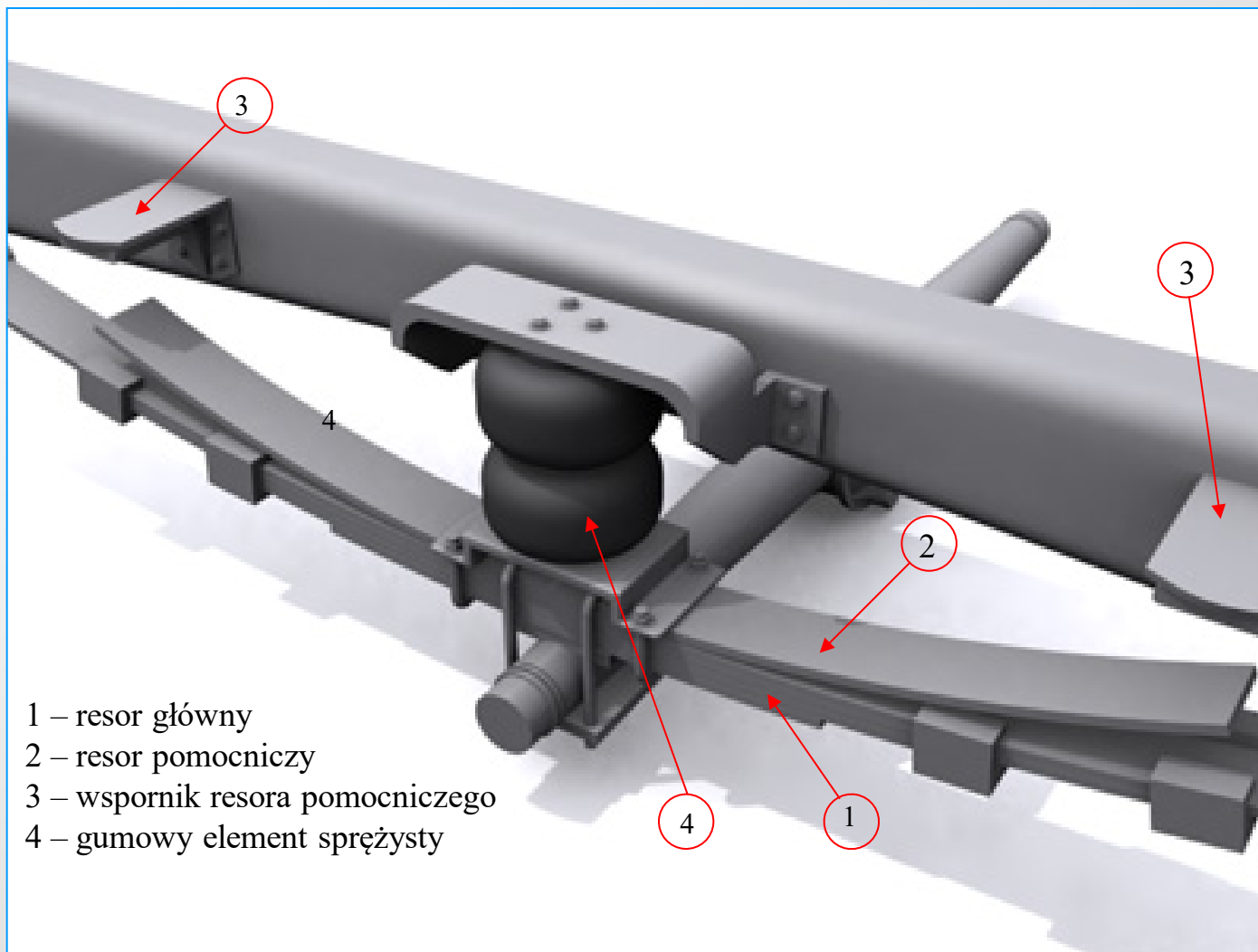


- 1 – resor główny
- 2 – resor pomocniczy
- 3 – wspornik resora pomocniczego
- 4 – wspornik resora głównego
- 5 – wspornik – ślizgacz resora głównego

Charakterystyka pracy zestawu resorów

Pojazdy – zawieszenie – resory piórowe

W celu poprawienia zdolności ładunkowej pojazdu stosuje się resory o charakterystyce progresywnej.



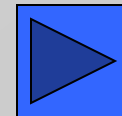
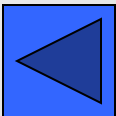


Sprężyny śrubowe

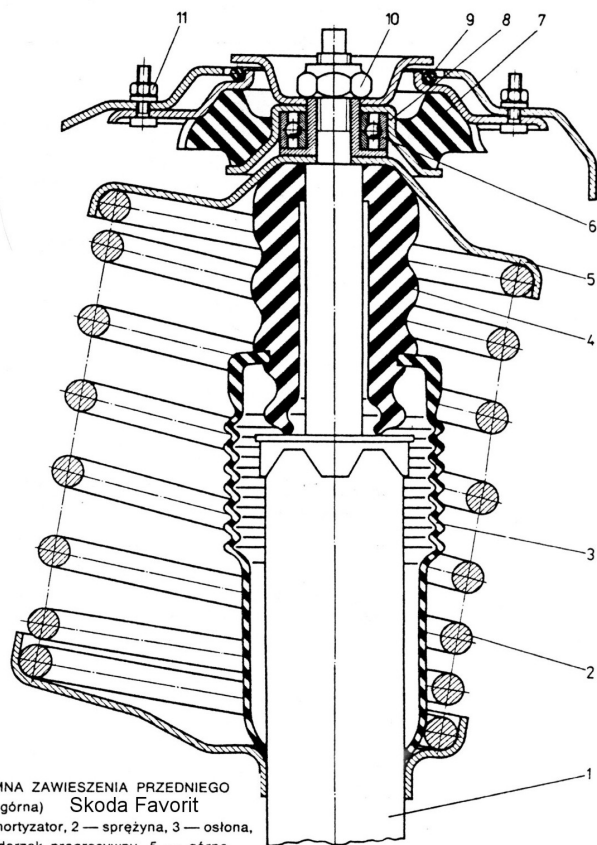
Sprężyny cechuje znaczna odkształcalność oraz duża zdolność akumulowania energii. Dzięki temu wraz z amortyzatorami spełniają dwa podstawowe zadania:

- izolują nadwozie samochodu od drgań wywołanych nierównościami nawierzchni drogi;
- utrzymują koła w ciągłym kontakcie z nawierzchnią drogi, co jest warunkiem nadania przyspieszenia, wykonania hamowania lub skrętu samochodu.

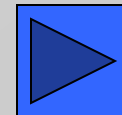
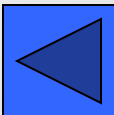
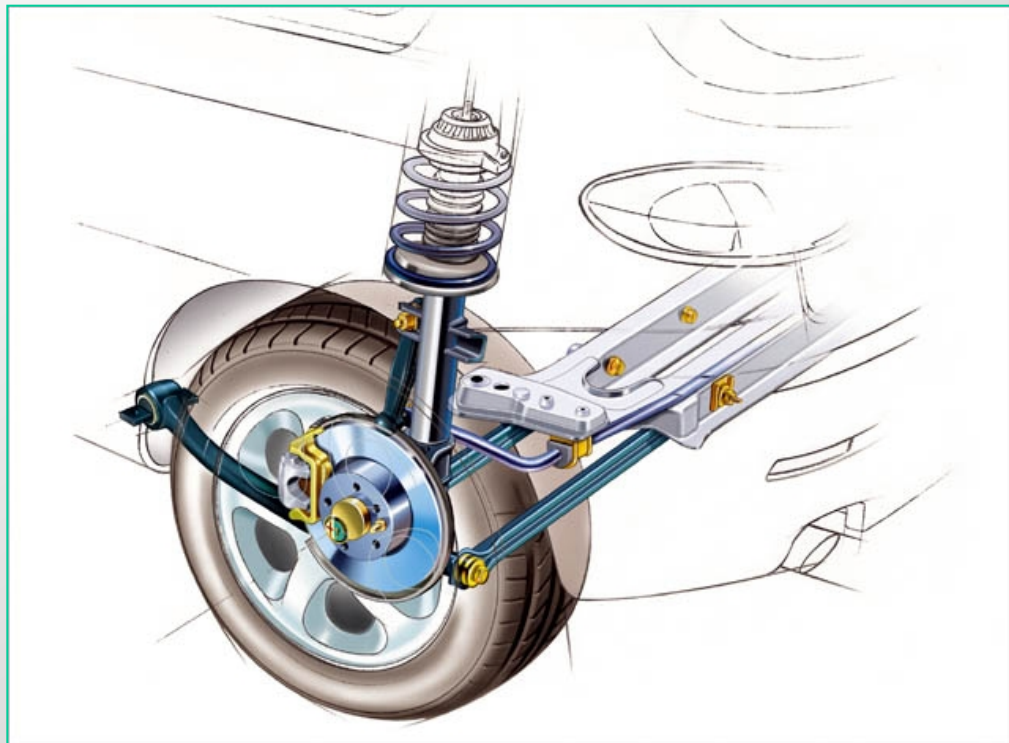
Ukształtowanie zwojów końcowych ma istotne znaczenie dla pracy sprężyny. Zaleca się, aby płaszczyzna styku tworzyła w miarę możliwości pełny pierścień, w celu wyeliminowania mimośrodowego obciążenia.



Sprężyny śrubowe w zawieszeniu



KOLUMNA ZAWIESZENIA PRZEDNIEGO
(część górna) Skoda Favorit
1 — amortyzator, 2 — sprężyna, 3 — osłona,
4 — zderzak progresywny, 5 — górna
podpora sprężyny, 6 — tłocznisko,
7 — poduszka gumowa, 8 — górna podpora
kolumny, 9 — pierścień gumowy,
10 — nakrętka M8, 11 — nakrętka M12

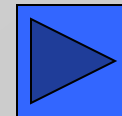
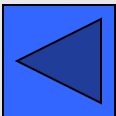




Pojazdy – zawieszenie – sprężyny śrubowe

Ze względu na budowę wyróżniamy następujące rodzaje sprężyn:

- a) sprężyny cylindryczne- najczęściej stosowane sprężyny w budowie zawiesznień pojazdów. Zapewniają one, przy stałym kącie wznoszenia pręta stałą sztywność oraz pozwalają na duży stopień zautomatyzowania produkcji;
- b) sprężyny typu pigtail - zakończenie zwojów typu pigtail (o zmniejszonej średnicy zwojów końcowych) pozwala na pewniejsze zamocowanie sprężyny na elementach podporowych;
- c) sprężyny typu mini-blok - charakteryzujące się zmienną średnicą pręta oraz zmienną średnicą poszczególnych zwojów;
- d) sprężyny typu side load i side load-2 (krzywo nawinięte).





Pojazdy – zawieszenie – sprężyny śrubowe

cyldryczna



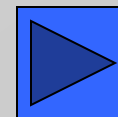
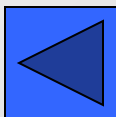
pigtail



mini-blok



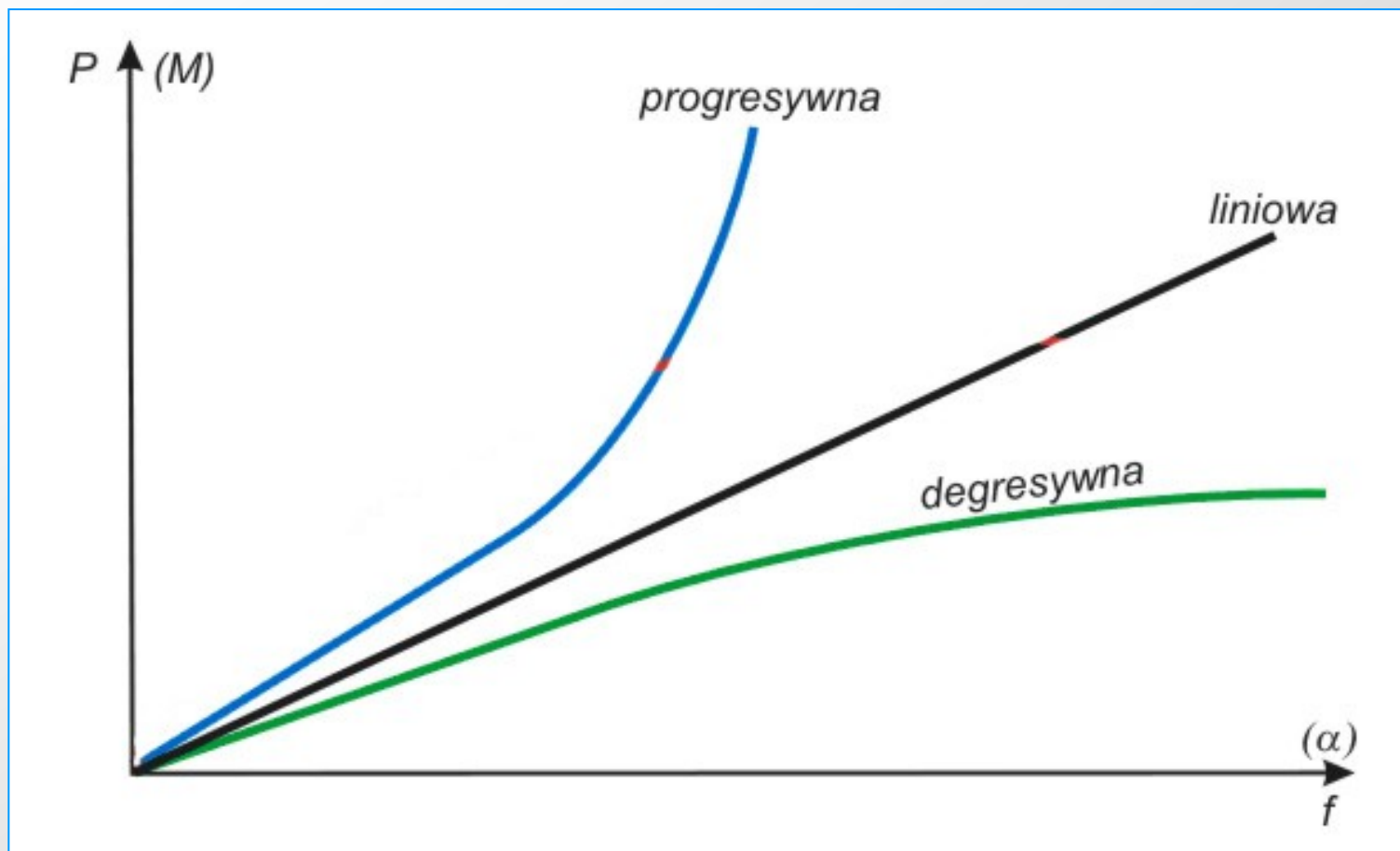
side load
krzywo nawinięta





Pojazdy – zawieszenie – sprężyny śrubowe

Ze względu na sposób przenoszenia obciążeń rozróżnia się sprężyny o charakterystyce liniowej i progresywnej.



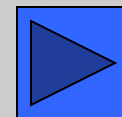
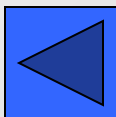


Pojazdy – zawieszenie – sprężyny śrubowe

Charakterystykę progresywną uzyskuje się metodami konstrukcyjnymi (wykonawczymi) poprzez:

- zmienną średnicę drutu
- zmienny skok zwojów
- zmienną średnicę zwojów
- metody mieszane

Sprężyny śrubowe nie przenoszą obciążeń bocznych , wymagają więc stosowania dodatkowych elementów prowadzących. Wykonane z drutu ze stali sprężynowej o średnicy 10-20 mm. Końcówki zwojów mogą być szlifowane.



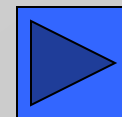
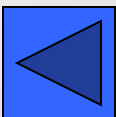


Drażki skrętne

Wykonane w postaci pręta, rury lub pakietu płaskowników ze stali sprężynowej. Przejmują wyłącznie obciążenia skręcające. W zawieszeniach montowane:

- wzdłużnie – współpracują z wahaczami poprzecznymi
- poprzecznie – współpracują z wahaczami wzdłużnymi w zawieszeniach kół tylnych.

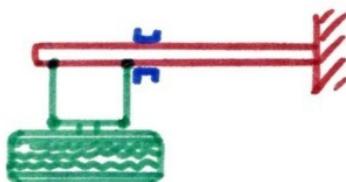
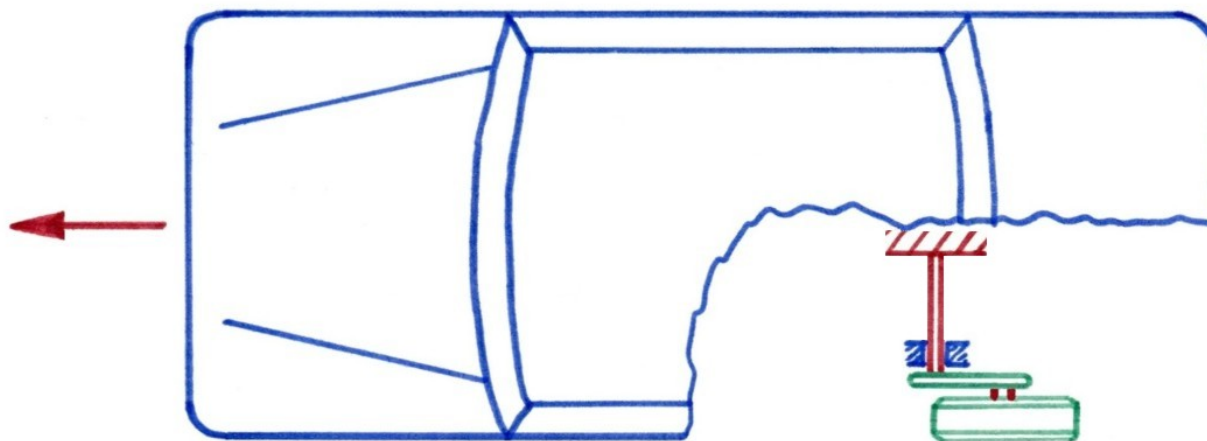
Zawsze wymagają stosowania dodatkowych elementów konstrukcyjnych prowadzących koło jezdne



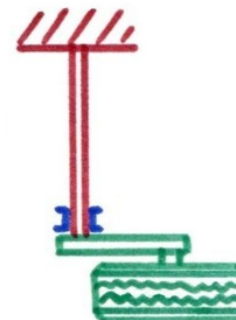
Pojazdy – zawieszenie – drążki skrętne

©

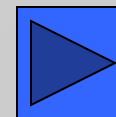
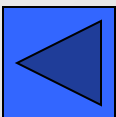
Zawieszenie z zastosowaniem drążków skrętnych



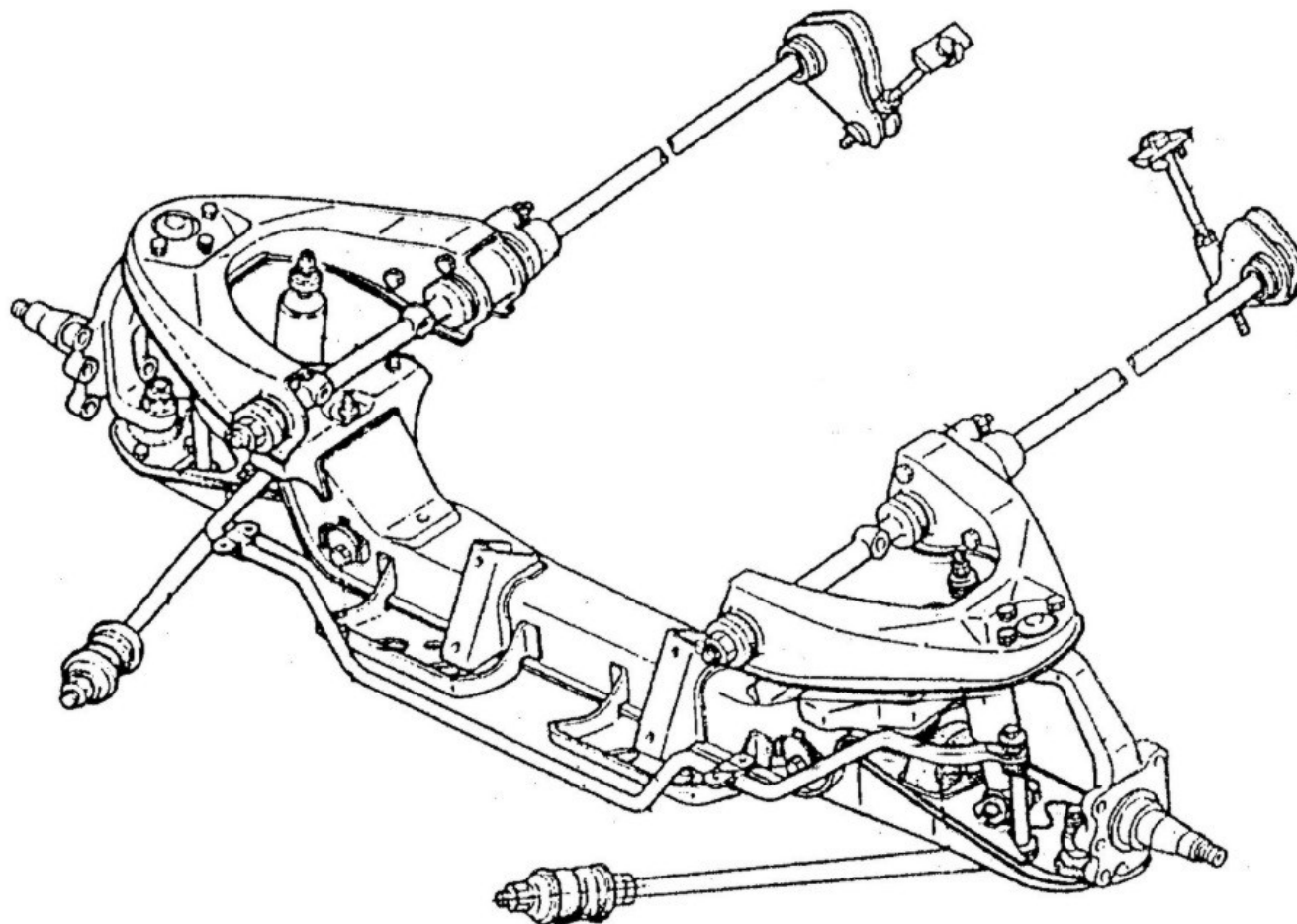
drążek skrętny zamontowany wzdłużnie



drążek skrętny zamontowany poprzecznie

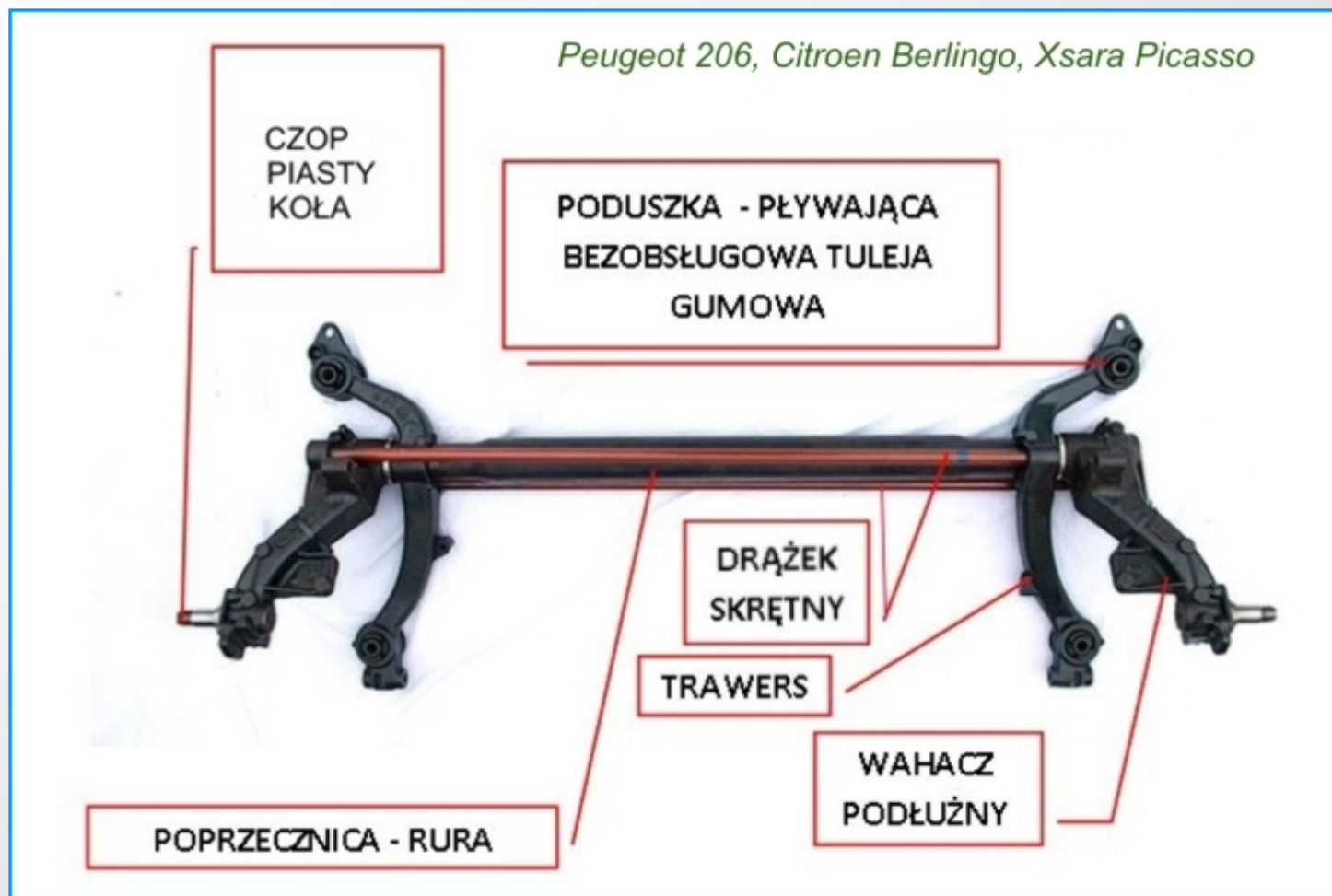


Pojazdy – zawieszenie – drążki skrętne



Zawieszenie przednie dwuwahaczowe z drążkami skrętnymi Mazda 2200

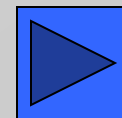
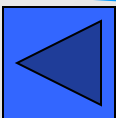
Pojazdy – zawieszenie – drążki skrętne





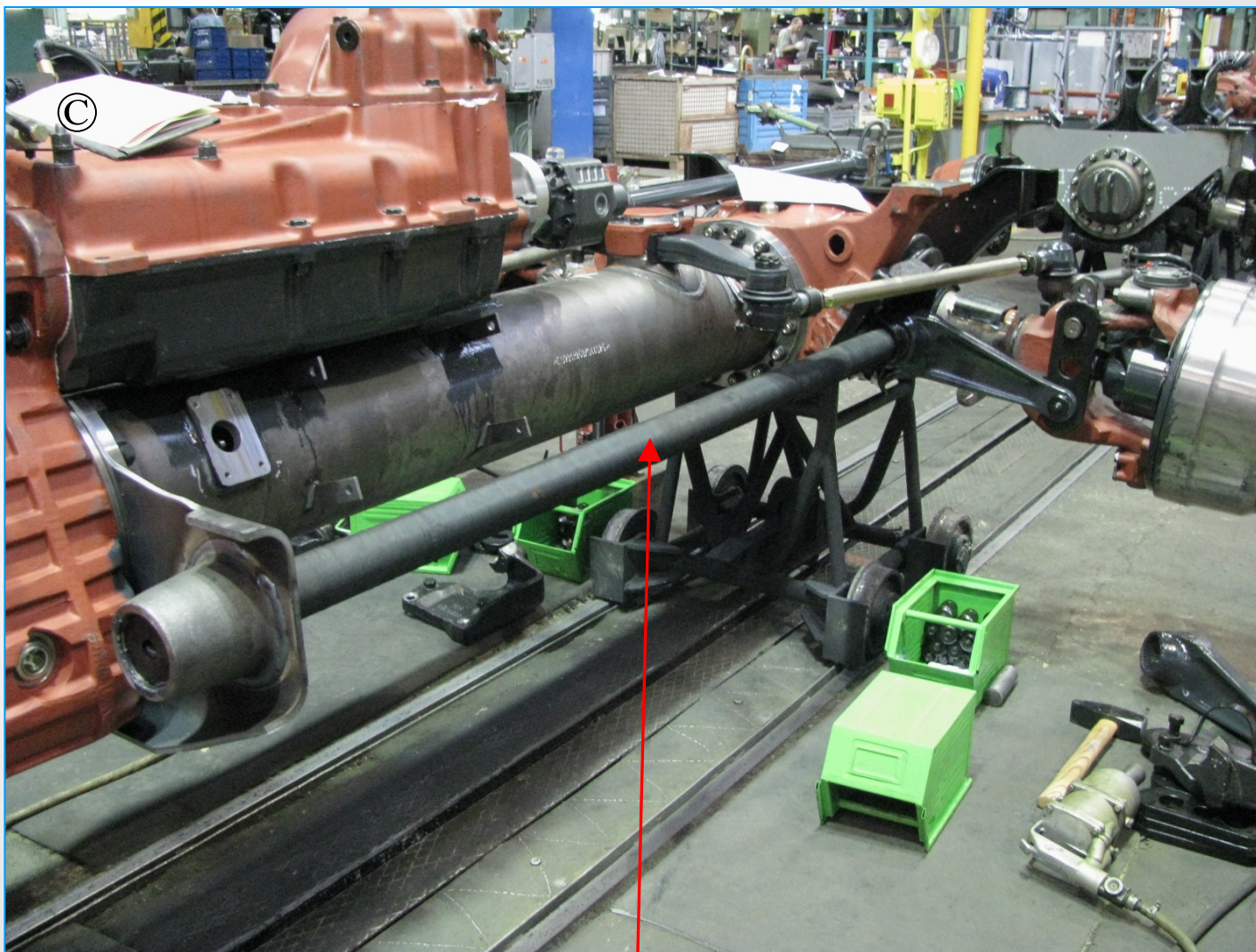
Pojazdy – zawieszenie – drążki skrętne

Peugeot 206, Citroen Berlingo, Xsara Picasso





Pojazdy – zawieszenie – drążki skrętne

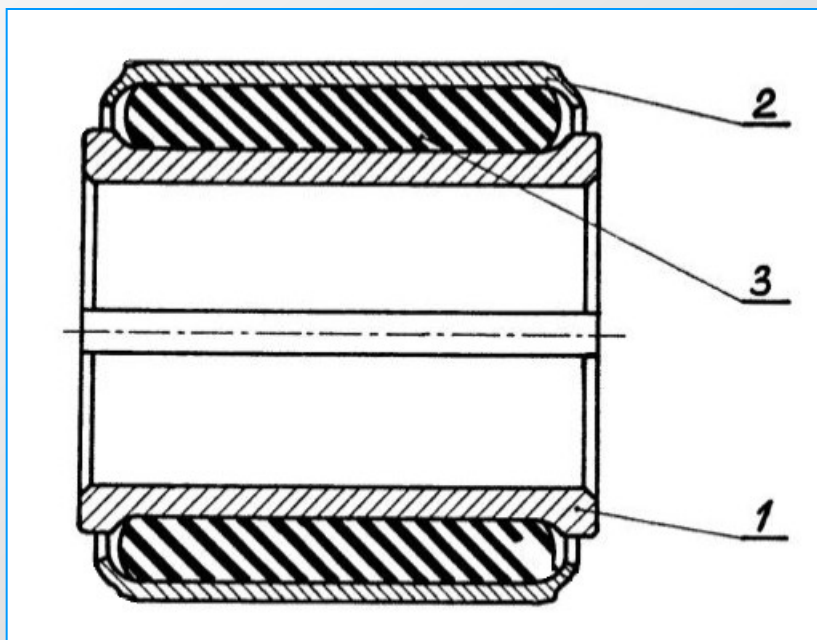


Wzdłużny drążek skrętny zawieszenia przedniego TATRA

Gumowe elementy sprężyste

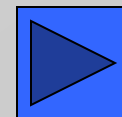
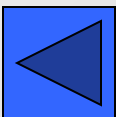
Stosowane najczęściej jako elementy pomocnicze zawieszenia. Guma ma dobre własności wibroizolacyjne, więc tuleje gumowe i metalowo – gumowe (silent-block) stosuje się jako elementy konstrukcyjne mocowania wahaczy, resorów, amortyzatorów etc. W tulejach metalowo – gumowych guma przenosi obciążenia ścinające.

Ze względu na wadę gumy – skłonność do starzenia – gumę zastępują materiały z tworzyw sztucznych.



Tuleja metalowo – gumowa
(silent-block)

- 1 – tuleja wewnętrzna stalowa
- 2 – tuleja zewnętrzna stalowa
- 3 – zawulkanizowana guma

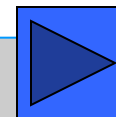
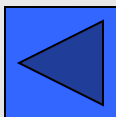
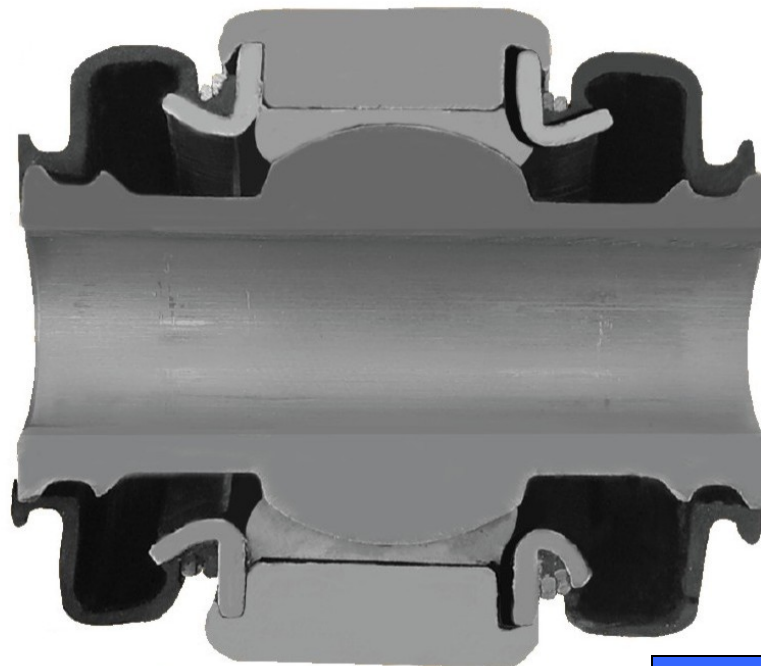


Pojazdy – zawieszenie – gumowe elementy sprężyste



Tuleje gumowe resoru

Tuleja wahliwa wahacza





Pojazdy – zawieszenie – gumowe elementy sprężyste

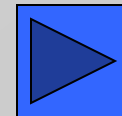
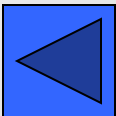


Tuleje stabilizatora – gumowe i z tworzywa sztucznego

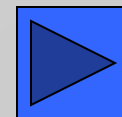
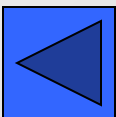
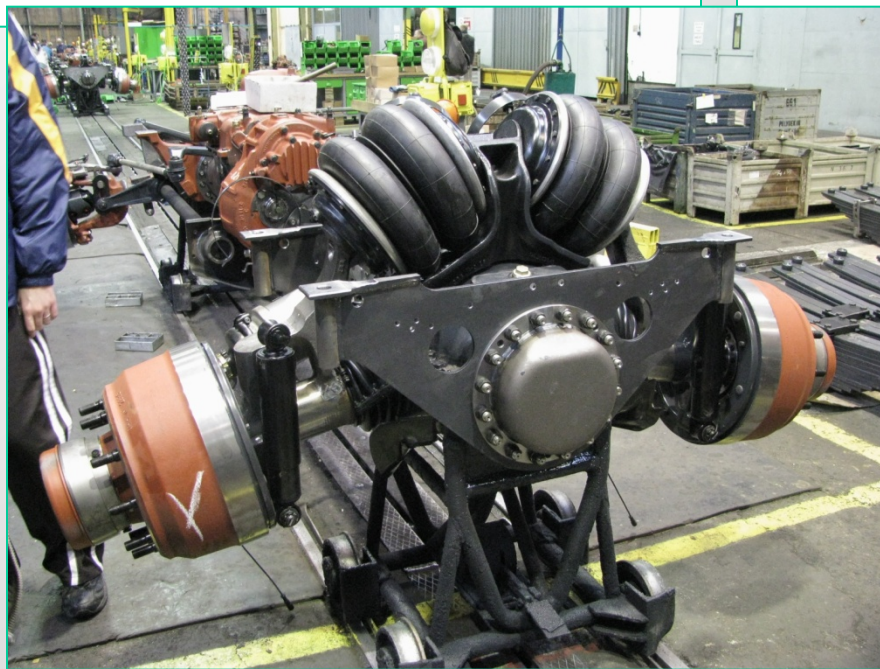
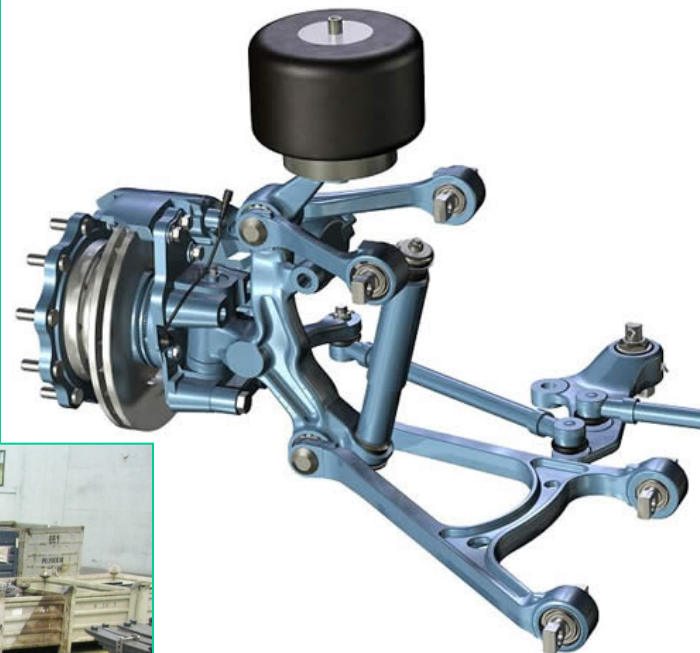
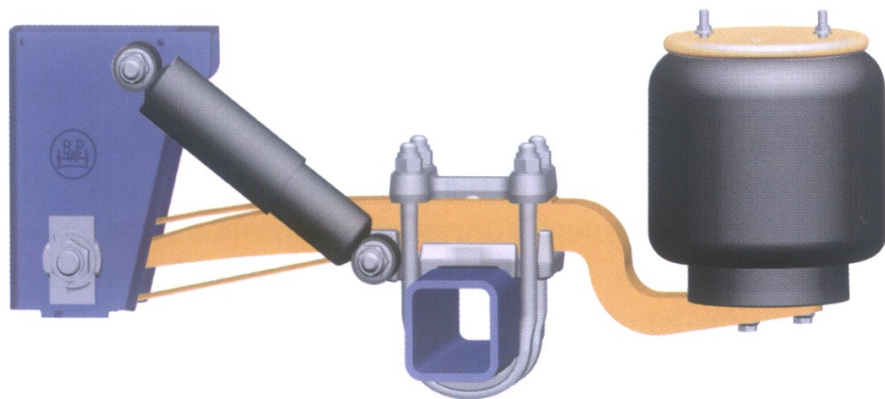


Pneumatyczne elementy sprężyste

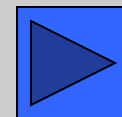
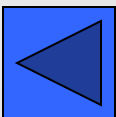
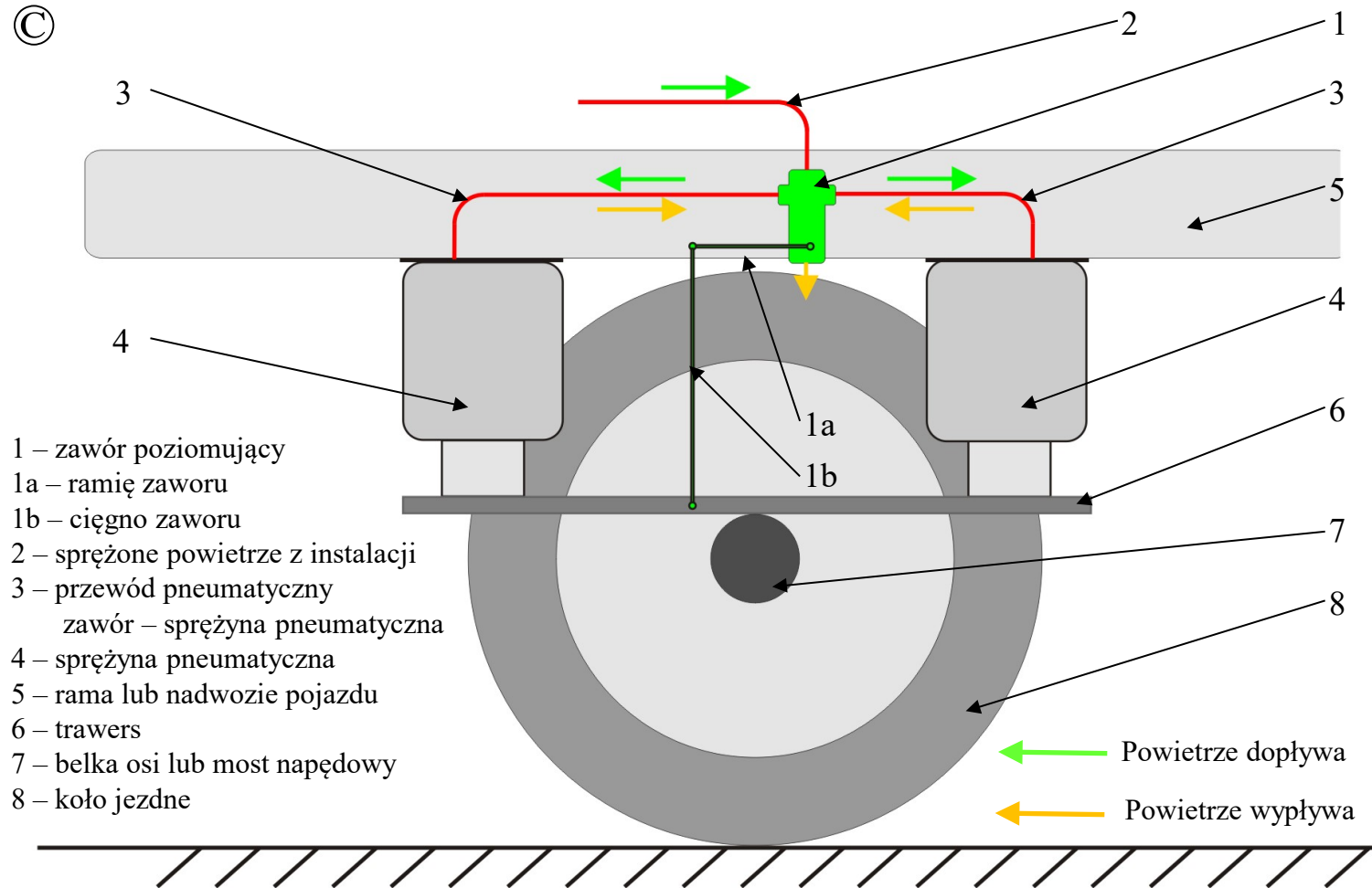
- Mają postać miecha gumowego o dwóch lub trzech fałdach, wykonanego z gumy syntetycznej zbrojonej plecionką kordową, zaciśniętego w metalowych obsadach.
Średnica miechów – sprężyn pneumatycznych to 200 – 300 mm, robocze ciśnienie powietrza 0,9 – 1,3 MPa.
- Zawór poziomujący ustala ciśnienie powietrza z zależności od obciążenia pojazdu. Umożliwia to utrzymanie pojazdu w wyznaczonym zakresie odległości nadwozia od powierzchni jezdni oraz opuszczanie nadwozia w zależności od potrzeb przewozowych (np. w autobusach komunikacji miejskiej).
- Sprężyny pneumatyczne wymagają zastosowania układu sprężania i magazynowania sprężonego powietrza (instalacji pneumatycznej lub agregatu).



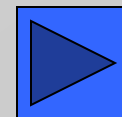
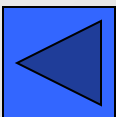
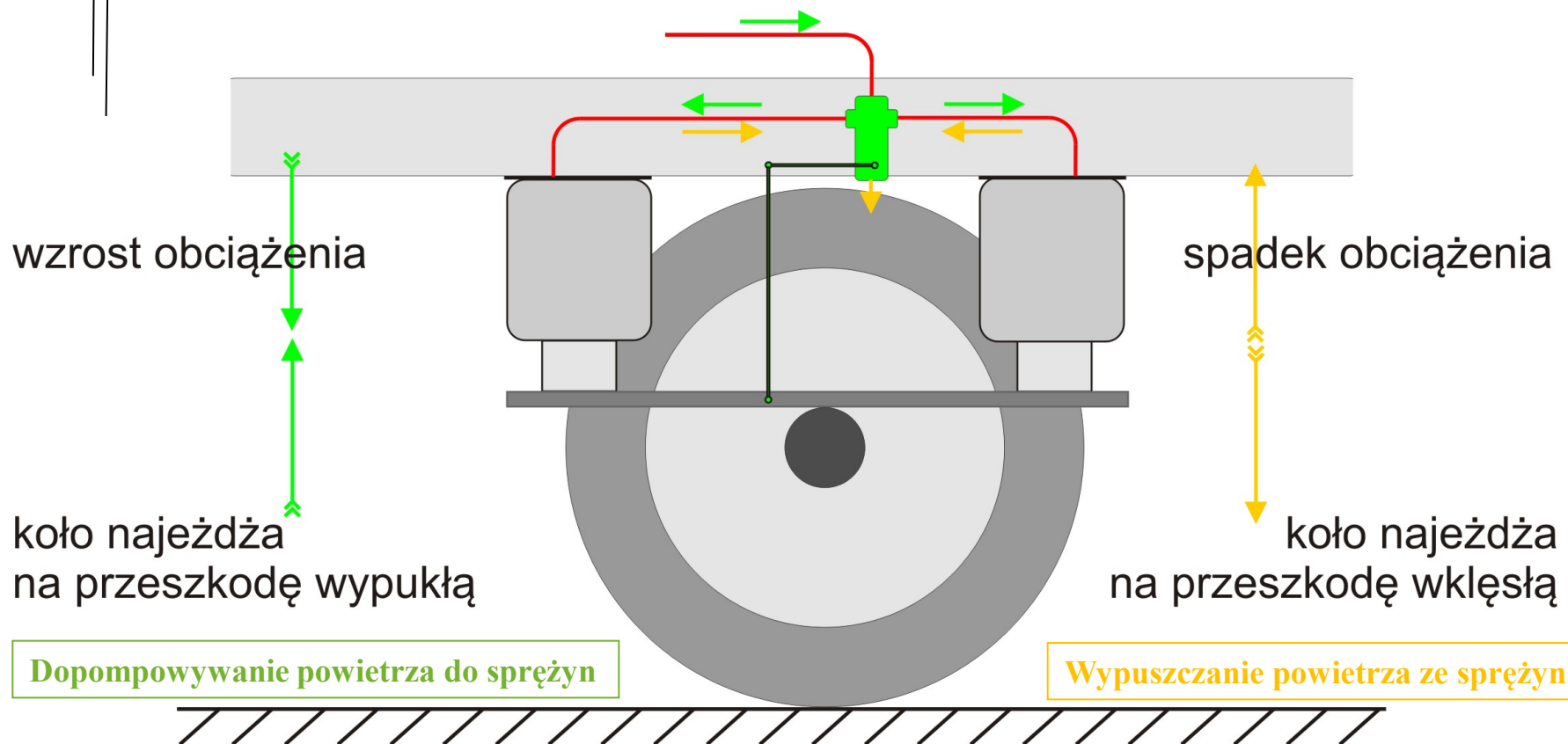
Pneumatyczne elementy sprężyste w zawieszeniu

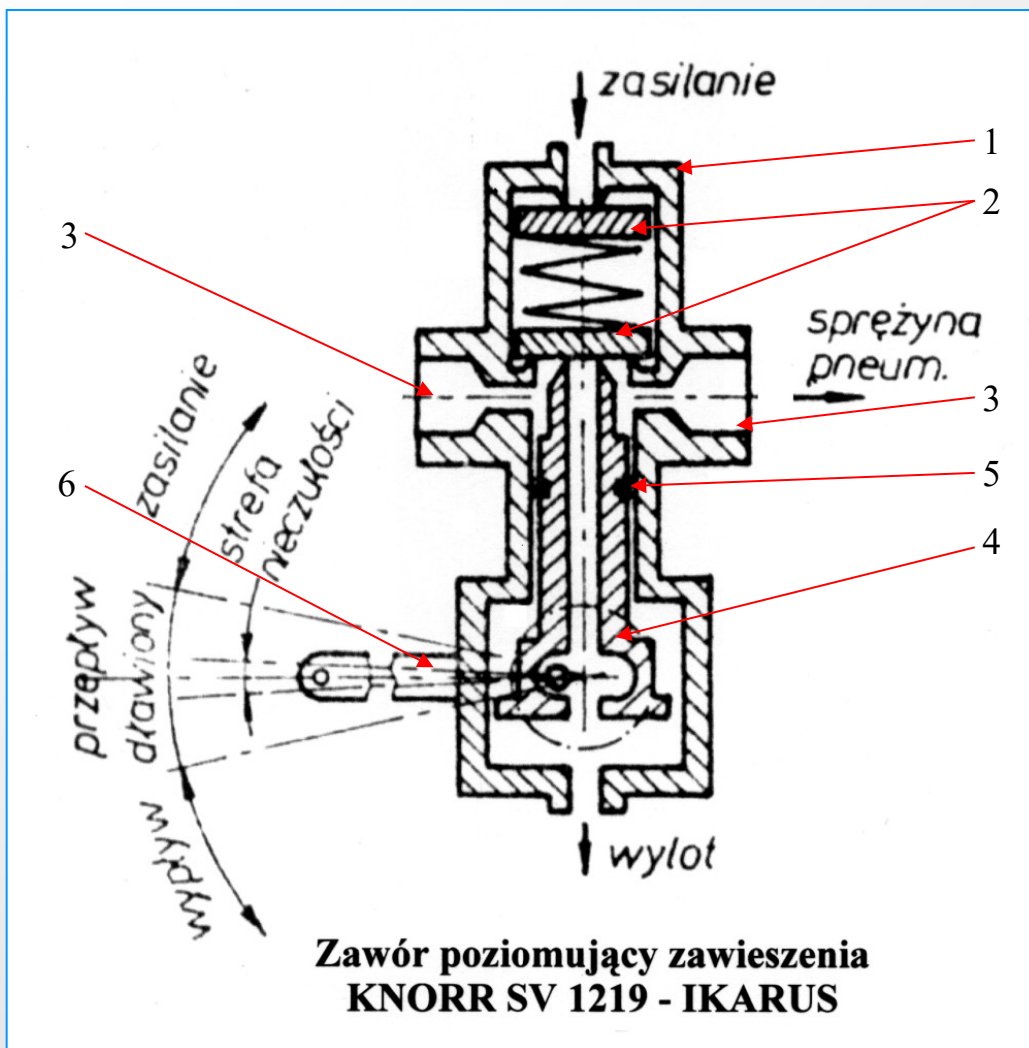


©



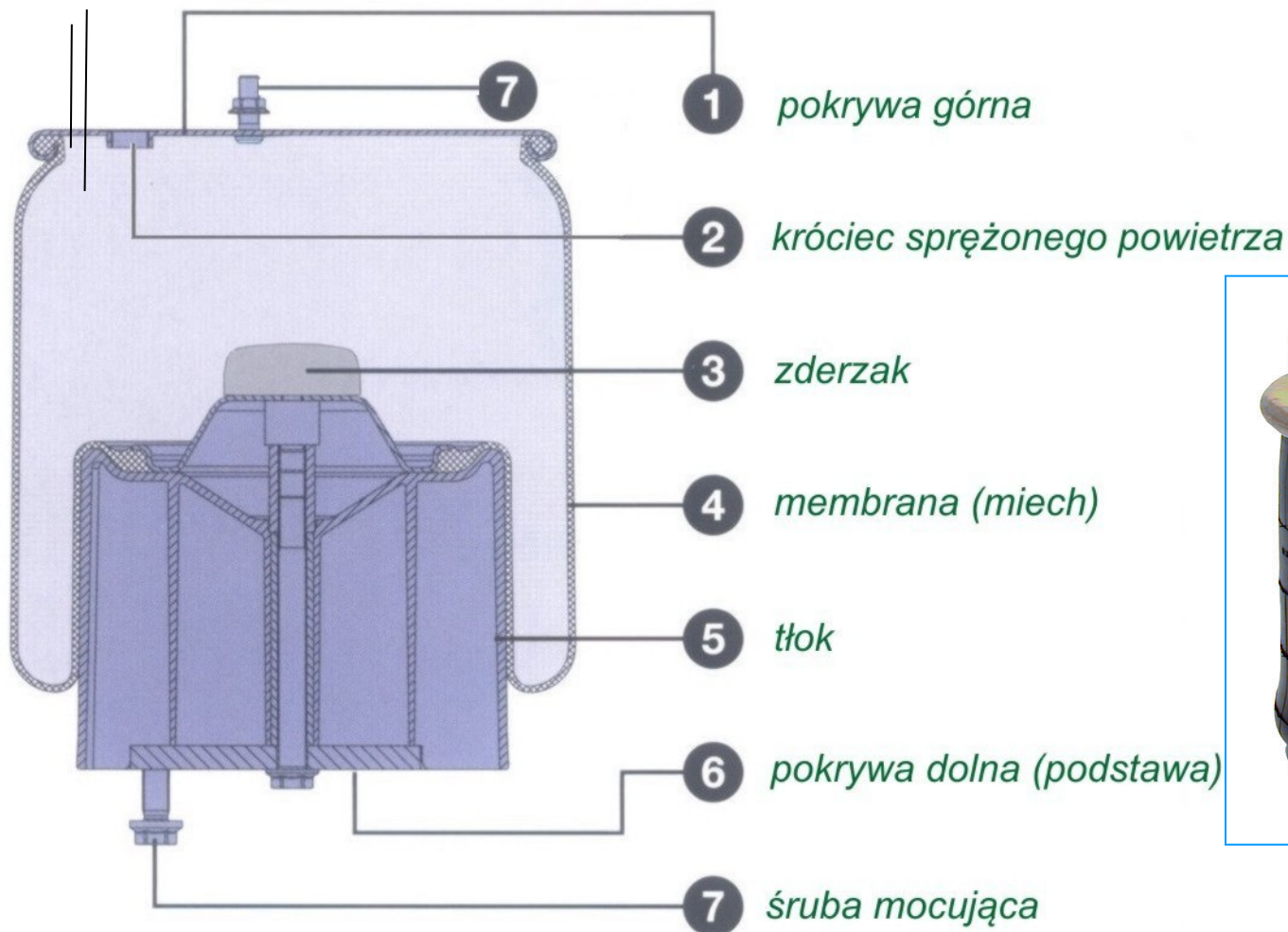
©





- 1 – korpus
- 2 – zawór podwójny
- 3 – króciec do sprężyny pneumatycznej
- 4 – nurnik
- 5 – uszczelniaacz nurnika
- 6 - dźwignia

Pojazdy – zawieszenie – elementy sprężyste



Sprężyna pneumatyczna ze związaną powłoką



Pojazdy – zawieszenie – pneumatyczne elementy sprężyste



Sprężyny pneumatyczne do montażu Ford Transit

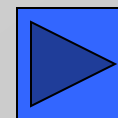
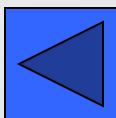
Sprężyna pneumatyczna dwufałdowa



Pojazdy – zawieszenie – pneumatyczne elementy sprężyste



Zestaw do montażu zawieszenia pneumatycznego w samochodzie osobowym / dostawczym





Hydropneumatyczne elementy sprężyste

Kolumny hydropneumatyczne stosowane przy każdym z kół zawieszenia hydropneumatycznego pełnią jednocześnie funkcję elementów sprężystych i tłumiących.

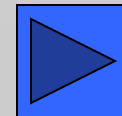
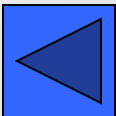
Kolumna hydropneumatyczna składa się z cylindra połączonego z przeponowym elementem hydropneumatycznym wykonanym w postaci stalowej kuli o niezmienniej objętości.

W kulistym zbiorniku gumowa przepona dzieli przestrzeń na dwie części:

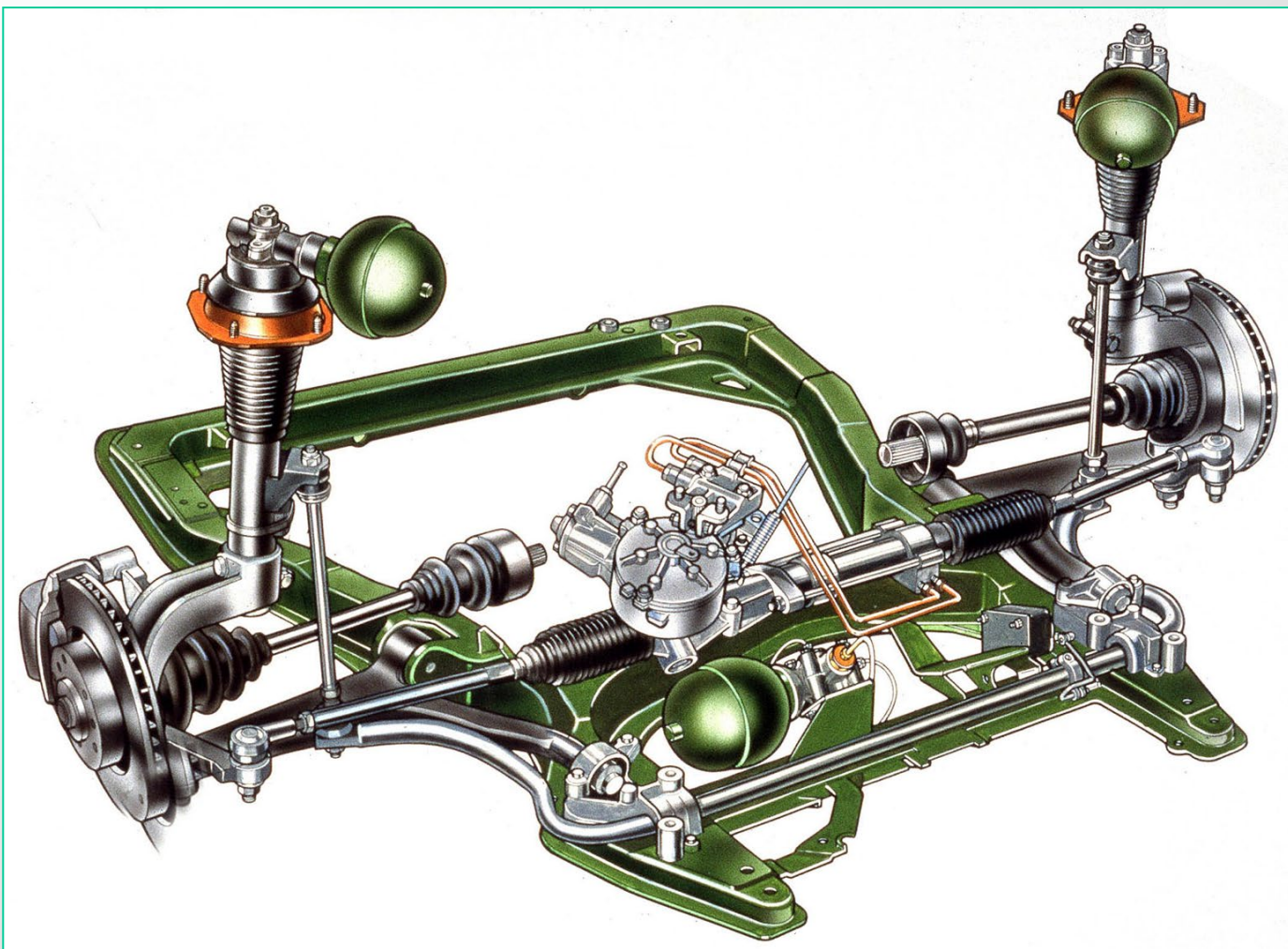
- nad przeponą znajduje się azot o wstępnym ciśnieniu 5 – 7 MPa
- pod przeponą znajduje się olej pod ciśnieniem 14 – 17 MPa. Przestrzeń ta połączona jest z cylindrem kolumny prowadzącej. Wewnątrz cylindra przemieszcza się tłok, którego tłoczysko jest połączone z wahaczem koła.

Pionowe ruchy koła podczas jazdy są przenoszone za pomocą wahacza i powodują ruch tłoka w cylindrze. Wzrasta ciśnienie oleju, przepona ugina się i ciśnienie azotu w zbiorniku górnym rośnie powodując w efekcie uzyskanie sprężynowania ściśliwego gazu.

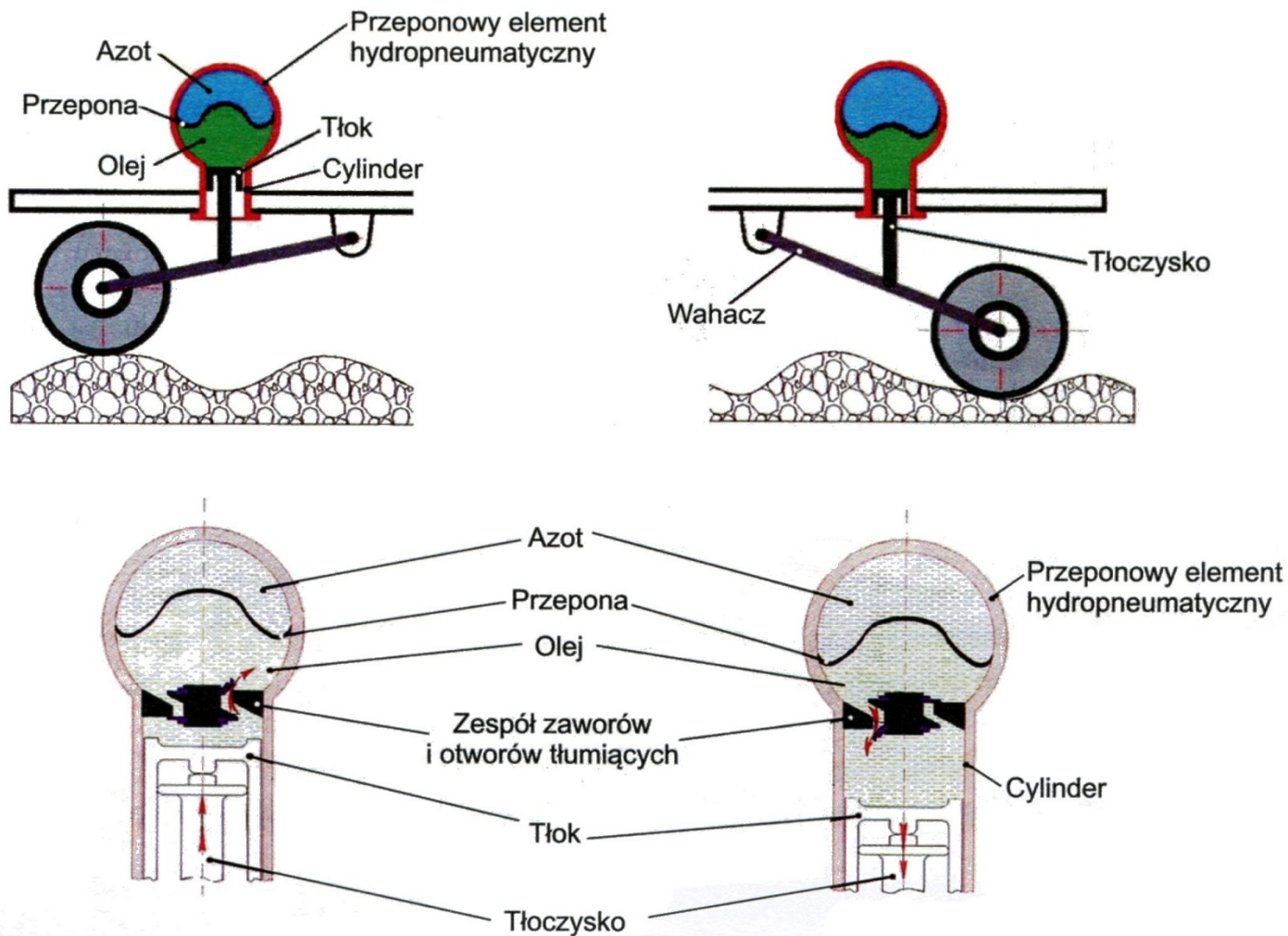
Nieściśliwy olej nadaje się do tłumienia drgań poprzez przeciskanie go przez zespół zaworów i kalibrowanych otworów.



Hydropneumatyczne elementy sprężyste w zawieszeniu



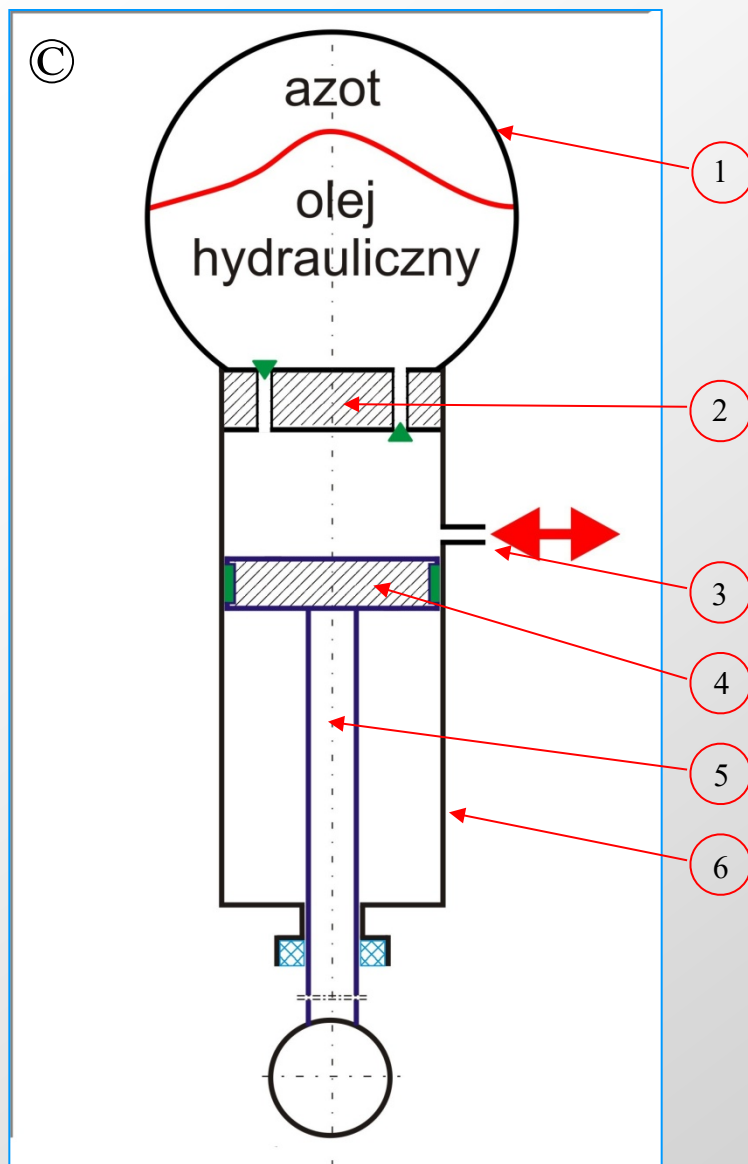
Pojazdy – zawieszenie – hydropneumatyczne elementy sprężyste



ściskanie

rozciąganie

Pojazdy – zawieszenie – hydropneumatyczne elementy sprężyste



1. – element hydropneumatyczny (gruszka)
2. – zespół zaworów i otworów tłumiących
3. – króciec zasilający cylinder olejem
4. – tłok
5. – tłoczysko (połączone z wahaczem)
6. – cylinder siłownika hydraulicznego

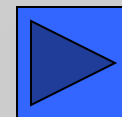
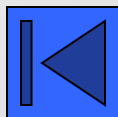
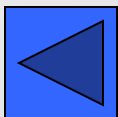
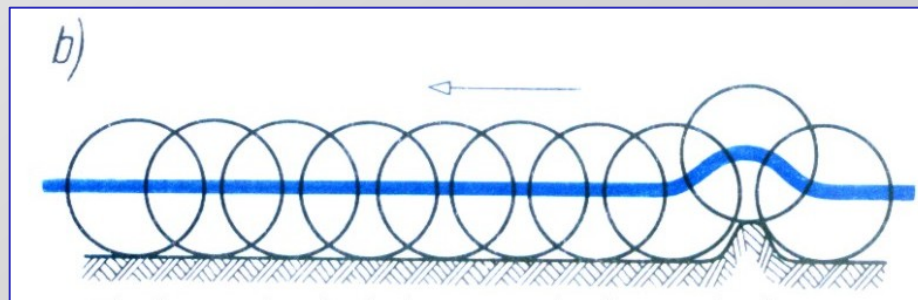
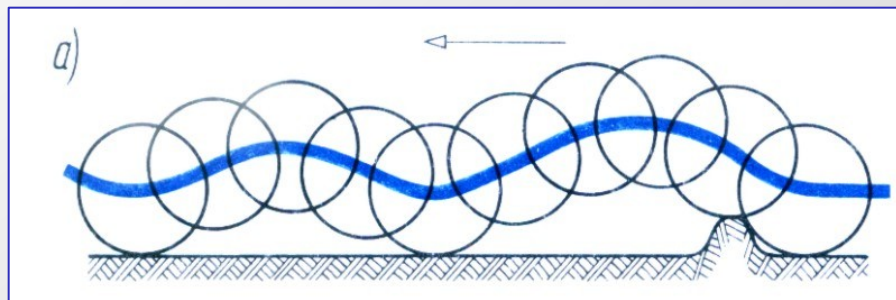
Ciśnienie azotu – 5-7 MPa

Ciśnienie oleju – 14 -18 MPa

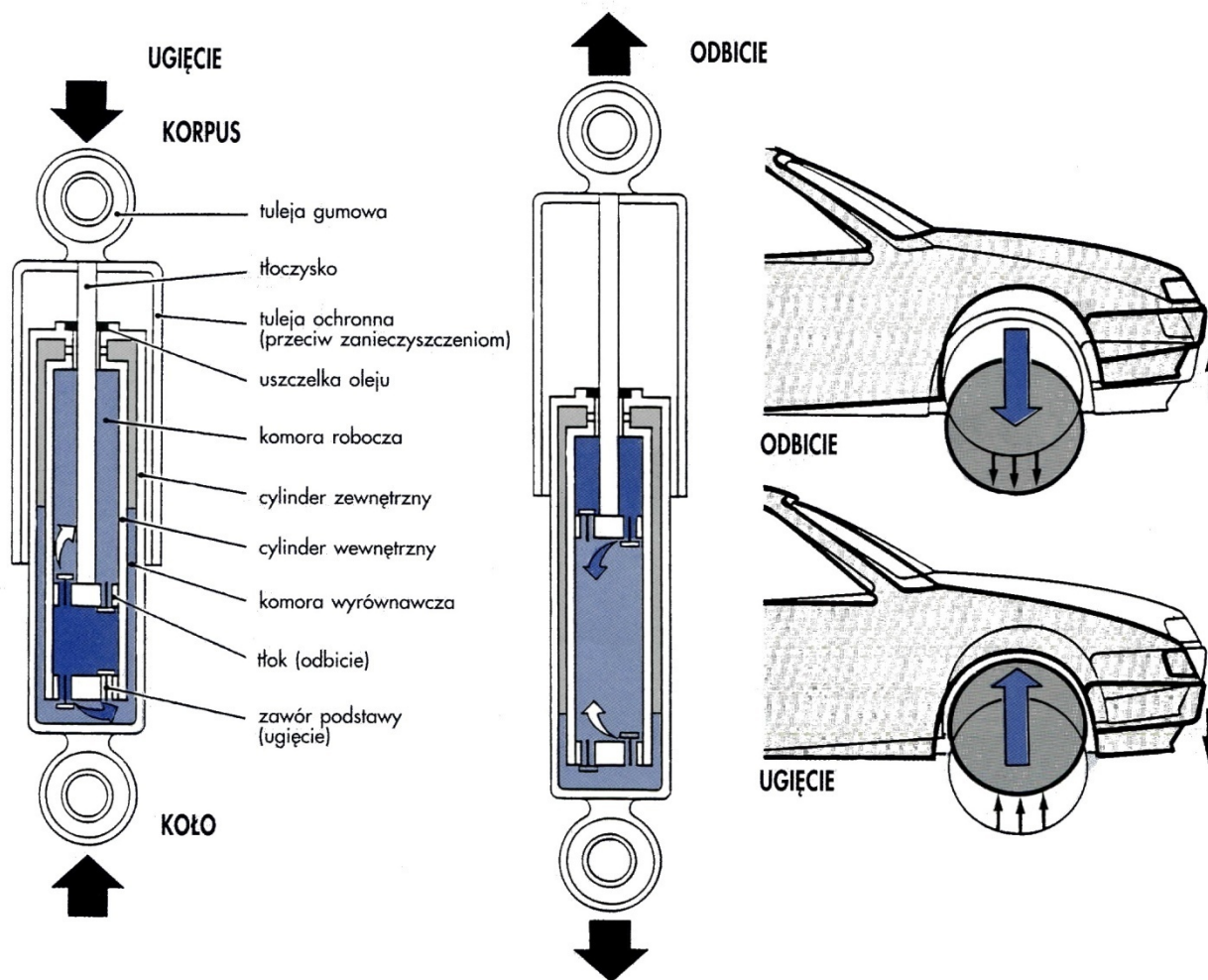
Amortyzatory

Amortyzator – to odrębne konstrukcyjnie urządzenie służące do tłumienia nadmiernych drgań mas resorowanych i nieresorowanych poprzez zamianę energii mechanicznej ruchu drgającego na energię cieplną odprowadzaną do otaczającej atmosfery. Oznacza to, że amortyzator pochłania i rozprasza nadmiar energii obciążeń dynamicznych.

Celem stosowania amortyzatorów jest uzyskanie płynnego ruchu samochodu i wyeliminowanie zjawiska odrywania kół jezdnych od powierzchni drogi, przy zachowaniu maksymalnego komfortu i przyczepności. Zależnie od przeznaczenia zawieszenia jest to zawsze kompromis między komfortem a przyczepnością.



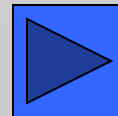
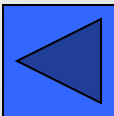
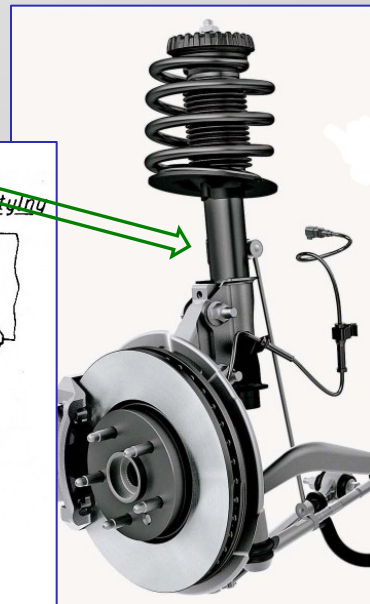
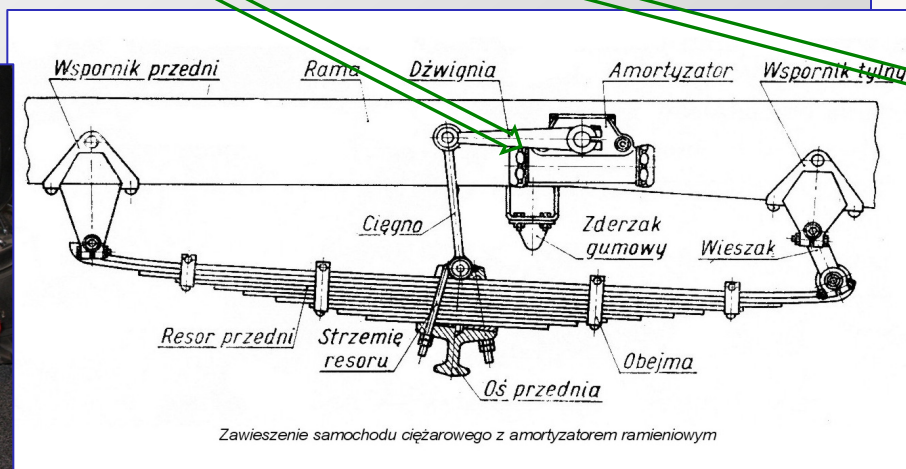
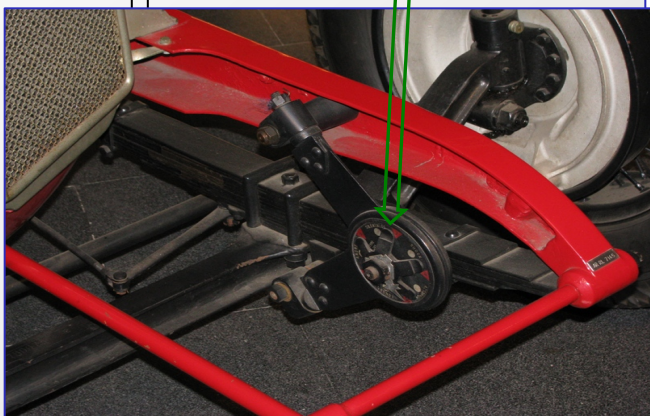
Pojęcie ugięcia i odbicia



Podział amortyzatorów

1. Ze względu na rodzaj konstrukcji

- mechaniczne (cierne) - rozpraszające pochłanianą energię dzięki oporom tarcia mechanicznego
- hydrauliczne - wytracające pochłanianą energię dzięki oporom hydraulicznym przepływającej cieczy
 - teleskopowe
 - dźwigniowe





Podział amortyzatorów

2. Amortyzatory hydrauliczne ze względu na kierunek tłumienia

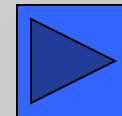
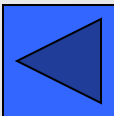
- o tłumieniu jednostronnym
- o tłumieniu dwustronnym
 - symetrycznym
 - asymetrycznym – tłumienie odbicia jest 2 – 5 razy większe niż tłumienie ugięcia

3. Amortyzatory teleskopowe ze względu na budowę

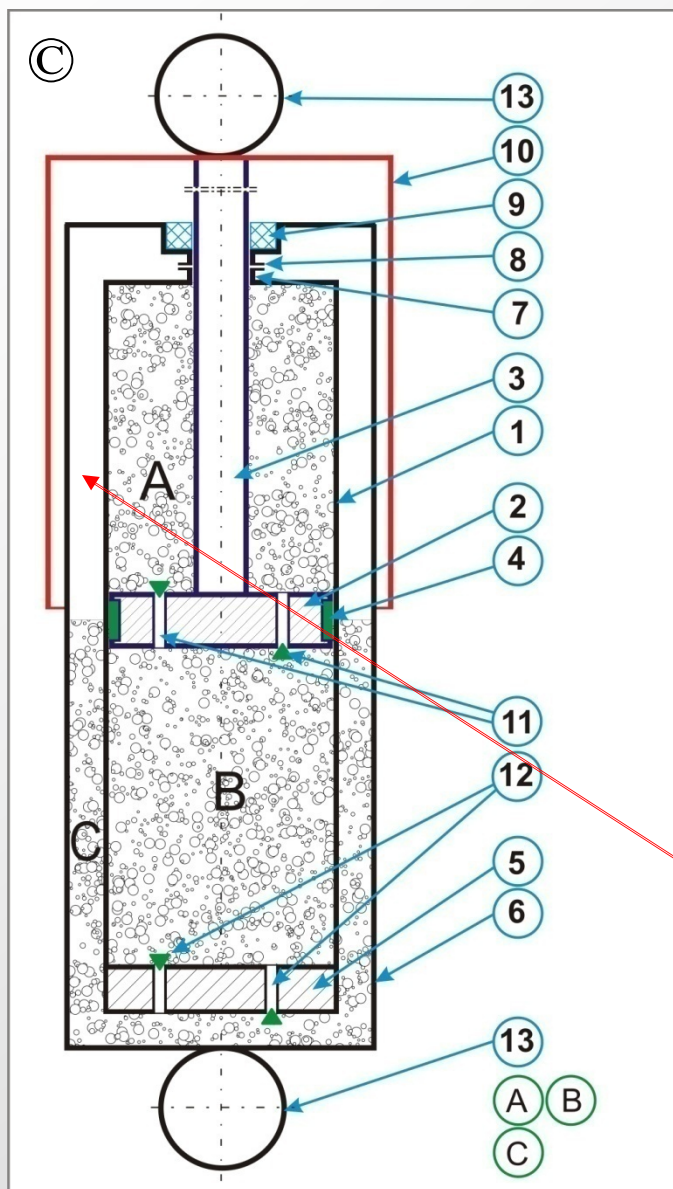
- jednorurowe
- dwururowe
- jedno i dwururowe z poduszką gazu o wstępnym ciśnieniu – gazowe
- o zmiennej charakterystyce działania

4. Amortyzatory teleskopowe ze względu na sposób zamocowania

- ucho – ucho
- ucho – trzon (trzcioń)
- trzon – trzon
- trzon – obejmę (Mc Pherson)
- wkład wymienny - trzon



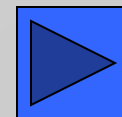
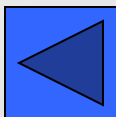
Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy hydrauliczny i gazowy – budowa



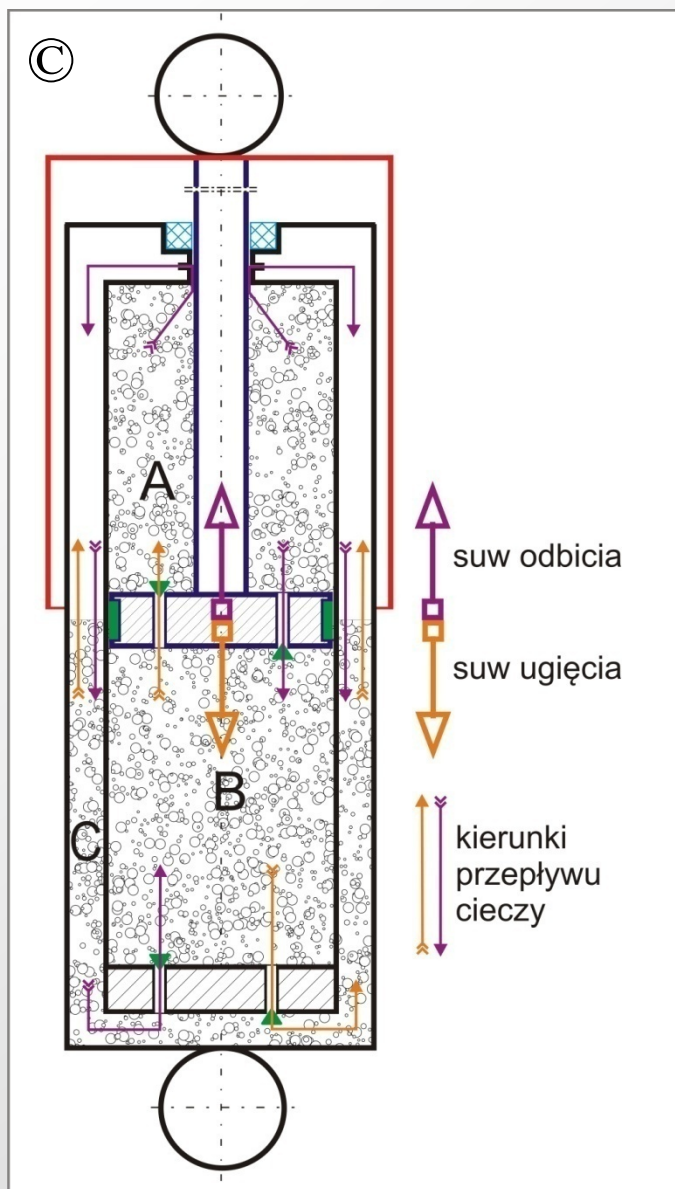
Elementy składowe:

1. Cylinder roboczy
 2. Tłok
 3. Tłoczysko (trzon tłoka)
 4. Uszczelnienie tłoka
 5. Denko cylindra roboczego
 6. Cylinder zewnętrzny (zasobnika cieczy)
 7. Prowadnica tłoczyska
 8. Otwór przepływu cieczy (przecieków)
 9. Uszczelnienie bezciśnieniowe
 10. Osłona zewnętrzna
 11. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi tłoka
 12. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi denka cylindra roboczego
 13. Zamocowanie amortyzatora (przykładowe)
- A, B Komory robocze
 C Zasobnik cieczy

● Azot o ciśnieniu wstępnym $p = 0,2 - 0,5 \text{ MPa}$



Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy hydrauliczny i gazowy – działanie



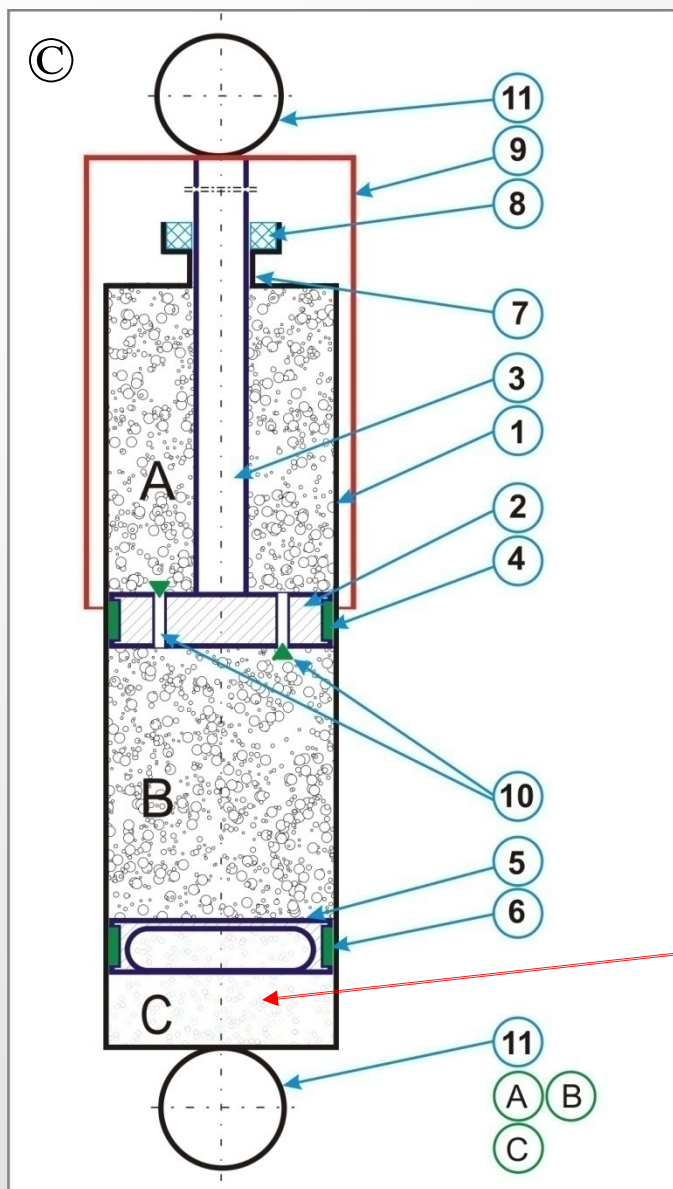
Suw ugięcia:

1. Tłok przesuwa się w kierunku komory B
2. Wzrost ciśnienia w komorze B
3. Tłoczysko wsuwa się do komory A
4. Ciecz przepływa z komory B do komory A
5. Nadmiar cieczy przepływa z komory B do zasobnika cieczy C
6. Ciśnienie azotu w zasobniku C rośnie

Suw odbicia:

1. Tłok przesuwa się w kierunku komory A
2. Wzrost ciśnienia w komorze A
3. Tłoczysko wysuwa się z komory A
4. Ciecz przepływa z komory A do komory B
5. Przecieki z komory A przepływają przez otwory przepływu cieczy w prowadnicy tłoczyska do komory C
6. Nadmiar cieczy przepływa z zasobnika C do komory B
7. Ciśnienie azotu w zasobniku C maleje

Pojazdy – zawieszenie – amortyzator jednorurowy gazowy – budowa

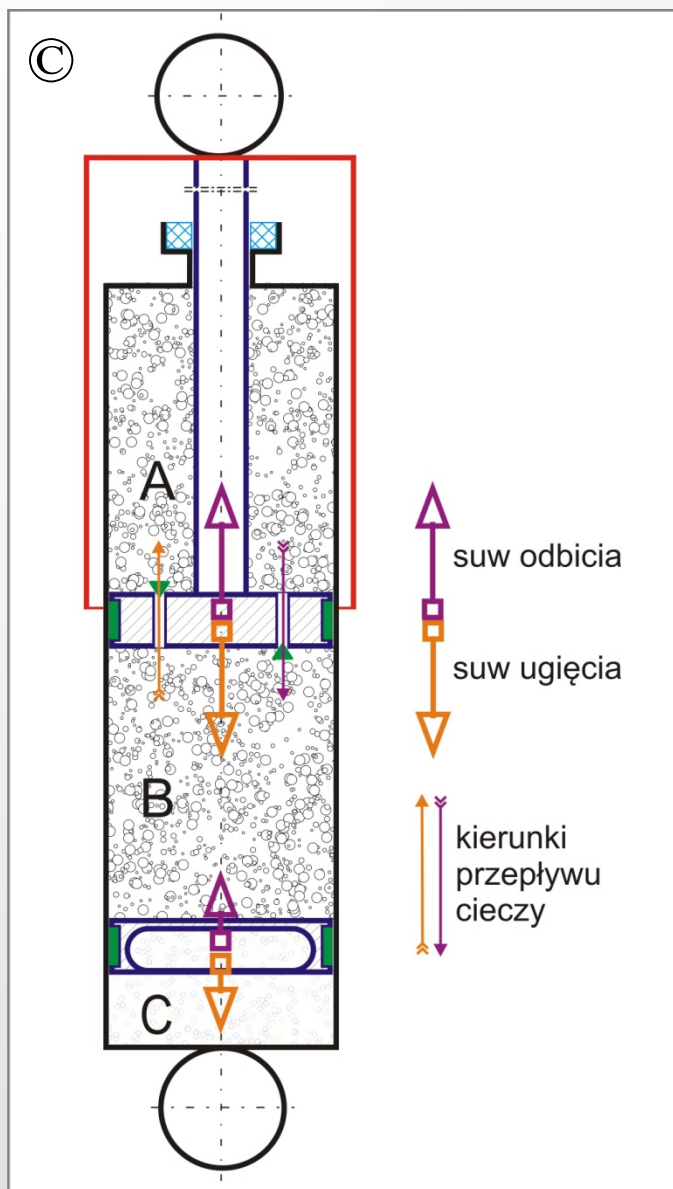


Elementy składowe:

1. Cylinder roboczy
 2. Tłok
 3. Tłoczysko (trzon tłoka)
 4. Uszczelnienie tłoka
 5. Tłok pływający
 6. Uszczelnienie tłoka pływającego
 7. Prowadnica tłoczyska
 8. Uszczelnienie ciśnieniowe
 9. Osłona zewnętrzna
 10. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi tłoka
 11. Zamocowanie amortyzatora (przykładowe)
- A, B Komory robocze
C Zasobnik gazu

• Azot o ciśnieniu wstępnym $p = 2-2,5 \text{ MPa}$

Pojazdy – zawieszenie – amortyzator jednorurowy gazowy – działanie



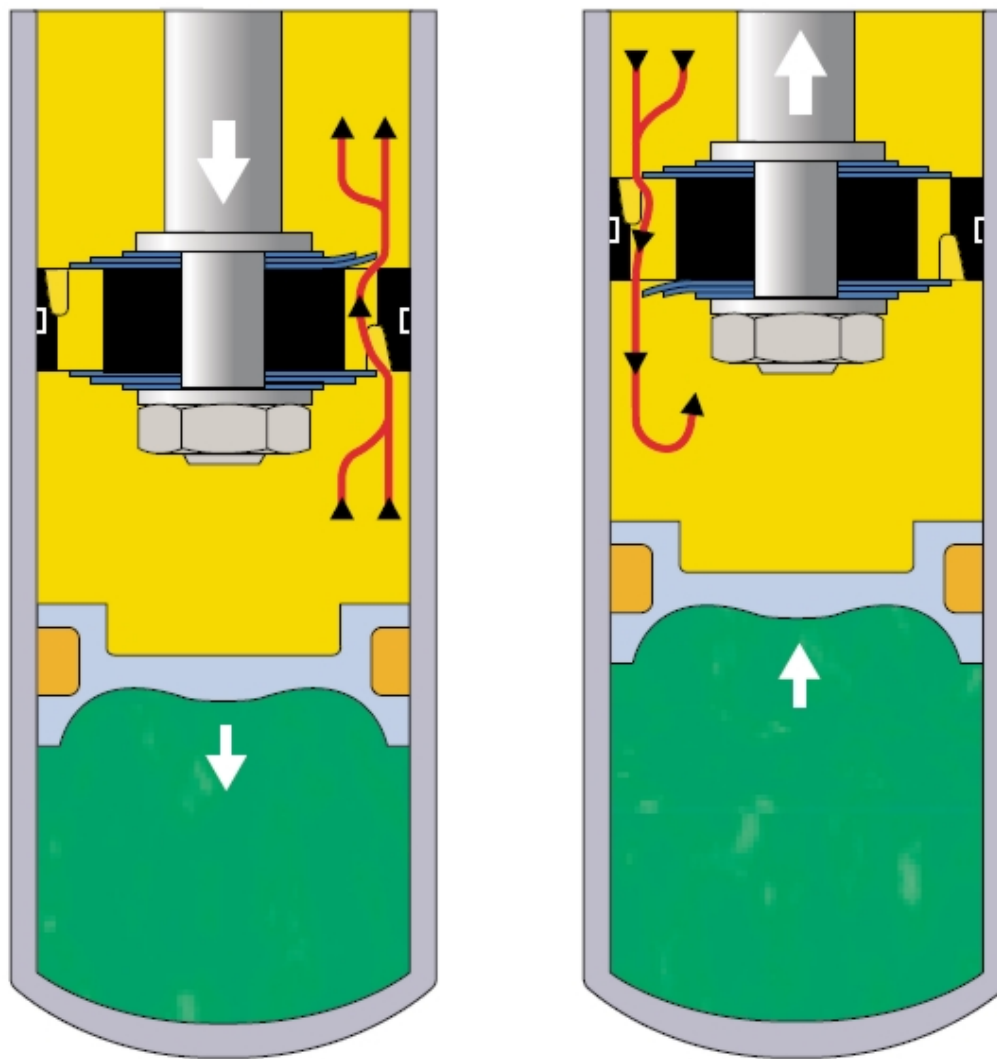
Suw ugięcia:

1. Tłok przesuwa się w kierunku komory **B**
2. Wzrost ciśnienia w komorze **B**
3. Tłoczysko wsuwa się do komory **A**
4. Ciecz przepływa z komory **B** do komory **A**
5. Nadmiar cieczy przesuwa tłok pływający powodując zmianę ciśnienia gazu w komorze **C**
6. Ciśnienie azotu w zasobniku **C** rośnie

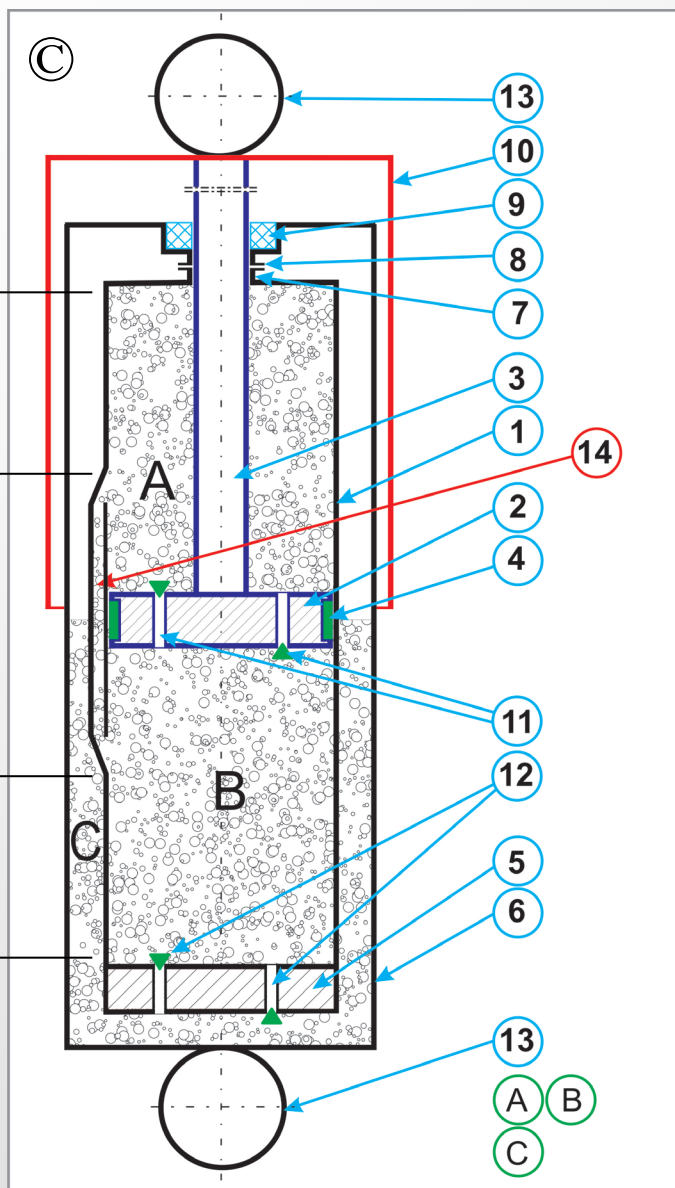
Suw odbicia:

1. Tłok przesuwa się w kierunku komory **A**
2. Wzrost ciśnienia w komorze **A**
3. Tłoczysko wysuwa się z komory **A**
4. Ciecz przepływa z komory **A** do komory **B**
5. Nadmiar cieczy przesuwa tłok pływający powodując zmianę ciśnienia gazu w komorze **C**
6. Ciśnienie azotu w zasobniku **C** maleje

Pojazdy – zawieszenie – amortyzator jednorurowy gazowy – działanie



Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy o zmiennej charakterystyce



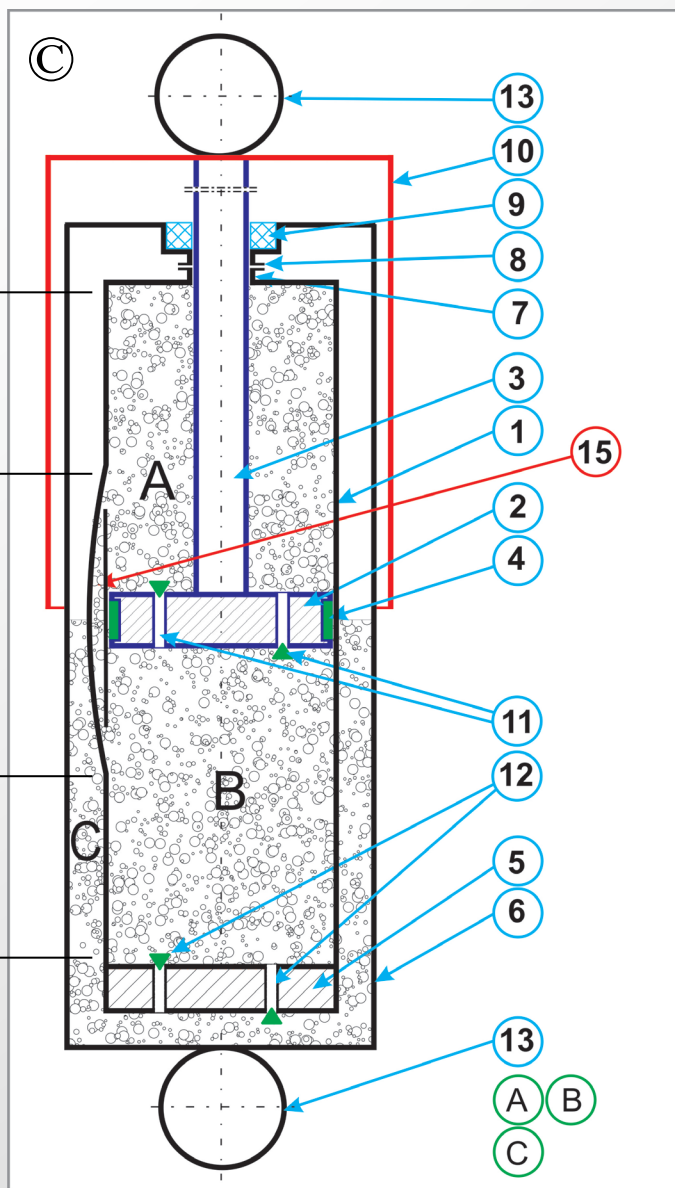
Automatyczna zmiana charakterystyki amortyzatora w wyniku przechyłów i obciążenia pojazdu – Sensa Track (MONROE)

Elementy składowe:

1. Cylinder roboczy
 2. Tłok
 3. Tłoczysko (trzon tłoka)
 4. Uszczelnienie tłoka
 5. Denko cylindra roboczego
 6. Cylinder zewnętrzny (zasobnika ciecży)
 7. Prowadnica tłoczyska
 8. Otwór przepływu ciecży (przecieków)
 9. Uszczelnienie bezciśnieniowe
 10. Osłona zewnętrzna
 11. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi tłoka
 12. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi denka cylindra roboczego
 13. Zamocowanie amortyzatora (przykładowe)
 - 14. Rowek obejściowy PSD**
- A, B Komory robocze
C Zasobnik ciecży



Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy o zmiennej charakterystyce

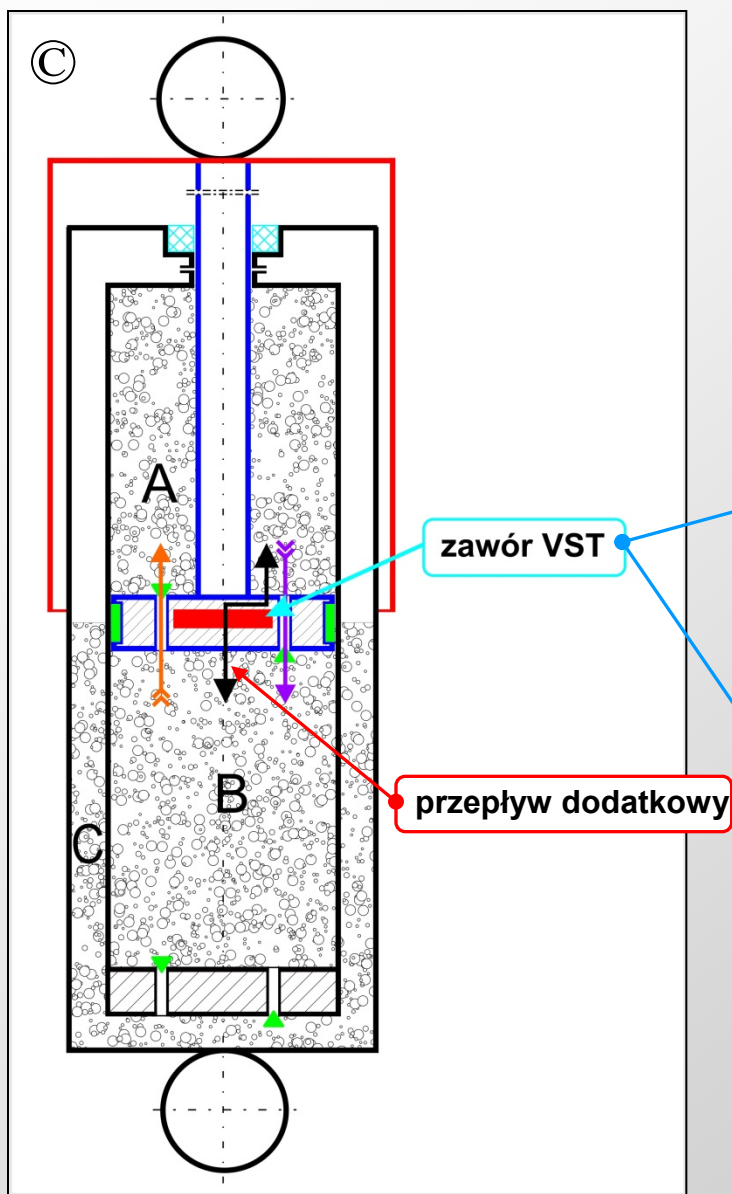


Automatyczna zmiana charakterystyki amortyzatora w wyniku przechyłów i obciążenia pojazdu – Sensa Track Safe Tech (MONROE)

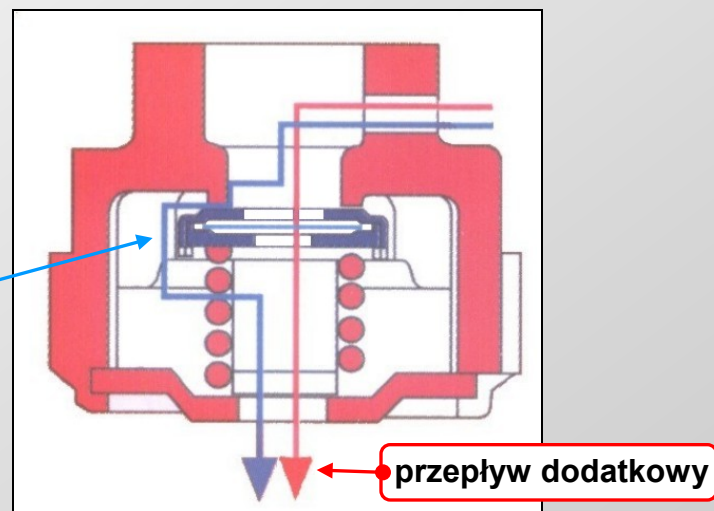
Elementy składowe:

1. Cylinder roboczy
 2. Tłok
 3. Tłoczysko (trzon tłoka)
 4. Uszczelnienie tłoka
 5. Denko cylindra roboczego
 6. Cylinder zewnętrzny (zasobnika ciecży)
 7. Prowadnica tłoczyska
 8. Otwór przepływu ciecży (przecieków)
 9. Uszczelnienie bezciśnieniowe
 10. Osłona zewnętrzna
 11. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi tłoka
 12. Zawory jednokierunkowe z otworami kalibrowanymi denka cylindra roboczego
 13. Zamocowanie amortyzatora (przykładowe)
 15. **Rowek obejściowy PSD w kształcie łuku**
- A, B Komory robocze
C Zasobnik ciecży

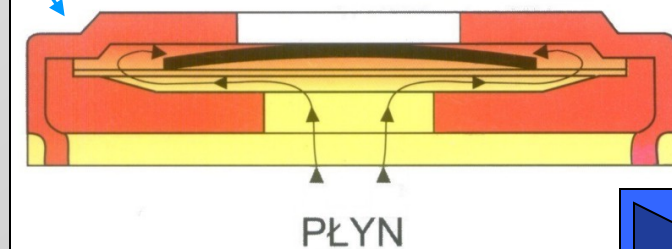
Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy o zmiennej charakterystyce



Automatyczna zmiana charakterystyki amortyzatora w wyniku wzrostu częstotliwości pracy masy nieresorowanej (GABRIEL)

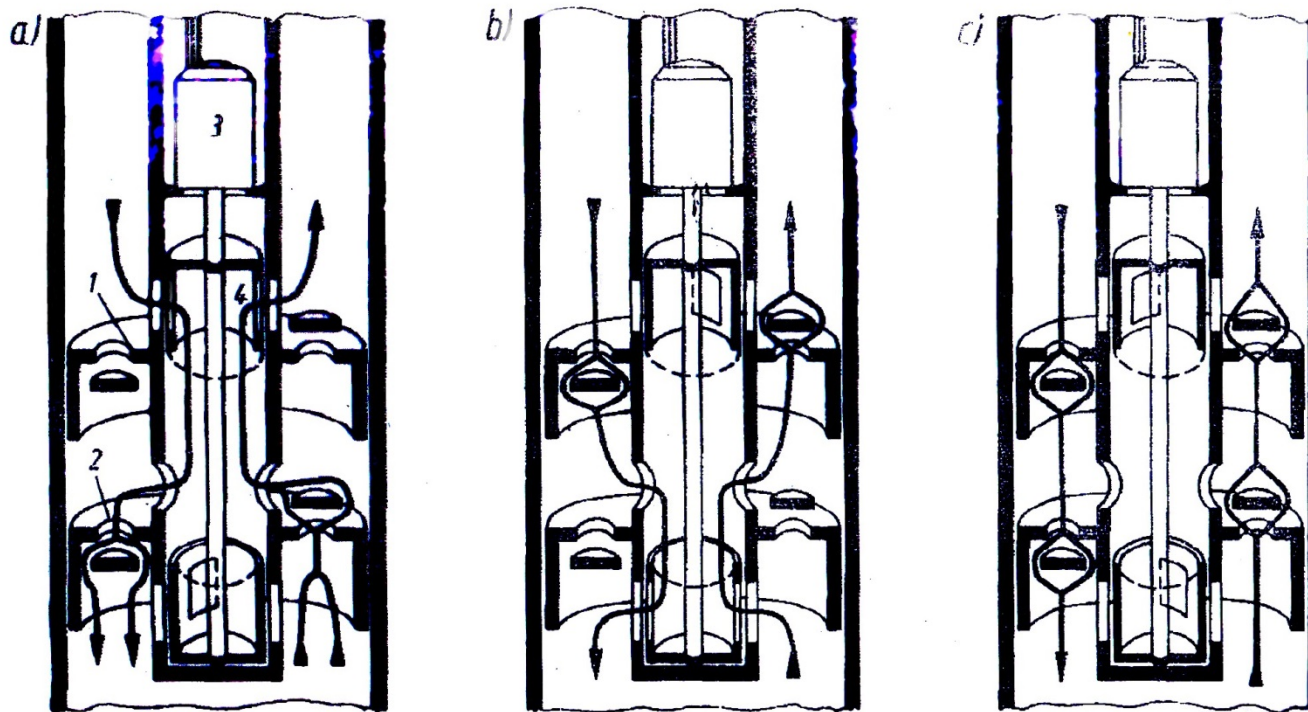


**VST – przeponowo-membranowy zawór
na ekstremalnie ciężkich jezdniach
(przy ściskaniu amortyzatora)**



Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy o zmiennej charakterystyce

**Automatyczna lub ręczna zmiana charakterystyki
amortyzatora w wyniku zmiany parametrów
jazdy (Fischer & Sachs)**



Amortyzator dwutłoczkowy firmy Fichtel & Sachs



Pojazdy – zawieszenie – amortyzator dwururowy o zmiennej charakterystyce

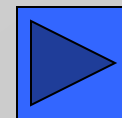
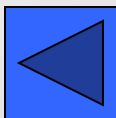
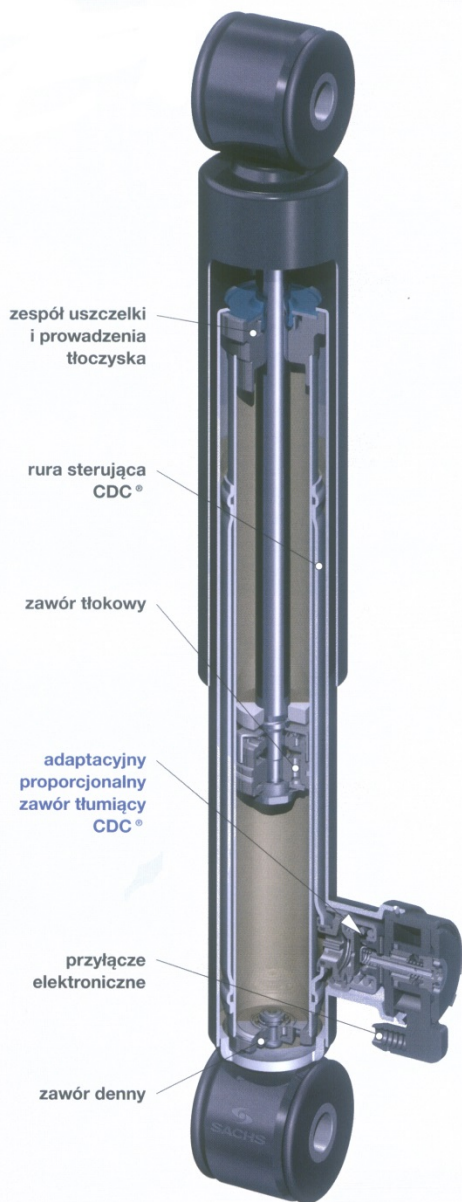
Adaptacyjny układ regulacji Continuous Damping Control CDC® (Sachs)*

Układ CDC wyposażony jest w sterowany elektronicznie proporcjonalny zawór tłumiący. W zależności od pozycji zaworu zwiększa się (miękkie zawieszenie) lub zmniejsza się (twarde zawieszenie) przepustowość oleju. Czujniki nadzorują wszystkie czynniki, jak stan nawierzchni, obciążenie, ruchy pojazdu przy przyspieszaniu, hamowaniu, na zakrętach i podczas manewrów.

Sygnały czujników przetwarzane są w sterowniku, który co dwie milisekundy oblicza wymaganą siłę tłumienia i przekazuje dane do proporcjonalnego zawodu tłumiącego. Zawór ten płynnie i automatycznie dostosowuje siłę tłumienia do aktualnej sytuacji podczas jazdy i rodzaju nawierzchni.

Amortyzatory **CDC®** stosowane są zarówno w samochodach osobowych, jak i użytkowych.

* Wykorzystano materiały szkoleniowe firmy Sachs





Dziękuję za uwagę

Zdjęcia i rysunki opatrzone znakiem © zostały wykonane przez autora opracowania.

Kopiowanie i wykorzystanie bez zgody autora opracowania zastrzeżone.

opracowanie mgr inż. Ireneusz Kulczyk

Zespół Szkół Samochodowych w Bydgoszczy – 2011 – 2012 – 2013 – 2014 – 2015 – 2022

