



Wpływ geometrii zawieszenia kół na zużycie elementów zawieszenia

AUTO-GEO-TEST
mgr inż. Paweł Knapik

SPIS TREŚCI.....	1
WSTĘP.....	3
TEZA.....	4
ZAKRES PRACY.....	5
ROZDZIAŁ I.OPIS BUDOWY UKŁADU ZAWIESZENIA KÓŁ.	6
1.1.Rodzaje zawiesznień kół.....	6
1.2.Metalowe elementy sprężyste	7
1.2.1. Metalowe elementy sprężyste – resor piórowy.....	7
1.2.2. Metalowe elementy sprężyste – sprężyny śrubowe.....	8
1.2.3. Metalowe elementy sprężyste – drążki skrętne.....	9
1.3. Gumowe elementy sprężyste	10
1.4. Elementy tłumiące – amortyzatory.....	12
1.5. Hydropneumatyczne elementy sprężyste.....	15
1.6 Pneumatyczne elementy sprężyste.....	16
1.7.Element prowadzące i łączące.....	17
ROZDZIAŁ II.GEOMETRIA KÓŁ-PODSTAWOWE ZAGADNIENIA.....	22
2.1.Zbieżność zawieszania kół.....	23
2.2.Kąt pochylenia koła.....	24
2.3.Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy.....	26
2.4.Pomiar geometrii kół – czynności przygotowawcze.....	27
2.5.Urządzenia mechaniczne.....	30
2.6.Urządzenia optyczne.....	31
2.7.Urządzenia elektroniczne.....	33
ROZDZIAŁ III. CZĘŚĆ BADAWCZA	35
3.1. Stanowisko pomiarowe do ustawiania geometrii zawieszania kół pojazdu.....	39
3.2. Przyrząd pomiarowy geometrii zawieszania kół wykorzystany w badaniach.....	40
3.3. Dobór punktów kontrolnych zawieszania w pojeździe VW Golf IV.....	42
3.4. Ustawienie geometrii zawieszania kół przednich w pojeździe <i>VW Golf IV</i> zgodnie z zalecanymi parametrami regulacyjnymi.....	44
3.5. Pomiar geometrii zawieszania kół – parametry zgodne z normami, oraz ich wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszania.....	51
3.6. Pomiar geometrii zawieszania kół – zbieżność kół dodatnia, oraz jej wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszania.....	54
3.7. Pomiar geometrii zawieszania kół – zbieżność kół ujemna, oraz jej wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszania	57
3.8. Pomiar geometrii zawieszania kół – kąt pochylenia kół dodatni, oraz jego wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszania.....	60
3.9.Pomiar geometrii zawieszania kół – kąt pochylenia kół ujemny, oraz jego wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszania.....	63

Wnioski	66
Literatura.....	68
Spis rysunków.....	69
Spis tabel.....	72

Wstęp :

Ustawienie kół pojazdu względem jego podwozia nazywamy potocznie "geometrią kół". Dokładna zgodność tego ustawienia z danymi fabrycznymi ma decydujące znaczenie na bezpieczeństwie ruchu drogowego, a także na ekonomię eksploatacji. Pod pojęciem ekonomii eksploatacji mamy na myśli zużycie paliwa, ogumienia oraz układu zawieszenia kół. Stan układu zawieszenia kół ma pierwszorzędny wpływ na bezpieczeństwo jazdy.

Uszkodzony układ zawieszenia może powodować złą geometrię kół, co jest szczególnie niebezpieczne w przypadku kół kierowanych. W dobie rozwoju motoryzacji, pojazdy którymi poruszamy się stają się coraz szybsze i osiągają coraz lepsze przyspieszenia, a co za tym idzie układ zawieszenia kół musi spełniać szereg nowych parametrów i wymogów.

Aby zwiększyć żywotność, takich układów jakim jest zawieszenie kół musimy starać się zapewnić im jak najlepsze warunki eksploatacji. Między innymi stałe ciśnienie w oponie zalecane przez producenta oraz zgodne z tabelą parametry geometrii zawieszenia kół.

TEZA:

Ustawienie geometrii kół ma znaczący wpływ na zużycie układu zawieszenia.

Dla zwiększenia żywotności układu zawieszenia, geometria kół powinna być ustawiona zgodnie z parametrami regulacyjnymi dobieranymi dla danego pojazdu.

W głównej mierze znaczący wpływ na zużycie układu zawieszenia kół odgrywają kąty pochylenia, oraz zbieżność osi przedniej.

Zakres pracy:

Zakres pracy obejmuje opis układów zawieszenia spotykanych w samochodach osobowych, to znaczy: opis budowy zawieszenia, rodzaje zawieszzeń oraz nowoczesne rozwiązania techniczne wykorzystywane przy projektowaniu układu zawieszenia pojazdu. Umieszczono również zdjęcia poszczególnych podzespołów wchodzących w skład tradycyjnego układu zawieszenia.

W kolejnej części umieszczono dokładny opis geometrii kół. Zawarto tam szczegółowy opis kątów regulowanych w zawieszeniu pojazdów osobowych oraz parametry jakie ulegają przestawieniu. Przedstawiono podstawowe typy urządzeń jakimi przeprowadzany jest pomiar oraz opis ich działania.

Część badawczą dokonano na typowym do takich pomiarów stanowisku w warsztacie samochodowym. Do pomiaru geometrii zawieszenia kół wykorzystano VW Golf IV. Pomiar dokonywano w celu uzyskania danych na temat zużycia układu zawieszenia w różnych przypadkach ustawienia geometrii kół. Uzyskane dane wprowadzono do tabeli a uszkodzone części zaprezentowano na zdjęciach.

ROZDZIAŁ I.

OPIS BUDOWY UKŁADU ZAWIESZENIA KÓŁ.

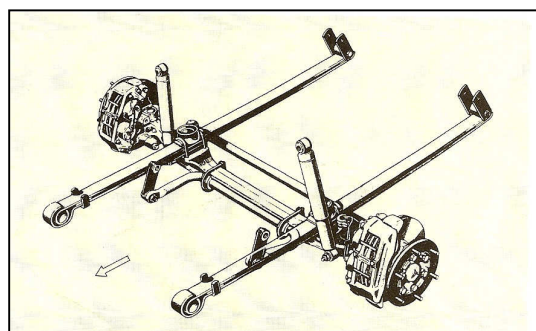
Zawieszeniem samochodu nazywamy zespół elementów sprężystych oraz wiążących je łączników, łączących osie lub poszczególne koła pojazdu z ramą albo wprost z nadwoziem pojazdu. Zadaniem zawieszenia jest łagodzenie wstrząsów wywoływanych nierównościami nawierzchni, po której porusza się pojazd, w celu zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa, oraz komfortu jazdy przewożonym osobom lub ładunkom. Zabezpieczenie przed zbyt silnymi wstrząsami ma także istotny wpływ na trwałość podzespołów z których złożony jest pojazd.^[1]

Połączenie osi lub kół z pozostałymi zespołami za pomocą łączników sprężystych sprawia, że wszystkie masy pojazdu można podzielić na dwie grupy:

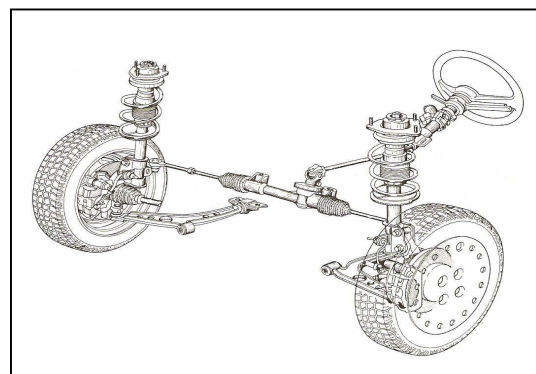
- **masy nieresorowane**, podlegające bezpośrednio działaniu wstrząsów wywołanych nierównościami drogi – są to koła, bębny hamulcowe, osie itp.
- **masy resorowane**, rama, silnik, nadwozie i inne, których ruch jest znacznie bardziej płynny wskutek izolującego działania układu zawieszenia.

1.1. Rodzaje zawiesznień kół.

Pod względem konstrukcyjnym zawieszenia dzielimy na zawieszenia zależne i niezależne. Zawieszenia zależne czyli sztywne to takie, w których oba koła jezdne są osadzone na wspólnej sztywnej osi związanej z ramą lub nadwoziem elementami sprężystymi. Zawieszenia niezależne to takie których każde z kół jest połączone z nadwoziem lub ramą indywidualnie. Zawieszenia zależne są stosowane w większości samochodów ciężarowych, dostawczych oraz w niektórych samochodach osobowych jako zawieszenia tylnych mostów napędowych. Zależne zawieszenia kół kierowanych w samochodach osobowych występują bardzo rzadko. Zaletą zależnego zawieszenia jest prosta konstrukcja, oraz niski koszt produkcji.^[7]



Rys.1. Przykład zawieszenia z belką sztywną (zawieszenie zależne).

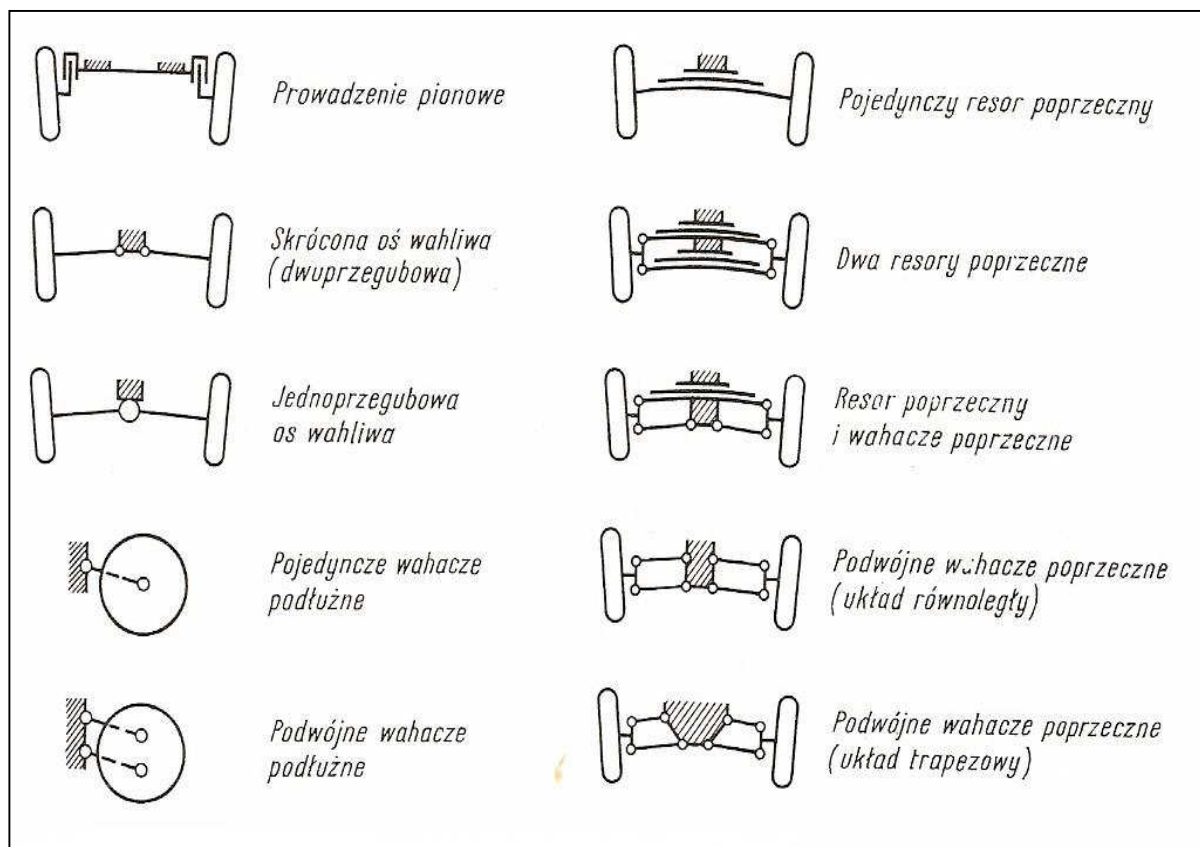


Rys.2. Przykład zawieszenia wahaczowego (zawieszenie niezależne).

Zawieszenia niezależne, bardziej skomplikowane pod względem budowy, mają wiele zalet w porównaniu z zawieszeniami zależnymi, co sprawia że są częściej stosowane w budowie pojazdów zarówno osobowych jak i ciężarowych. Do ich zalet należy: zmniejszenie masy nieresorowanych samochodu, korzystniejsza pod względem stateczności ruchu kinematyka zawieszenia oraz możliwość zastosowania miękkich elementów sprężystych.^[5]

Większość zawieszonych zależnych wykorzystuje jako element sprężysty resor piórowy na którym zamocowana jest oś nośna lub most napędowy, zawieszenie niezależne cechuje znaczna liczba odmiennych konstrukcji różniących się kinematyką ruchu koła.

Na poniższym rysunku zaprezentowano typowe schematy zawieszenia kół.^[1]



Rys.3. Schematy typowych niezależnych zawieszonych kół.

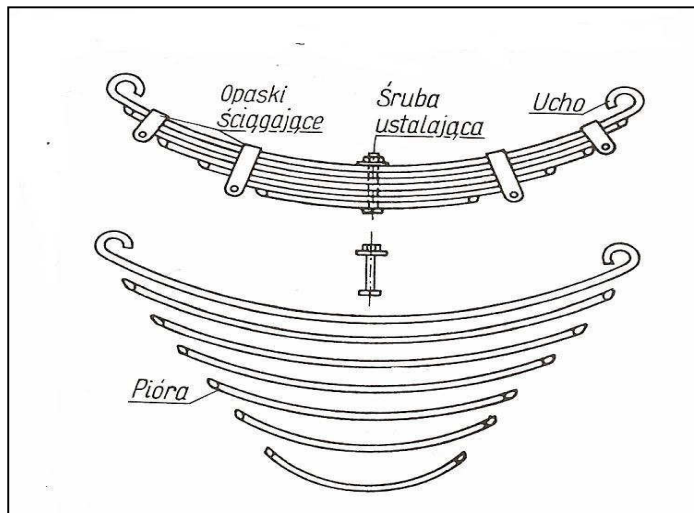
1.2. Metalowe elementy sprężyste.

W zawieszeniach samochodów są stosowane elementy sprężyste metalowe, gumowe, pneumatyczne. W niektórych samochodach stosuje się elementy hydropneumatyczne oraz tzw. hydroelastyczne, w których cieś współpracuje z gumą.^[2]

1.2.1. Metalowe elementy sprężyste – resor piórowy.

Resor piórowy ma postać sprężyny wielopłytkowej utworzonej z płaskowników stalowych, zwanych piórami. Najczęściej są stosowane resory półeliptyczne, umieszczone równoległe do podłużnej osi samochodu, zamocowane przegubowo obydwoioma końcami do ramy lub nadwozia oraz podparte w środku osią nośną lub pochwą mostu napędowego.

Taki sposób resorowania jest stosowany powszechnie w zawieszeniach zależnych. W zawieszeniach niezależnych także spotyka się resory piórowe jednak jego zamocowanie jest zasadniczo inne, zwykle umieszczone są poprzecznie do kierunku jazdy mocowane do nadwozia lub ramy, a końcami do związanych z kołami elementów niezależnego zawieszenia. Poszczególne pióra resoru są wygięte, przy czym promień ich krzywizny jest tym mniejszy, im krótsze jest pióro. Dzięki temu po złożeniu uzyskuje się napięcie wstępne, zabezpieczające przed odstawaniem ich końców przy uginaniu resoru. Pióra ściąga się śrubą przechodzącą przez ich środki i zabezpiecza przed przesuwaniem się w bok specjalnymi opaskami stalowymi.^[7]

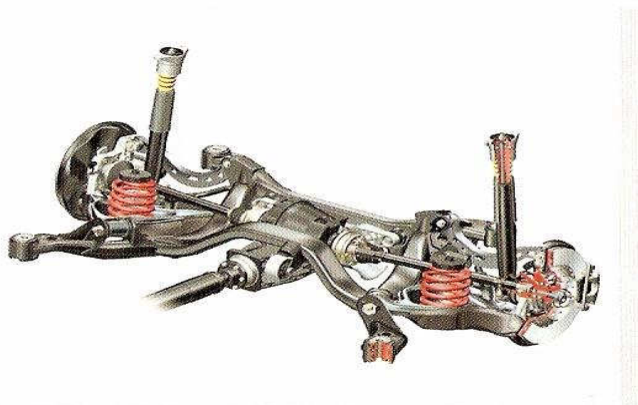


Rys.4. Budowa półeliptycznego resoru piórowego.

1.2.2. Metalowe elementy sprężyste – sprężyny śrubowe.

Sprężyny śrubowe stosowane są w niezależnych zawieszeniach kół samochodu. Sprężyny są lżejsze i łatwiejsze do zastosowania niż resory piórowe mają jednak tę wadę, że nie przenoszą sił bocznych, w związku z tym wymagają stosowania elementów reakcyjnych np. wahaczy. Ich małe wymiary oraz fakt że nie wymagają smarowania jak resory piórowe zdecydowały o tym, że są powszechnie stosowane w nowoczesnych konstrukcjach samochodów osobowych. Wykonuje się je poprzez zwiżanie drutu na gorąco, a następnie poddaje obróbce cieplnej. Końce sprężyn powinny być zeszlifowane lub przynajmniej odkute tak, żeby można je było w sposób pewny osadzić w gniazda.

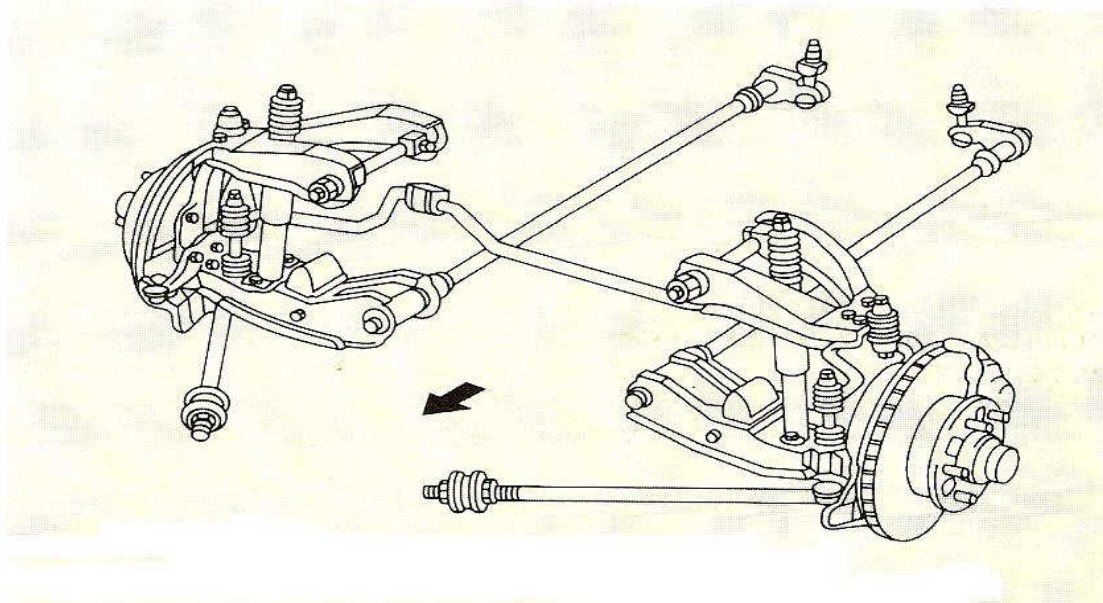
Sprężyny śrubowe mają znacznie mniejsze tłumienie niż resory piórowe, dlatego wymagają stosowania skuteczniejszych, pewnie działających amortyzatorów.^[6]



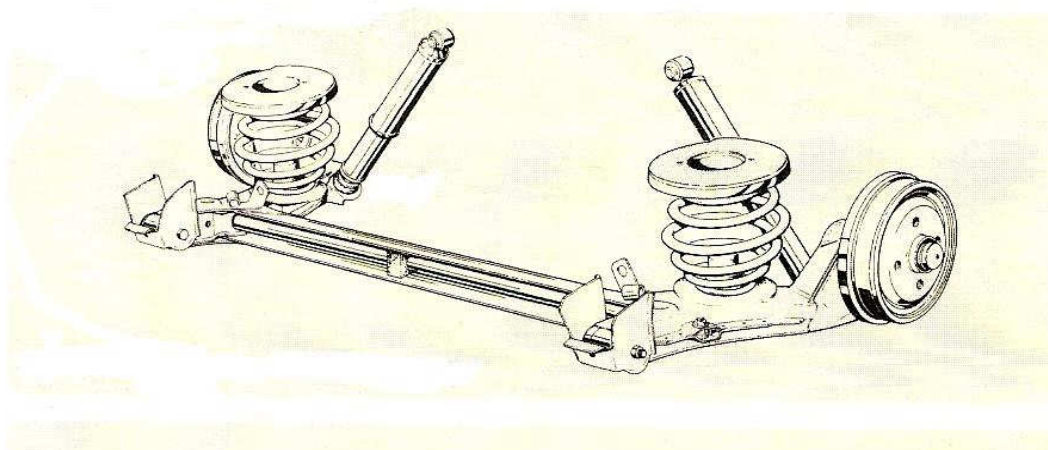
Rys.5. Zawieszenie z zastosowaniem sprężyn śrubowych Audi A6^[12]

1.2.3. Metalowe elementy sprężyste – drążki skrętne.

Drażki skrętne są to elementy sprężyste w postaci pręta, rury lub wiązki płaskowników, których jeden koniec jest unieruchomiony w ramie lub elementach nośnych, a drugi stanowiący oś obrotu wahacza wykonuje ruchy skrętne. Ruchy pionowe koła powodują przemieszczenie kątowny wahacza i skręcenie drążka. Drażki skrętne stosuje się najczęściej w niezależnych zawieszeniach samochodów osobowych, dostawczych, terenowych^[7].



Rys.6. Niezależne zawieszenie przednie z elementami sprężystymi w postaci drążków skrętnych **IVECO DAILY**.



Rys.7. Tylna oś zespolona belką skrętną **RENAULT KANGOO**.

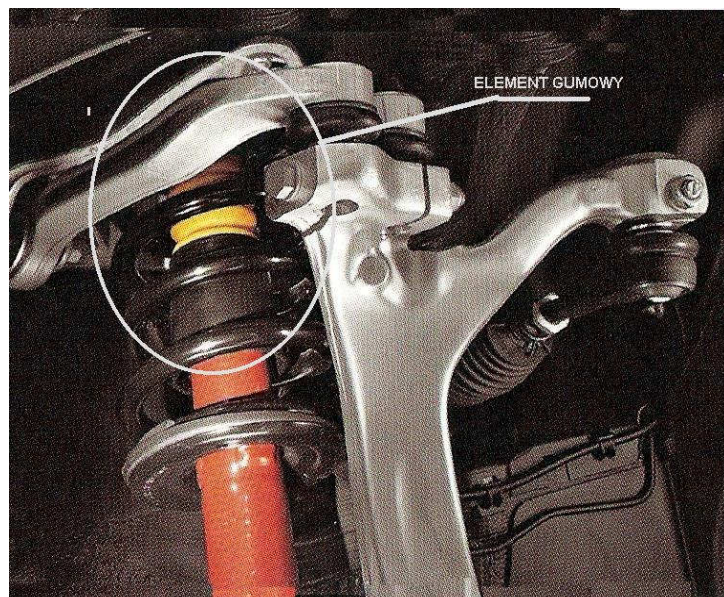
Na rysunku 7 przedstawiono przykładowo przekrój poziomy tylnego zawieszenia samochodu Renault Kangoo 1999r. poj. 1200cm³, w którym podłużne wahacze wleczone są osadzone na poprzecznych drążkach skrętnych. Drażki przechodzą przez całą szerokość samochodu, a ich zamocowanie umożliwia regulację wysokości zawieszenia.

1.3. Gumowe elementy sprężyste.

Gumowe elementy sprężyste są stosowane w zawieszeniach samochodów osobowych jak i ciężarowych jako pomocnicze elementy resorujące i tłumiące. Dzięki właściwości gumi elementy te wykazują wiele zalet w porównaniu ze stalowymi elementami sprężystymi. W pierwszym rzędzie do zalet gumi należą: duża zdolność pochłaniania energii (tłumienie) zaleta ta w szczególności wykorzystywana jest przy wkładach metalowo gumowych wahaczy zawieszenia, duża podatność, odporność na korozję, właściwości wibroizolacyjne. Dużym plusem stosowania gumi w zawieszeniach pojazdów drogowych jest łatwość uzyskiwania skomplikowanych kształtów, a co za tym idzie w prosty sposób możemy wpłynąć na progresję charakterystyki sprężystości. Wadą gumi jest niewielka trwałość elementów oraz skłonność do starzenia z biegiem czasu.

Elementy gumowe stosowane w układach zawieszenia samochodów pracują na ściskanie i ścinanie. Sposób odkształcenia elementu gumowego oraz jego wytrzymałość zależą od kierunku działania obciążenia oraz konstrukcji samego elementu.^[1]

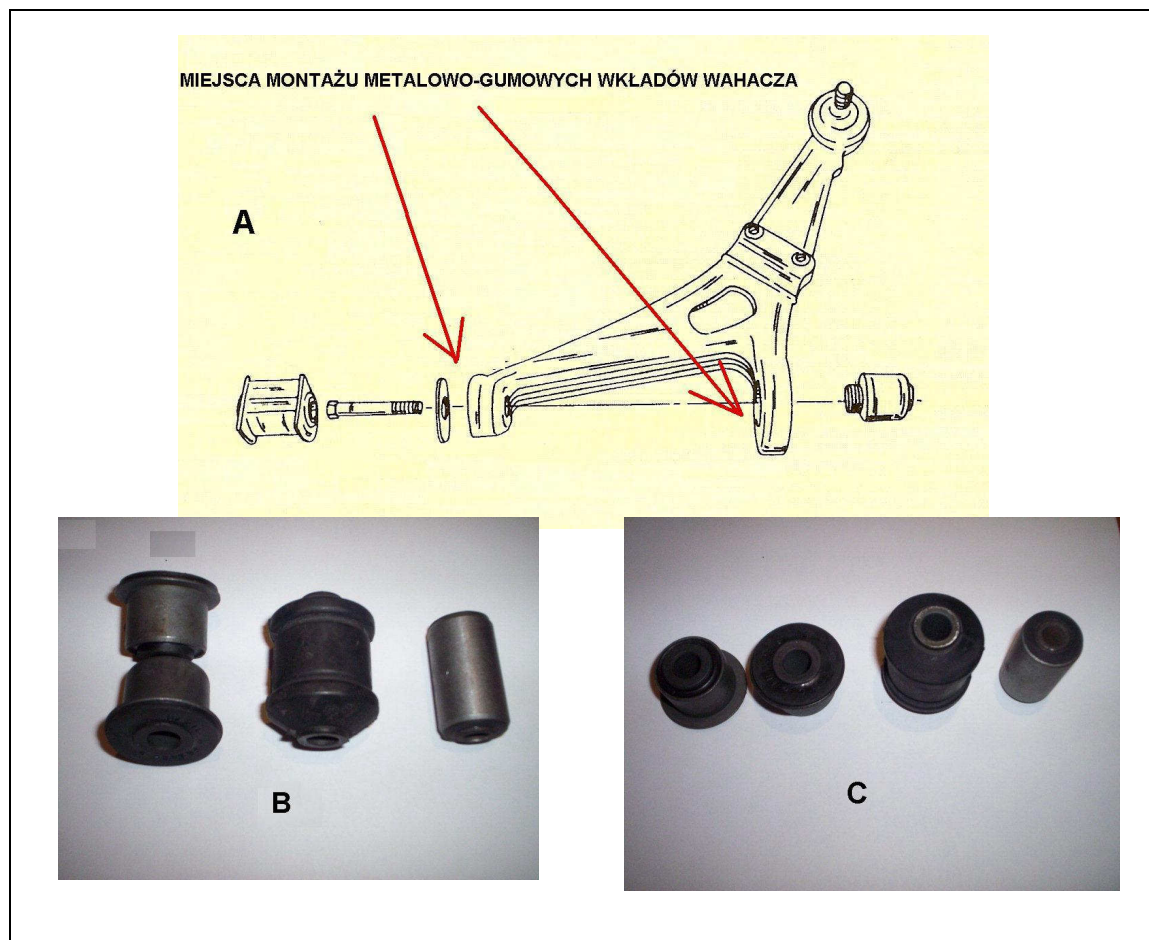
Na poniższych fotografiach przedstawiono przykłady różnych zastosowań elementów gumowych stosowanych w układach zawieszenia kół.



Rys.8. Gumowy odbój amortyzatora AUDI A6.^[14]



Rys.9. Oś AL-KO typu Euro Compact.



Rys.10. Wkłady metalowo gumowe i ich miejsca zamocowania, A- wahacz Fiat Cinqucento miejsca montażu tulei metalowo gumowych, B- przykładowe tuleje gumowe wahacza (Citroen Berlingo, Fiat Brava, Polonez, C- rzut tulei z góry.

Element przedstawiony na **rys.8.** cechuje korzystna charakterystyka sprężystości, przy obciążeniu wzdłuż osi elementu oraz dużą odpornością na wyboczenie. Tego typu elementy stosowane są jako odboje amortyzatorów lub resorów, znajdują zastosowanie również jako resory pomocnicze w zawieszeniach samochodów ciężarowych. Element resorujący przedstawiony na **rys.9.** pracuje w sposób podobny jak drążki skrętne. Sześciokątna oś z oddzielnymi zawieszonymi kołami posiada gumowe drążki skrętne. Jest to specjalna konstrukcja AL-KO opracowana w celu zwiększenia komfortu i bezpieczeństwa jazdy samochodu osobowego. Nadaje się szczególnie do ostrożnego transportowania delikatnych ładunków (przedmioty zabytkowe, urządzenia elektroniczne, materiały niebezpieczne) a także do bezstresowego przewożenia zwierząt (np. przyczepy do przewożenia koni). Trzy gumowe wałki skrętne są zginate między sześciokątną zewnętrzną rurą osi i wewnętrzną rurą trójkątną. Wśród osi z drążkami skrętnymi omawiane rozwiązanie osiąga największy zakres amortyzacji i jednocześnie najlepsze tłumienie własne (drżania amortyzacyjne muszą się jak najszybciej uspokoić). Rysunek **rys.10.** przedstawia miejsca montażu wkładów wahacza (slajd B-C) w pojeździe Fiat Cinqucento. Wkłady wahacza przyjmują różnego rodzaju kształty w zależności od rodzaju konstrukcji zawieszenia. Zadaniem wkładu metalowo-gumowego jest wyeliminowanie sił poprzecznych, wzdłużnych i bocznych działających na wahacz oraz tłumienie drgań powstałych w trakcie ruszania lub hamowania pojazdu.^[6]

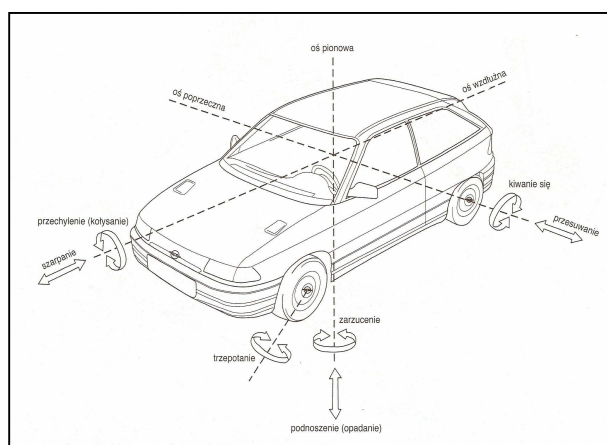
1.4. Elementy tłumiące – amortyzatory.

Nowoczesne samochody są resorowane przy pomocy elastycznych sprężyn śrubowych o bardzo małym tłumieniu wewnętrznym. Szybkie wytłumienie drgań, nieodzowne dla zapewnienia komfortu i bezpieczeństwa jazdy, zapewniają amortyzatory.^[9]

Amortyzatory mają dwa podstawowe zadania:

- **Zmniejszać drgania mas resorowanych, czyli nadwozia, spowodowane nierównościami jezdni.**
- **Tłumić lub nawet uniemożliwiać drgania mas nieresorowanych, czyli kół i osi, zapewniając dzięki temu optymalny kontakt kół z jezdnią.**

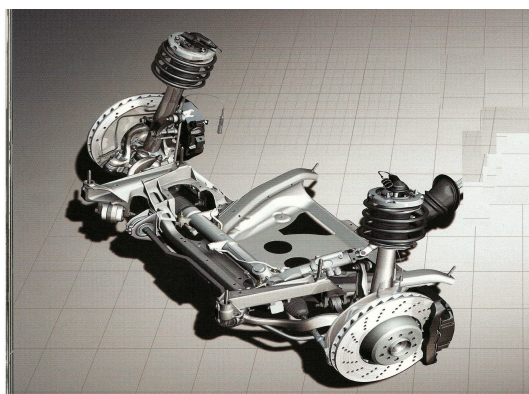
Dodatkowym zadaniem amortyzatorów jest tłumienie kiwania się i kołysania pojazdu a tym samym stabilizowania jego ruchu.



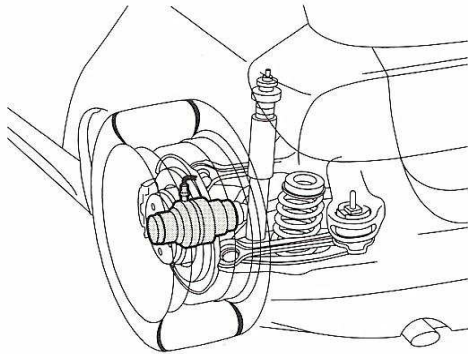
Rys.11. Na rysunku przedstawiono typy ruchów nadwozia.

Do najczęściej spotykanych amortyzatorów należą amortyzatory hydrauliczne. Hydrauliczny amortyzator teleskopowy, wykonany w różnych odmianach konstrukcyjnych, utrzymał się na rynku motoryzacyjnym do dziś. Poszczególne typy były systematycznie ulepszone – ostatnio również z zastosowaniem elektroniki.^[10]

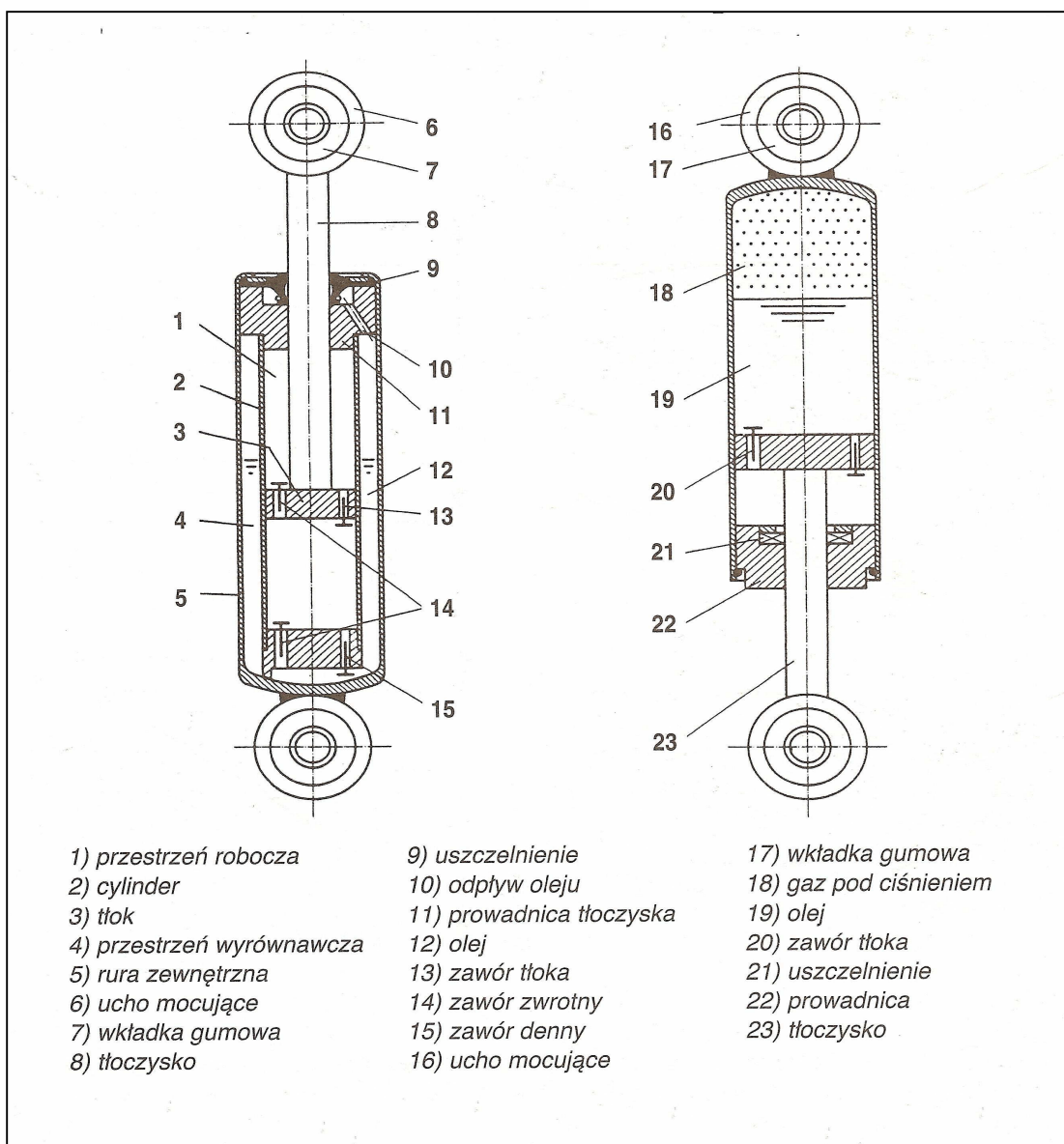
Hydrauliczny amortyzator teleskopowy jest przymocowany górną częścią do nadwozia, a u dołu do wahacza lub osi pojazdu. Budowa i kierunek działania siły powodują, że siły tłumienia są przekazywane bezpośrednio do punktów zamocowania. Siła tłumienia amortyzatora zależy w pierwszej kolejności od doboru zaworów. Zawory są tak zaprojektowane, aby siła tłumienia przy rozciąganiu była większa niż przy ściskaniu. W amortyzatorze tym siła tłumienia rośnie wraz z szybkością ruchu tłoka według pewnej krzywej. O jej przebiegu decydują zawory i w praktyce można uzyskać charakterystykę tłumienia dostosowaną do każdego zastosowania.



Rys.12. Połączone w kolumnę resorującą sprężyny śrubowe i amortyzator przedniej osi **BMW M5**.^[12]

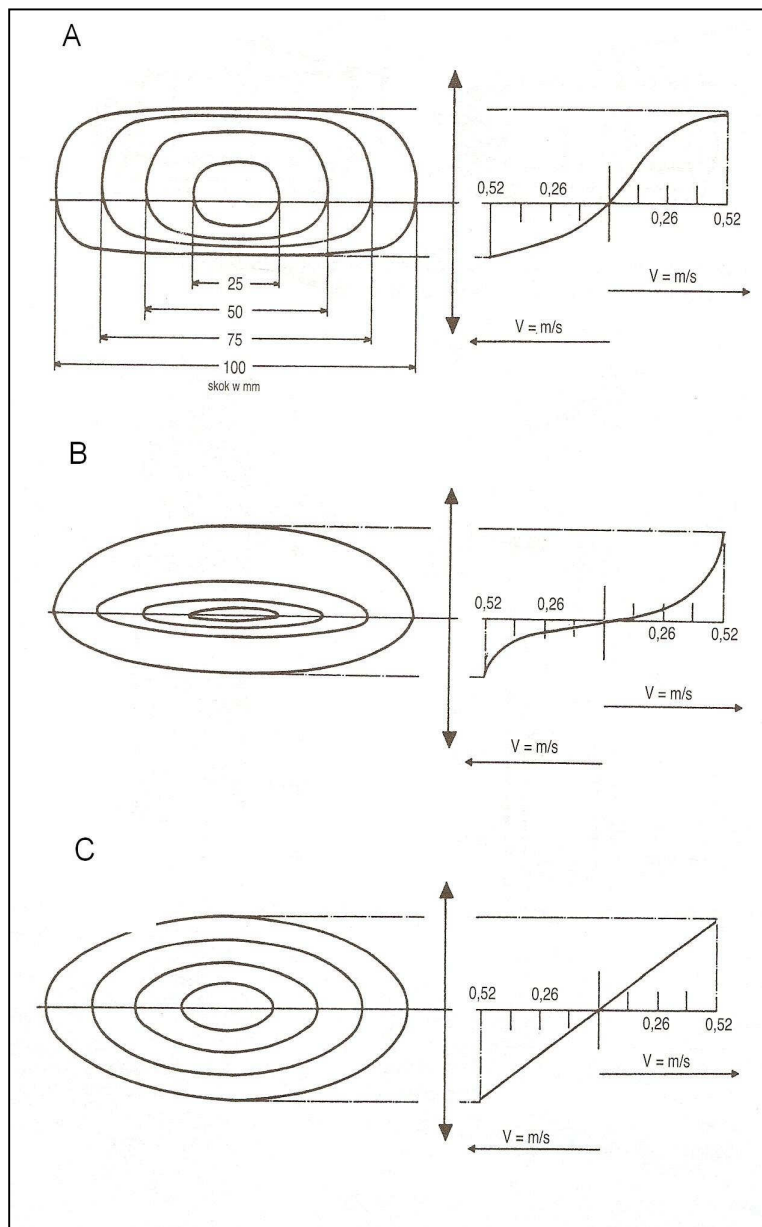


Rys.13. Oddzielnie zamocowana sprężyna śrubowa i amortyzator teleskopowy tylnej osi BMW 1er. ^[11]



Rys.14. Schemat budowy amortyzatorów teleskopowych z lewej – amortyzator dwururowy, z prawej – amortyzator gazowy jednorurowy.

Amortyzator o charakterystyce degresywnej (opadającej) zapewnia stosunkowo dużą siłę tłumienia przy niewielkiej szybkości tłoka. Wskutek tego zawieszenie pojazdu staje się twardsze i na drobne nierówności jezdni nie reaguje. Amortyzatory o charakterystyce progresywnej (stopniowo zwiększającej się) w obszarze zerowym prawie nie tłumi. Wraz ze wzrostem szybkości i skoku tłoka siła tłumienia narasta progresywnie. Zawieszenie staje się twarde. Pierwsze amortyzatory hydrauliczne miały z reguły charakterystykę progresywną. Obecnie amortyzatory o takiej charakterystyce montowane są głównie w pojazdach terenowych. Kompromis pomiędzy opisanymi wyżej charakterystykami wprowadził amortyzator o charakterystyce liniowej – równomiernej tzn. siła tłumienia rośnie liniowo wraz ze wzrostem szybkości tłoka. Amortyzatory tego typu znalazły zastosowanie w pojazdach sportowych oraz wyścigowych. W praktyce często stosowane są systemy mieszane, powodujące że np. przy rozciąganiu charakterystyka jest degresywna a przy ściskaniu progresywna. Do sporządzenia wykresów siła – droga i siła – prędkość służą specjalne urządzenia, w których amortyzator jest ściskany i rozciągany przy pomocy odpowiedniego napędu – przy równoczesnym zapisywaniu siły tłumienia w zależności od drogi lub prędkości. Różne szybkości uzyskuje się przez zmianę skoku przy stałych obrotach lub przez zmianę obrotów przy stałym skoku – odpowiednio do budowy urządzenia. [9]



Rys.15. Wykresy siła droga i siła prędkość trzech hydraulicznych amortyzatorów teleskopowych [9]
A – amortyzator o charakterystyce degresywnej,
B – amortyzator o charakterystyce progresywnej,
C – amortyzator o charakterystyce liniowej,

1.5. Hydropneumatyczne elementy sprężyste.

Rozwiązania hydropneumatyczne znane są od połowy lat pięćdziesiątych z większych samochodów osobowych francuskiej firmy Citroen. W modelu DS. 19 cała zastosowana automatyka sprowadzała się do mechanicznego układu utrzymującego prześwit podwozia na poziomie ustawionym wcześniej ręcznie przez kierowcę. Kolejnym etapem rozwoju tego rozwiązania było pojawienie się systemów samoczynnie stabilizujących poziomą pozycję pojazdu podczas pokonywania z dużą prędkością zakrętów, ostrego hamowania i energicznego przyspieszania. W obecnej generacji zawieszonych aktywnych za całą regulację, ustawienia parametrów odpowiedzialność ponosi mikroprocesorowy układ elektroniczny. W samochodach osobowych oprócz Citroena układy te stosuje i udoskonala Mercedes we współpracy z firmą Sachs. W wyżej wymienionych markach pojazdów stosuje się rozwiązania hydropneumatyczne, określane dziś angielskim skrótem ABC (active body control) lub francuskim BHI (block hydroelectronique integrale). Sprężony gaz jakim jest azot wypełniający jedną z komór tzw. akumulatora ciśnienia przejmuje w nich siły z poszczególnych zawieszonych za pośrednictwem płynu hydraulicznego. Ciśnienie w układzie wytwarzane i regulowane jest elektrycznie napędzaną pompą hydrauliczną oraz elektrozaworami. Pozwala to na znaczną redukcję gabarytów i masy całego układu w stosunku do rozwiązań typowo pneumatycznych ze sprężarkom i zbiornikami sprężonego powietrza.

Sterowanie przepływem płynu między akumulatorami ciśnienia a tłokowymi elementami resorująco-amortyzującymi przy poszczególnych kołach prowadzone jest przez jednostkę mikroprocesorową na podstawie aktualnych sygnałów odbieranych z czujników: wysokości prześwitu, przyspieszeń pionowych, bocznych i wzdłużnych, prędkości jazdy, kąta skrętu kół kierowanych a także ciśnienia w sekcjach układu hamulcowego. Elektroniczne przetwarzanie sygnałów i elektroniczna obróbka impulsów sterujących pozwalają dzięki oprogramowaniu stosować rozmaite charakterystyki pracy, zarejestrowane w pamięci jednostki. Ich dobór może następować poprzez konkretne warunki jazdy w wyniku poleceń wydawanych przez kierowcę:

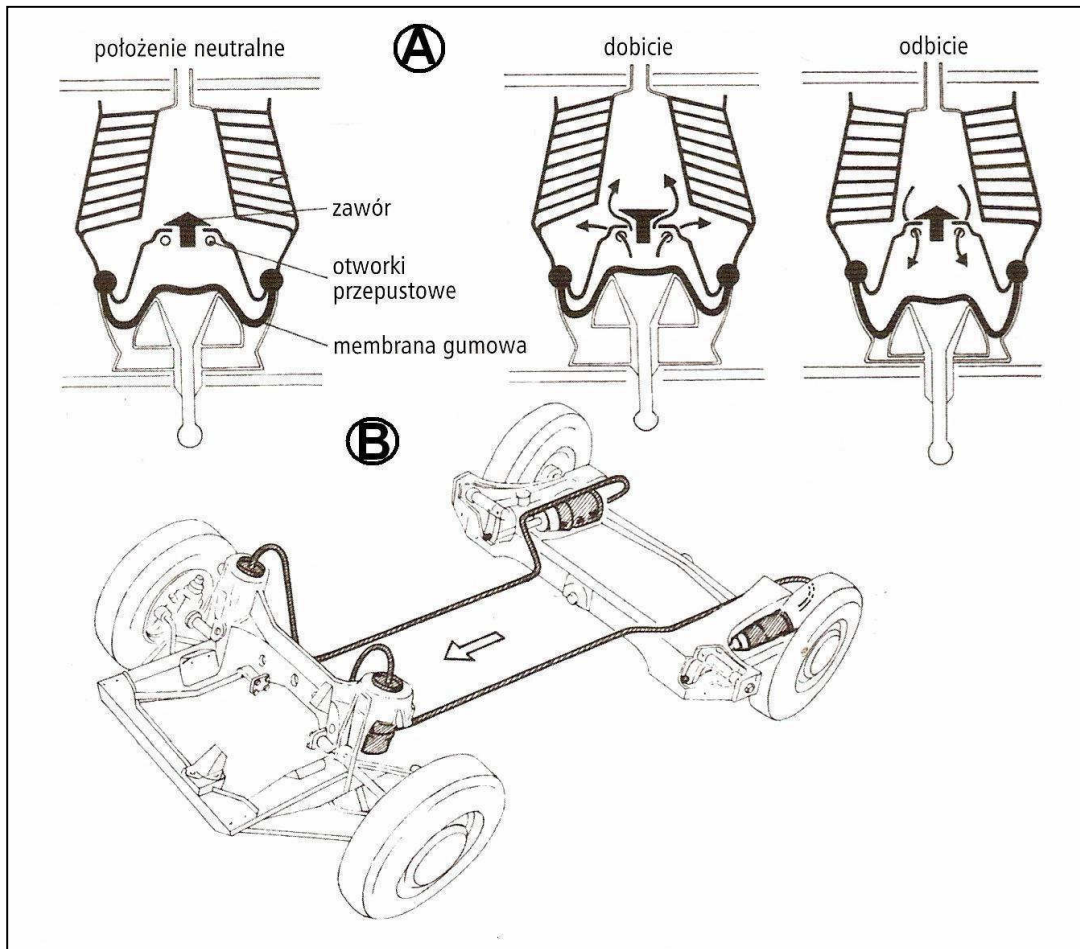
- jazda sportowa,
- jazda komfortowa,
- jazda z wysokim prześwitem,

Dobór również może nastąpić samoczynnie przez rozpoznanie typowych konfiguracji sygnałów otrzymywanych z czujników.

Samoczynnie z reguły działają funkcje:

- utrzymania stałej wielkości prześwitu na wybranym poziomie
- zmniejszania prześwitu wraz ze wzrostem prędkości jazdy i gładkości nawierzchni
- stabilizacji poprzecznej pojazdu w trakcie pokonywania zakrętów i nierówności nawierzchni
- stabilizacji wzdłużnej podczas intensywnego hamowania lub przyspieszania.

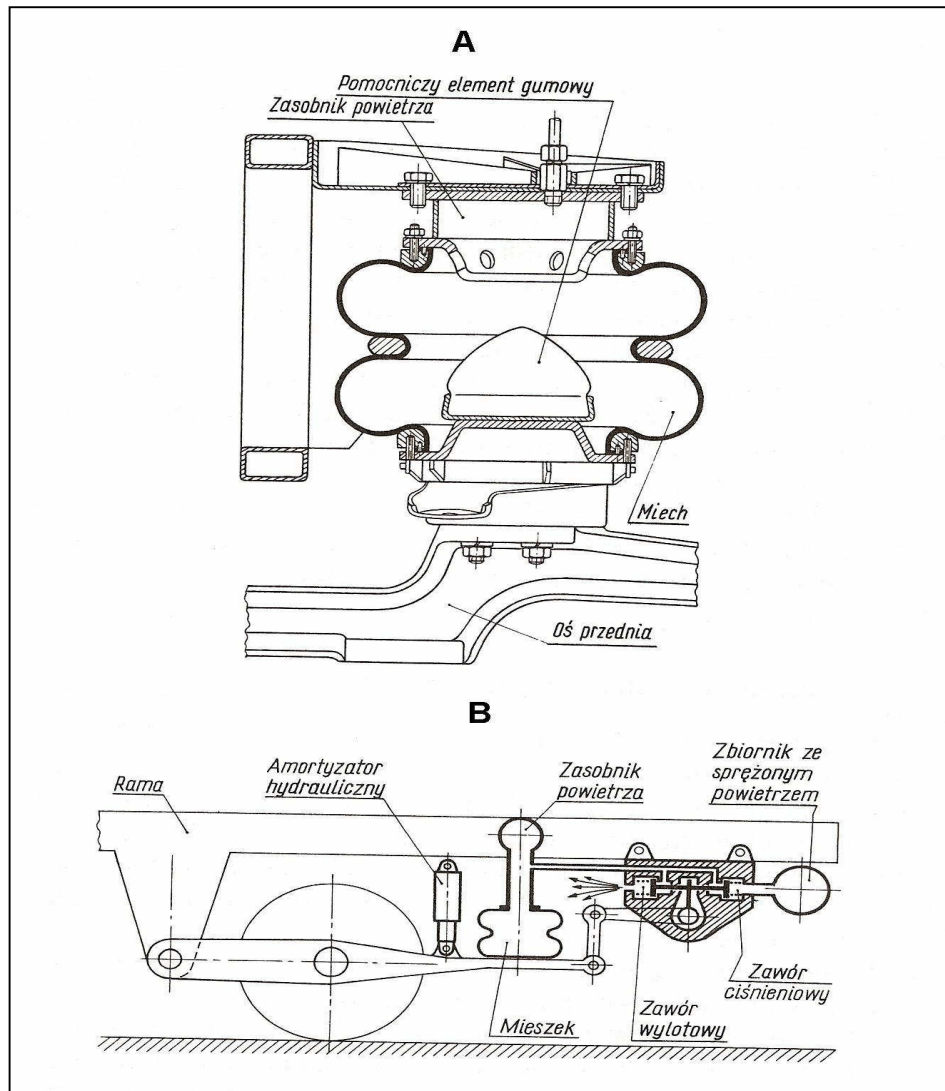
Przykładem takiego rozwiązania jest Citroën Xantia Activa system aktywnej stabilizacji zawieszonych zwany w skrócie ASF. Wykorzystuje on hydropneumatyczne elementy resorujące do zapobiegania przechyłom bocznym nadwozia podczas pokonywania ostrych zakrętów i samoczynnego dostosowania charakterystyki zawieszonych do aktualnego obciążenia pojazdu. Koła osadzone są na wahaczach, których ruchy przenoszą się na tłoki cylindrów hydraulicznych połączonych za zbiornikiem ciśnieniowym wypełnionym w górnej swej części azotem. Automatyczne sterowanie objętością cieczy dostarczonej do poszczególnych zbiorników może zapewnić niezmiennie położenie pojazdu w czasie postoju i podczas jazdy, a także zmianę charakterystyki zawieszonych z „miękkiej” na „twardą” (lub odwrotnie) w czasie krótszym niż 0,05s. ^[1]



Rys.16. Zawieszenie hydroelastyczne. A - działanie elementu, B – zastosowanie w pojeździe czterokołowym.

1.6. Pneumatyczne elementy sprężyste.

Pneumatyczne elementy sprężyste najpowszechniej stosowane są w zawieszeniach autobusów oraz samochodów ciężarowych. Coraz częściej znajdują zastosowanie w samochodach dostawczych i dużych luksusowych samochodach osobowych. Pneumatyczne elementy sprężyste mają kształt mieszków gumowych dwu lub trzy fałdowych, wykonanych z gumy syntetycznej zbrojonej plecionką kordową i zakończonych kołnierzem z zawulkanizowanym pierścieniem z drutu stalowego. Zasadniczą zaletą tego typu rozwiązania jest możliwość regulacji charakterystyki poprzez korygowanie ciśnienia powietrza w mieszku. Korekcja jest dokonywana samoczynnie, dzięki zastosowaniu specjalnego zaworu, połączonego ze zbiornikiem sprężonego powietrza. Zawór taki reagując na przemieszczenia względem osi i ramy, umożliwia zachowanie stałej statycznej strzałki ugięcia mieszka niezależnie od obciążenia samochodu. Zawieszenia pneumatyczne zapewniają wysoki komfort jazdy, a także umożliwiają zmianę prześwitu pojazdu przez zmianę ciśnienia w mieszkach. Wadą tego typu rozwiązań jest wysoki koszt instalacji oraz konieczność dokonywania obsługi okresowej, usuwania skroplin, regulacji zaworów elektromagnetycznych. Poza tym pneumatyczne elementy sprężyste przenoszą tylko obciążenia pionowe, co powoduje stosowanie pomocniczych elementów prowadzących typu drążki reakcyjne, wahacze w celu utrzymania kół we właściwym położeniu.^[9]



Rys.17. Pneumatyczne elementy zawieszenia kół.
 A - budowa dwufałdowego mieszka z zasobnikiem powietrza,
 B - schemat działania mieszka.

1.7. Element prowadzące i łączące.

Zadaniem tych części zawieszenia jest nie tylko utrzymanie elementów sprężystych w położeniach zgodnych z kierunkami działających sił statycznych i dynamicznych, lecz także samodzielne przenoszenie sił reakcji między powierzchnią drogi a bryłą pojazdu. Chodzi tu głównie o siły związane z przeniesieniem napędu, hamowaniem kół, działaniem układu kierowniczego i stabilizacją pozycji nadwozia podczas ruchu po krzywiznach drogi. Z tych powodów łączniki zawieszeń muszą się odznaczać określoną wytrzymałością mechaniczną, ukierunkowaną stosownie do występujących sił i towarzyszących im reakcji. Muszą także tworzyć układy kinematyczne modyfikujące ich kierunki i momenty. Dlatego konstrukcja elementów prowadzących i łączących związana jest bezpośrednio z funkcją spełnianą przez nie w pojeździe.^[7]

Do najczęściej stosowanych w samochodach rozwiązań konstrukcyjnych tych elementów należą:

- **resory piórowe** wzdłużne i poprzeczne wraz z systemami ich sztywnych i ruchomych mocowań;
- **wahacze wzdłużne** (wleczone lub pchane), o osi obrotu prostopadłej do płaszczyzny osi symetrii pojazdu w klasycznej swej postaci znajdują zastosowanie wyłącznie w pojazdach jednośladowych, ponieważ nie nadają się do przenoszenia sił poprzecznych względem płaszczyzny ich obrotu;
- **wahacze poprzeczne** o osi obrotu równoległej do podłużnej osi symetrii pojazdu – dla dobrego przenoszenia sił wzdłużnych (napędu i hamowania) muszą przybierać kształt masywnych trójkątów o stosunkowo szerokich podstawach. Zależnie od chwilowego obciążenia zmieniają kąt pochylenia (wahacz pojedynczy) lub rozstaw kół danej osi (wahacz podwójny lub pojedynczy, współpracujący z poprzecznym resorem piórowym);
- **wahacze skośne** z osią obrotu o położeniu pośrednim między poprzecznym a wzdłużnym – stosowane są w tylnych osiach tanich samochodów jako rozwiązania kompromisowe
- **podatne osie zespolone** stosowane jako zawieszenia nie napędzanych kół tylnych nowoczesnych samochodów osobowych i dostawczych;



Rys.18. Wahacz wleczony tylni
Kawasaki.



Rys.19. Wahacz poprzeczny skośny
przedni (zawieszenie wielowahaczowe)
Audi A4.



Rys.20. Wahacz poprzeczny przedni **VW Golf III**.



Rys.21. Wahacz poprzeczny dolny **BMW 525**.

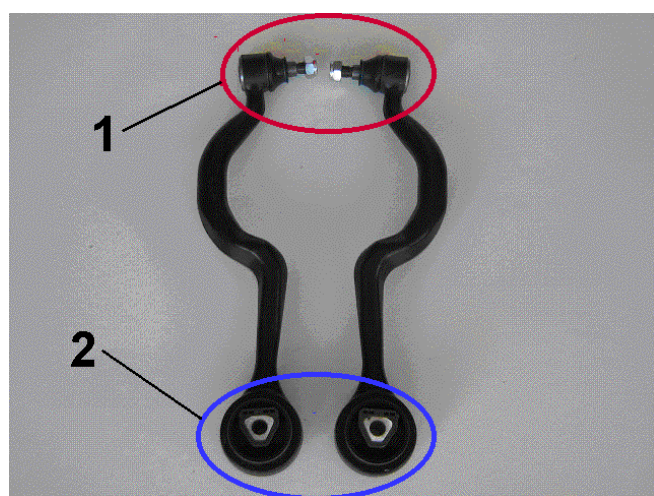
Wszystkie wyżej wymienione wahacze są uzbrojone we wkłady metalowo gumowe tzw. sinenbloki omówione w rozdziale **1.3**. Ilość wkładów zależy od konstrukcji i zastosowania wahacza. Kolejnym ważnym elementem łączącym jest sworzeń, inaczej przegub kulisty zamontowany w wahaczu. Sworznie możemy podzielić ze względu na jego montaż na sworznie wymienne oraz sworznie podlegające wymianie wraz z całym elementem wahaczowym. Sworznie kuliste montowane w pojazdach przenoszą siłę pionową działającą na masę resorowaną, ich stan ma znaczący wpływ na bezpieczeństwo jazdy oraz komfort podróżowania.



Rys.22. Sworzeń wciskany wahacza dolnego **Jeep Liberty**.



Rys.23. Sworzeń wahacza dolnego (wymienne) **Opel Astra**.



Rys.24. Wahacz dolny **BMW**.
1 – niewymienny sworzeń;
2 – wymienne wkłady wahacza;

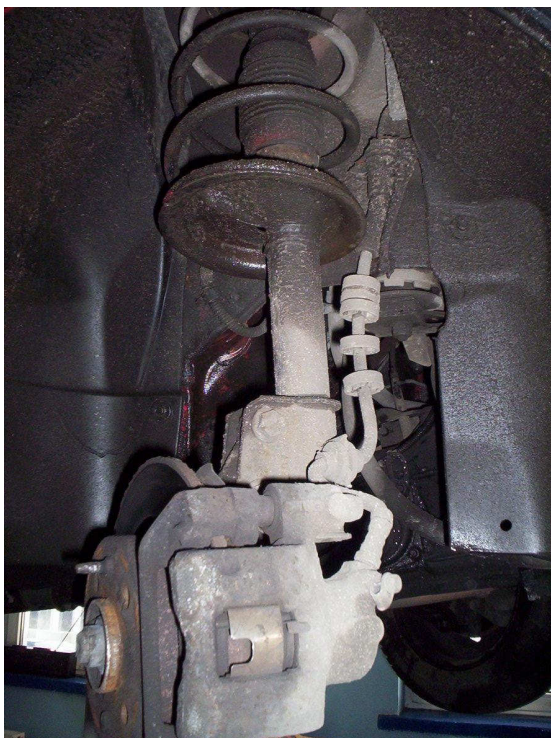
Kolejnym rodzajem łączników ustalających położenie osi lub kół względem nadwozia są drążki zwane potocznie reakcyjnymi. Występują one w zawieszeniach ze sprężynami śrubowymi, resorami poprzecznymi lub resorami gumowo-pneumatycznymi. Mogą one mieć działanie: ^[7]

- **wzdłużne** – polegające na przenoszeniu reakcji towarzyszących siłom napędu między napędzaną osią pojazdu a jego nadwoziem lub hamowaniu kół danej osi;
- **poprzeczne** – (tzw. drążki Penharda) przenoszą na pojazd reakcje sił przyczepności bocznej ogumienia podczas jazdy na łukach;
- **skrzętne** – zapobiegające poprzecznemu przechylaniu pojazdu na skutek reakcji na znaczne momenty obrotowe pochodzące ze wzdłużnie umieszczonego wału napędowego.



Rys.25. Łącznik drążka stabilizacyjnego **Renault Laguna**.

Kolumny McPhersona, stosowane dziś niemal powszechnie w samochodach osobowych, terenowych i lekkich dostawczych, są zintegrowanymi podzespołami, składającymi się z amortyzatora teleskopowego, sprężyny śrubowej i zwrotnicy. Kompletnie zawieszenie tworzą w połączeniu z wahaczami poprzecznymi lub skośnymi i drążkowym stabilizatorem przechyłów.



Rys.26. Kolumna McPhersona Fiat Cinquacento.

ROZDZIAŁ II.

GEOMETRIA KÓŁ – PODSTAWOWE ZAGADNIENIA

Optymalne dla danego modelu pojazdu dane kontrolne i regulacyjne podawane są w fabrycznych instrukcjach obsługi lub serwisowych książkach naprawczych. Warsztaty samochodowe które zajmują się ustawianiem geometrii kół wyposażone są katalogi danych regulacyjnych „*Autodata*”. Co roku dane te są aktualizowane o nowe modele pojazdów. Kontrola i ewentualna korekta geometrii konieczna jest po wszelkich naprawach układu zawieszenia oraz układu kierowniczego. W trakcie eksploatacji pojazdu, także zaleca się okresowe sprawdzenie ustawień fabrycznych ponieważ elementy resorujące ulegają utracie sprężystości. W zakres mierzonych parametrów geometrii kół wchodzi: ^[4]

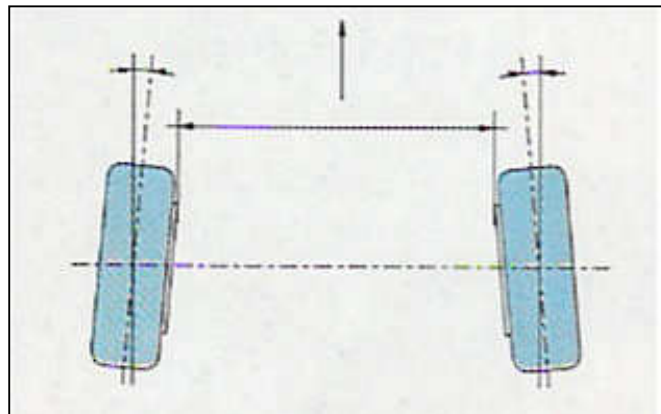
- **Zbieżność całkowita i połówkowa kół przednich.**
- **Zbieżność całkowita kół tylnych.**
- **Kąty pochylenia kół przednich.**
- **Kąty pochylenia kół tylnych.**
- **Kąty nieprostokątności osi kół do osi symetrii ramy.**
- **Kąty nierównoległości osi kół.**
- **Kąty bocznego przestawienia kół względem osi symetrii ramy.**
- **Kąty wyprzedzenia osi sworzni zwrotnic.**
- **Kąty pochylenia osi sworzni zwrotnic.**
- **Różnica kątów skrętu kół przy skręcie o 20° i maksymalne kąty skrętu kół.**

Do podstawowych i najczęściej spotykanych parametrów ustawienia kół samochodu należą:

- **Zbieżność kół przednich.**
- **Zbieżność kół tylnych.**
- **Kąt pochylenia kół przednich.**
- **Kąt pochylenia kół tylnych.**
- **Kąt wyprzedzenia sworzni zwrotnicy.**

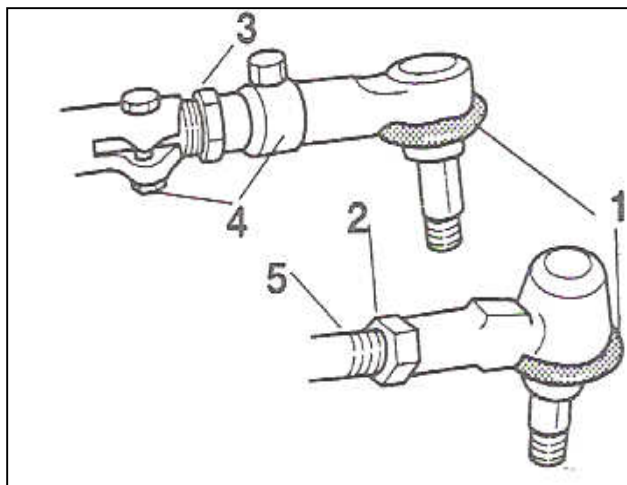
2.1. Zbieżność zawieszenia kół.

Kąt zawarty pomiędzy płaszczyznami bocznymi obydwu kół tej samej osi mierzony w płaszczyźnie poziomej. Jest to również różnica między odległościami obręczy kół samochodu, znajdujących się na tej samej osi (przedniej lub tylnej), mierzona z tyłu i przodu obrzeży obręczy w płaszczyźnie poziomej. Zbieżność całkowita jest dodatnia, jeżeli przecięcie obu wyznaczających ją płaszczyzn następuje przed osią mierzonych kół (patrząc w kierunku jazdy pojazdu), ujemna gdy przecięcie wystąpi za osią. Wartość ujemna zbieżności informuje, że koła skierowane są na zewnątrz, czyli są rozbieżne. Parametrami składowymi dla zbieżności całkowitej są zbieżności połówkowe kół (przednich bądź tylnych). Są one dokładnie jej arytmetyczną połową z zachowaniem znaku (dodatniego lub ujemnego) tej zbieżności.^[8]



Rys. 27. Zbieżność kół przednich.

Zbieżność kół reguluje się najczęściej przy pomocy końcówek drążków kierowniczych. Regulację najczęściej poprzedza luzowanie przeciwnakrętek drążków kierowniczych albo obejm zaciskowych. Aby przedłużyć względnie skrócić poprzeczne drążki kierownicze należy obracać nimi albo lewym albo prawym króćcem gwintowanym równomiernie z obu stron pojazdu. Wykręcanie końcówek do drążków kierowniczych powoduje że koła samochodu są rozbieżne, zaś wkręcanie powoduje że koła samochodu są zbieżne.^[8]

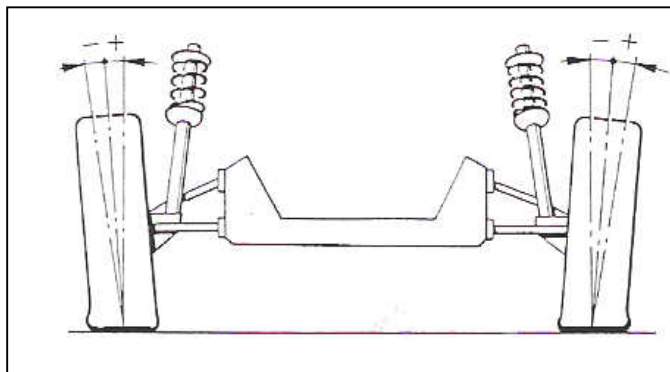


Rys.28. Regulacja zbieżności zawieszenia kół.

- 1- końcówka drążka kierowniczego poprzecznego;
- 2- przeciwnakrętka;
- 3- lewy i prawy króćiec gwintowany;
- 4- obejma zaciskowa;
- 5- drążek kierowniczy poprzeczny;

2.2. Kąt pochylenia koła.

Kąt zawarty pomiędzy pionem a płaszczyzną koła ustawionego do jazdy na wprost. Jest on dodatni, gdy górna część koła wychyla się na zewnątrz, a ujemny gdy wychyla się do wewnątrz. W pojazdach starszej generacji takich jak Polonez, Fiat 126p kąt pochylenia był regulowany, natomiast w nowoczesnych pojazdach kąt ten nie ulega przestawieniu jest kątem stałym. Możemy jedynie dokonać jego pomiaru i stwierdzić czy powyższy kąt mieści się w zakresie regulowanych parametrów.^[4]



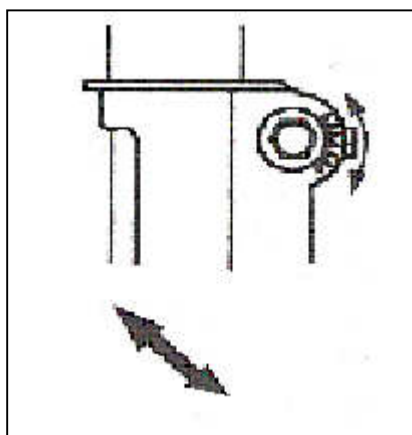
Rys.29. Przykład pochylenia kół.

Koła posiadające dodatnie pochylenie wykazują tendencje odbiegania od siebie podczas toczenia, natomiast koła o ujemnym pochyleniu tocząc się wykazują tendencję zbliżania się do siebie.

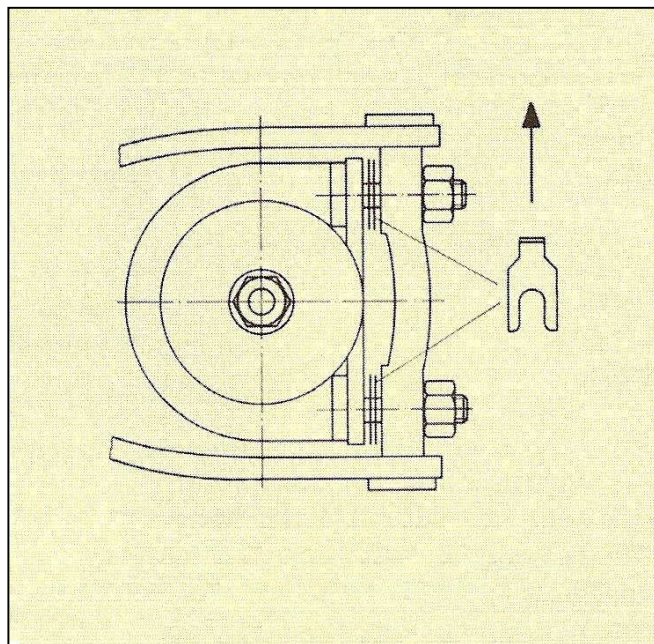
Pochylenie koła mierzone jest w stopniach, a koła powinny znajdować się w położeniu do jazdy na wprost.

Najczęściej występujące sposoby regulacji pochylenia koła to:

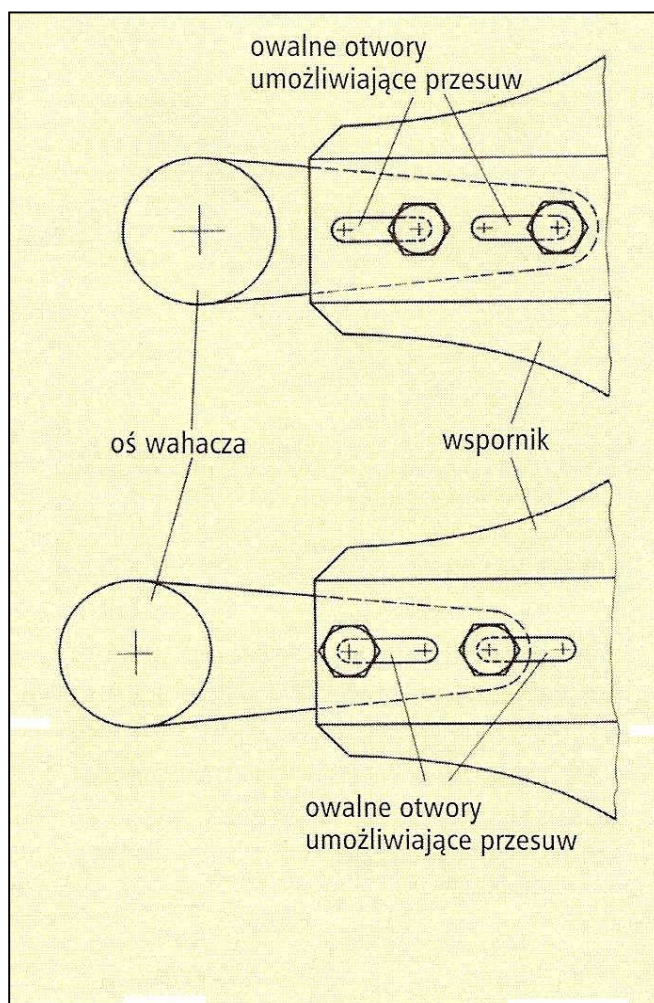
- **zmiana położenia górnego odcinka amortyzatora;**
- **zmiana grubości podkładek dystansowych pomiędzy mocowaniem wahaczy poprzecznych a podwoziem;**
- **zmiana położenie sworznia;**



Rys.30. Zmiana pochylenia koła poprzez zmianę położenia amortyzatora (przestawienie mimośrodów przy amortyzatorze) VW Golf IV.



Rys.31. Regulacja kąta pochylenia koła podkładkami dystansowymi (np. **Fiat 126P**).

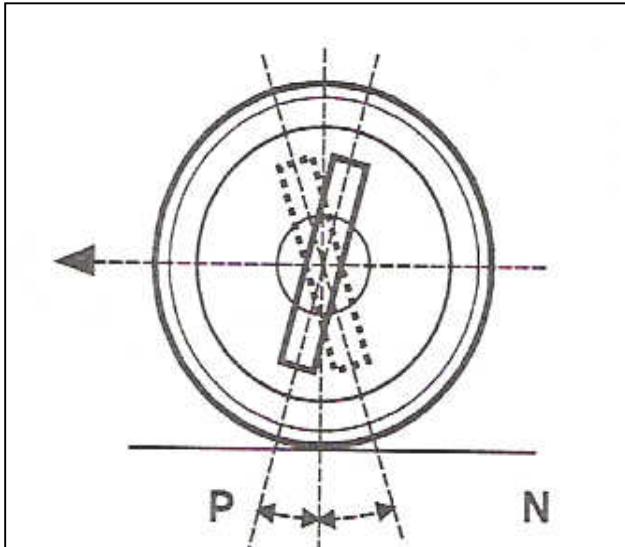


Rys.32. Regulacja kąta pochylenia koła poprzez zmianę położenia sworznia wahacza (np. **VW Golf III**)

2.3. Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy.

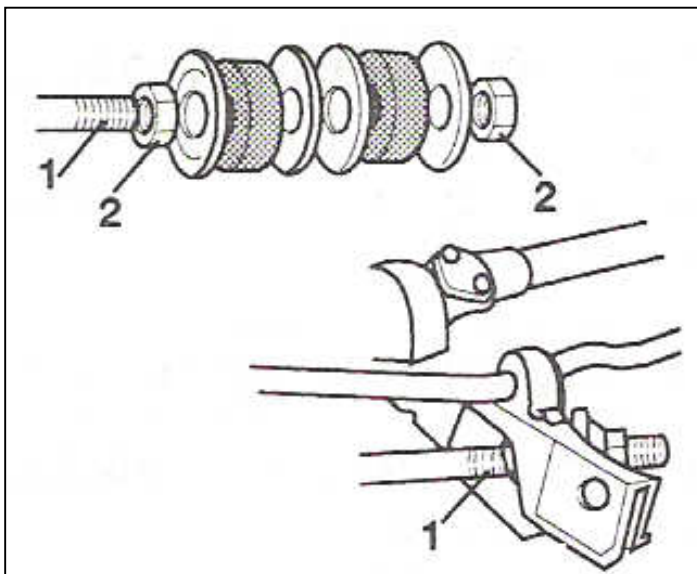
Wyprzedzenie sworznia zwrotnicy jest to pochylenie sworznia zwrotnicy od linii pionu do przodu albo do tyłu. Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy wpływa na stabilność utrzymania kierunku jazdy przez układ kierowniczy.

Układ kierowniczy wykazuje przy właściwym położeniu dodatnie wyprzedzenie sworznia zwrotnicy, przez co podwyższa się samoczynnie tendencja do ustawiania się układu kierowniczego do jazdy na wprost.^[4]



Rys.33. Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy.

Regulacja tego kąta dokonywana jest przez przedłużenie albo skrócenie stabilizatora. Przy zawieszeniu kół przednich z wahaczami poprzecznymi zmiana wyprzedzenia sworznia zwrotnicy możliwa jest przez umieszczenie podkładek dystansowych różnej grubości między mocowaniem wahaczy, a podwoziem.



Rys.34. Metoda regulacji kąta wyprzedzenia.
 1 - zaczepek stabilizatora;
 2 - przeciwnakrętka;

2.4. Pomiar geometrii kół – czynności przygotowawcze.

W celu dokonania prawidłowej regulacji geometrii zawieszenia kół potrzebne są odpowiednie dla danego modelu dane regulacyjne, oraz szczegółowe warunki dokonywania pomiaru podawane przez producenta pojazdu. Jest to spowodowane tym, że w wielu konstrukcjach zawieszek podstawowe parametry geometrii kół ulegają zmianie wraz z obciążeniem pojazdu. Dlatego też instrukcje podają zadane obciążenie, przy którym dokonywany jest pomiar. Musimy również pamiętać, że w niektórych instrukcjach nastawczych parametry nie są określone jednoznacznie, lecz podawany jest przedział regulacyjny. W głównej mierze jest to zauważalne w konstrukcjach zawieszek, gdzie kąt pochylenia koła zmienia się stosownie do obciążenia od wartości dodatnich do zerowej lub nawet ujemnej. Należy wtedy w wyznaczonym przez instrukcję zakresie dobierać ustawienie odpowiadające najczęściej występującemu obciążeniu regulowanego pojazdu.

Po określeniu danych regulacyjnych danego modelu pojazdu musimy wykonać następujące czynności przygotowawcze:^[16]

- **Pojazd powinien być wyposażony w prawidłowe opony. Chodzi tutaj o odpowiednie rozmiary opon przeznaczone do danego modelu pojazdu. Opony będące na jednej osi powinny posiadać takie same wymiary to jest szerokość, wysokość, średnicę osadzenia felgi. Ciśnienie w ogumieniu powinno być wyrównane zgodnie z tabelą ciśnień.**
- **Sprawdzić stan sprężynowania zawieszenia (pojazd powinien stać w pozycji poziomej, nie powinien być przechylony w żadną stronę).**
- **Sprawdzić stan zawieszenia pojazdu zwrócić uwagę na końcówki drążków kierowniczych, na drążki przekładniowe, wkłady wahacza, sworznie. Nadmierny luz wymienionych części powoduje zbyt wysoki błąd pomiarowy a w rezultacie brak poprawnego ustawienia geometrii kół.**
- **Sprawdzić stan łożysk kół przednich jeśli mają nadmierny luz a łożyska pozwalają na regulację, luz zlikwidować.**
- **Sprawdzić czy nie występuje nadmierne bicie promieniowe lub osiowe kół. Należy wymienić koła przy których zauważono zdeformowane obrzeża felgi.**
- **Po sprawdzeniu stanu technicznego pojazdu możemy przystąpić do czynności wstępnych poprzedzających regulację. Obciążamy pojazd zgodnie z zaleceniami producenta.**
- **Doprowadzić do prawidłowego ułożenia amortyzatorów przy nie zaciągniętym hamulcu ręcznym tzw.(odprężanie pojazdu) kilkakrotnie bujamy przodem auta.**
- **Przeprowadzić kompensację kół przednich – przeprowadzamy ją aby zniwelować bicie koła względem przyrządu pomiarowego.**

Dane regulacyjne zawieszenia geometrii kół są dostępne w postaci programu komputerowego *Autodata ADCD 2004*, z książki *Autodata "Geometria kół przednich i tylnych-regulacja-pomiar"*, oraz z pamięci komputera ustawiającego geometrię zawieszenia kół o ile posiada taką funkcję np. *BEISSBARHT Microline 3000*.

Telephone:			
Fax:			
VAT Registration No.:			
Name:		Manufacturer:	Volkswagen
Address:		Model:	
		Year:	1998
		Registration:	
Tel - Private:		Mileage:	
Tel - Business:		Job number:	
Checking range - Front wheels			
Notes	Specified value	Measured value	
Load positioning	unladen		
Fuel tank - percentage full	% 100		
Toe-in (N = negative, toe-out)	mm 1N - 1P		
Toe-in	deg 0°10'N - 0°10'P		
Toe-in	deg-1/100 0,17N - 0,17P		
Camber	deg 0°16'N - 0°56'N		
Camber	deg-1/100 0,27N - 0,93N		
Castor	deg 1°20' - 2°20'		
Castor	deg-1/100 1,33 - 2,33		

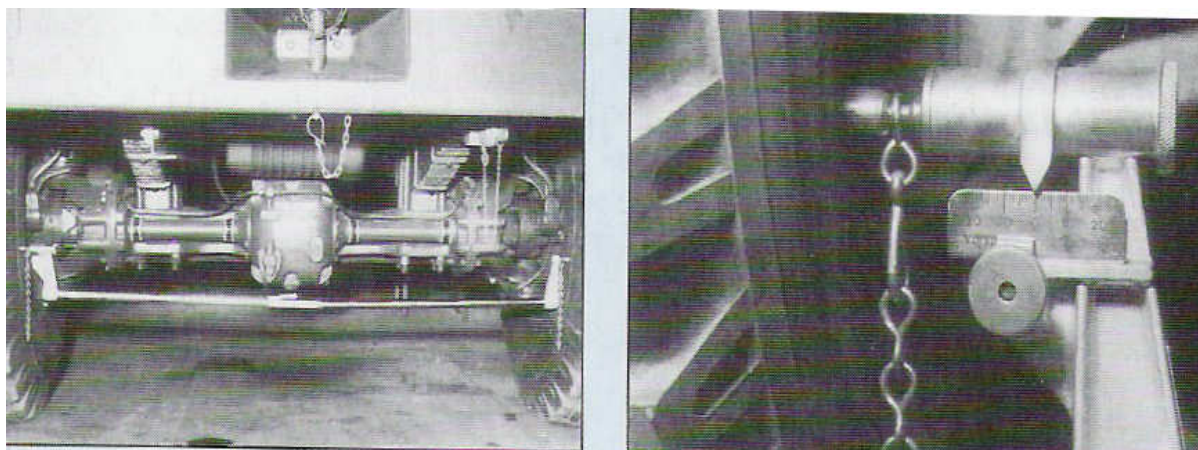
Rys.35. Dane regulacyjne „Autodata AD CD 2004” (wydruk komputerowy programu).

/Autodata		Geometria kół samochodowych		MERCEDES-BENZ	
1	Autodata No.	Identyfikacja		1	11064
2	Model			2	300CE-24
3	(typoszereg)			3	Convertible
4				4	(124)
5	Wariant wyposażenia			5	Sport
6	Rok produkcji			6	(124)
7	Rozstaw osi	mm	Wymiary	7	1992-93
8	Rozstaw kół - przód/tył	mm		8	1501/1491
9	Obręcz stalowa	Nm	Momenty dociągnięcia	9	2715
10	Obręcz ze stopu metali lekkich	Nm		10	110 Nm
11	Nakrętka/Opaska zaciskowa drążka zbieżności	Nm		11	110 Nm
12	Zbieżność/N = rozbieżność	mm	Wartości dla pomiaru geometrii kół	12	—
13		stopnie-minuty		13	③ 1,11-3,32
14		stopień-1/100	Przednich - pomiar	14	③ 1,11-3,32
15	Pochylenie koła (Camber)	stopnie-minuty	Patrz Ważne wskazówki	15	0°10'-0°30'
16		stopień-1/100		16	0°17-0,50
17	Wypředzenie sworzni zrotnicy (Castor)	stopnie-minuty		17	0°20'N-0°50'N
18		stopień-1/100		18	0°37'N-1°17'N
19	Patrz tabela na ostatniej stronie	o = bez obciążenia	Obciążenie	19	0,33N-0,83N
20	Stoień napełnienia zbiornika paliwa	%		20	0,62N-1,28N
21	Tabela wysokości zawieszenia			21	9°45'-10°45'
22	Zbieżność/N = rozbieżność	mm	Wartości dla pomiaru geometrii kół	22	9°54'-10°54'
23		stopnie-minuty	Przednich - regulacja	23	9,75-10,75
24		stopień-1/100	Patrz Ważne wskazówki	24	o
25	Pochylenie koła (Camber)	stopnie-minuty		25	o
26		stopień-1/100		26	100
27	Różnica pomiędzy lewą/prawą stroną	stopnie-minuty (1/100)		27	—
28		stopień-1/100		28	③ 2,22±1,11
29	Wypředzenie sworzni zrotnicy (Castor)	stopnie-minuty	Przednich - regulacja	29	③ 2,22±1,11
30		stopień-1/100	Patrz Ważne wskazówki	30	0°20'±10'
31	Różnica pomiędzy lewą/prawą stroną	stopnie-minuty (1/100)		31	0°20'±10'
32		stopień-1/100		32	0,33±0,17
33	Kąt pochylenia sworzni zrotnicy	stopnie-minuty		33	0°40'N+10'/-20'
34		stopień-1/100		34	0°57'N+10'/-20'
35	Kąt sumaryczny /B, Rys.4)	stopnie-minuty		35	3 0,67N+0,17/-0,33
36		stopień-1/100		36	0,95N+0,17/-0,33
37	Różnica kąta skrętu kół przy skręceniu 20°	stopnie-minuty		37	0°20' (0,33)
38		stopień-1/100		38	7
39	Maks. kąt skrętu koła wew.	stopnie-minuty		39	10°15'±30'
40		stopień-1/100		40	10°24'±30'
41	Maks. kąt skrętu koła zew.	stopnie-minuty		41	10,25±0,50
42		stopień-1/100		42	0°35' (0,58)
43	Zbieżność/N = rozbieżność	mm	Wartości dla pomiaru geometrii kół	43	7
44		stopnie-minuty	Tyłnych - pomiar	44	—
45		stopień-1/100	Patrz Ważne wskazówki	45	—
46	Pochylenie koła (Camber)	stopnie-minuty		46	—
47		stopień-1/100		47	—
48	Różnica pomiędzy lewą/prawą stroną	stopnie-minuty (1/100)		48	—
49		stopień-1/100		49	—
50		stopień-1/100		50	—
51		stopień-1/100		51	—
52		stopień-1/100	Uwagi	52	—
97-3200-PL				301	

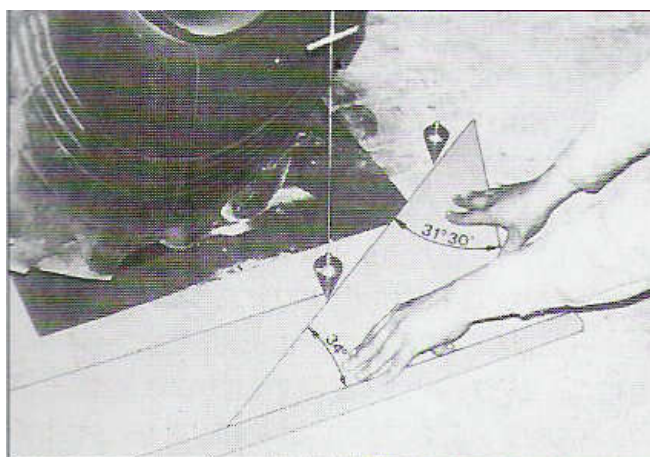
Rys.36. Dane regulacyjne wraz z opisem „Autodata” (książka regulacyjna).

2.5. Urządzenia mechaniczne.

Przyrządy mechaniczne stosowane są bardzo rzadko ze względu na swą niewielką dokładność, oraz uciążliwość w stosowaniu. Wiele typów powstałych zawiesznień zmusza wykonującego geometrię do korzystania z wielu kompletów tych mierników, przystosowanych do pomiaru konkretnego typu zawieszenia. Mechaniczny pomiar zbieżności kół wykonuje się za pomocą listwy mierniczej przykładanej do obręczy kół. Mechaniczny pomiar pochylenia koła i wyprzedzenia zwrotnicy odbywa się przy pomocy kątomierzy przystawianych do obręczy kół i sworzni zwrotnic na dokładnie wypoziomowanym stanowisku pomiarowym.^[3]



Rys.41. Pomiar zbieżności listwą pomiarową.



Rys.42. Mechaniczny pomiar kąta pochylenia koła.

2.6. Urządzenia optyczne.

Optyczna metoda pomiarów polega na przytwierdzeniu do obręczy badanych kół projektorów optycznych. Projektory emitują promienie światła lub w nowszych rozwiązaniach wiązkę lasera. Światło lub wiązka lasera padają na ekrany umieszczone przed pojazdem. Przesuwanie się punktów świetlnych względem narysowanego na ekranach układu współrzędnych pozwala określić:^[2]

- **Zbieżność** – gdy źródło światła przesuwa się w poziomie równoległe do obręczy koła na wysokości jego osi,
- **Pochylenie** – gdy źródło światła porusza się równoległe do obręczy między jej najwyższym a najniższym punktem,
- **Wyprzedzenie sworznia zwrotnicy** – gdy podczas skręcania koła z przytwierdzonym do niego projektorem obserwuje się ruch punktu świetlnego na ekranie umieszczonym równoległe lub prostopadle do wzdłużnej osi symetrii pojazdu,
- **Różnica kątów skreću kół** przy skręcie koła zewnętrznego o 20^0 oraz maksymalne kąty skreću kół – gdy źródło światła przemieszcza się poziomo, a badane koła mają swobodę ruchu dzięki ich ustawieniu na obrotnicach wchodzących w skład wyposażenia przyrządu pomiarowego.

Podstawowy zespół pomiarowy optyczny składa się z następujących urządzeń:

- zespoły pomiarowe (głowice) dwa lub cztery zespoły
- obrotnice najazdowe dwie lub cztery
- zaciski mocujące najczęściej dwa
- ekrany tylne GTO dwa
- ekrany główne (przednie) dwa
- listwy pomiarowe dwie



Rys.43. Przyrząd optyczny **GTO Laser**.



Rys.44. Przyrząd pomiarowy **GTO Laser** wraz z obrotnicą, oraz zaciskiem mocującym.

Starszym rozwiązaniem przyrządu pomiarowego optycznego jest przyrząd o nazwie **PKO 4**. W rozwiązaniu zastosowano wiązkę światła białego jako element emitujący promień, pozostałe elementy są takie same jak w nowszych rozwiązaniach np. **GTO Laser**.



Rys.45. Urządzenie optyczne **PKO 4** (cały zestaw).

2.7. Urządzenia elektroniczne.

Komputer stosowany w systemie pomiarowym porównuje dane z pomiarów z wartościami wzorcowymi wprowadzonymi do jego pamięci i wyświetla wyniki na ekranie w postaci liczbowej lub graficznej. Urządzenia komputerowe w porównaniu z mechanicznymi i optycznymi odznaczają się znacznie większą szybkością działania (komputer podpowiada kolejne czynności jakie należy wykonywać), łatwość obsługi i praktycznie nieograniczoną uniwersalnością w zastosowaniu. Mamy na myśli między innymi mocowanie głowicy do koła. Podstawowymi elementami tego rodzaju przyrządów pomiarowych są zaciski mocujące z umieszczonymi na nich zespołami pomiarowymi. Zaciski te mogą być wyposażone w różnego rodzaju uchwyty mocujące – w zależności od kształtu i rodzaju obręczy. Każdy zacisk uzbrojony jest w mechaniczny kompensator bicia. Do pomiaru zbieżności kół wykorzystywane są dokładne czujniki potencjometryczne, umieszczone na końcach wysięgników obydwu zespołów pomiarowych. Aby dokonać pomiaru należy połączyć końcówki pomiarowe czujników potencjometrycznych elastyczną linką pomiarową, następnie wybrać odpowiednią funkcję oprogramowania, wypoziomować zespół pomiarowy i ustawić koła pojazdu do jazdy na wprost. Na monitorze pojawiają się gotowe do odczytu zbieżności połówkowe. Po ich zsumowaniu otrzymujemy zbieżność całkowitą. Do pomiarów kątów pionowych wszystkich kół wykorzystywane są czujniki wychyleniowe – grawitacyjne. Służą one do pomiaru kątów pochylenia kół przednich i tylnych. Pomiar polega na ustawieniu zespołu pomiarowego w poziomie i wybraniu odpowiedniej funkcji pomiarowej. Wynik pomiaru wyświetla się na monitorze. Pomiar kątów pochylenia i wyprzedzenia osi sworzni zwrotnicy kół skrętnych wykonywany jest równocześnie podczas jednego skrętu danego koła najpierw o 20° do wewnątrz, a następnie o 20° na zewnątrz. Wartości mierzonych kątów badanego pojazdu mogą być zapisane w pamięci komputera. [16]



Rys.46. Komputerowy przyrząd do pomiaru geometrii kół
BEISSBARTH Microline 3000.



Rys.47. Głowica pomiarowa przednia przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.



Rys.48. Głowica pomiarowa tylnia przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.



Rys.49. Panel sterowania przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.

ROZDZIAŁ III

CZEŚĆ BADAWCZA

„Wpływ geometrii kół na zużycie układu zawieszenia pojazdu *VW Golf IV*”. Aby przeprowadzić część badawczą na powyżej wymieniony temat, musimy ustalić stanowisko badawcze do przeprowadzenia pomiarów geometrii podwozia samochodu. Stanowisko takie powinno być wyposażone w przyrządy kontrolne do pomiaru geometrii kół. W części teoretycznej pracy wymieniono rodzaje oprzyrządowania do pomiaru geometrii zawieszenia. W pracy wykorzystano do pomiaru geometrii zawieszenia kół przyrządy komputerowe **BEISSBARHT Microline 3000**. Przyrządy te pozwalają na precyzyjny pomiar podstawowych parametrów regulacyjnych mających ogromne znaczenie na zużycie układu zawieszenia kół, jak również na zmniejszenie spalania pojazdu, oraz bezpieczeństwo ruchu drogowego.

Do prawidłowo przeprowadzonych badań potrzebne jest stanowisko pomiarowe, które jest wy poziomowane i zaopatrzone w obrotnice kół przednich, oraz posiada możliwość przeprowadzenia niezbędnej regulacji zawieszenia kół. Badania odbywają się w warsztacie samochodowym specjalizującym się w tego typu regulacjach.

Pomiarowi podlegają takie parametry jak:

- **Zbieżność kół przednich**
- **Kąt pochylenia kół przednich**
- **Kąt wyprzedzenia kół przednich**



Rys.50. Stanowisko pomiarowe geometrii zawieszenia kół.



Rys.51. Przyrząd regulacyjny geometrii zawieszenia kół użyty w badaniach **BEISSBARHT Microline 3000**.

Badanie polega na ustawieniu zadanych wartości parametrów regulacyjnych geometrii kół pojazdu **VW Golf IV**, oraz obraniu punktów kontrolnych zawieszenia kół narażonych na nadmierne zużycie. Po dokonaniu regulacji geometrii kół pojazd pokonuje dystans **300 km**. w cyklu miejskim. Gdy pojazd pokona zadaną drogę ponownie weryfikowana jest geometria kół, tzn. czy jest zgodna z uprzednimi danymi regulacyjnymi zastosowanymi w badaniu, oraz sprawdzane są organoleptycznie punkty kontrolne czy nie uległy uszkodzeniu lub zniszczeniu. Badanie powtarzano w zakresie tolerancji regulacyjnej, oraz poza zakresem regulacji geometrii zawieszenia kół. Uzyskane wyniki badań umieszczono w tabeli. Rodzaj i wielkość uszkodzeń punktów kontrolnych zawieszenia kół przedstawiono na zdjęciach.

POCHYLENIE KOŁA	$2^{\circ} P$	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$	$3^{\circ} N$
ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ	$2^{\circ}10' P$	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$2^{\circ}10' N$
WYPRZEDZENIE KOŁA	Nie podlega regulacji	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$	Nie podlega regulacji

Tab.1. Przyjęte błędne parametry pomiarowe (zmienione pochylenie oraz zbieżność).

Parametr regulacyjny jakim jest **pochylenie koła** zmieniono co 2° od granicznego parametru regulacyjnego na wartości dodatnie oraz ujemne oznaczone odpowiednio „**P**” i „**N**”. **Zbieżność kół** przednich zmieniono również co 2° od granicznego parametru regulacyjnego na wartości dodatnie i ujemne oznaczone odpowiednio „**P**” i „**N**”.

Wyprzedzenie koła nie będzie podlegało regulacji, gdyż w pojeździe na którym przeprowadzono badania nie zastosowano korekcji tego parametru. Parametry regulacyjne zaznaczone na czerwono są parametrami błędnymi przyjętymi do przeprowadzenia pomiarów. Po ustaleniu odchyłki błędu od danych regulacyjnych zadanych przez producenta pojazdu (zaznaczone na czerwono), stworzono nowe tabele z danymi regulacyjnymi wykorzystanymi w dalszej części badań.

Błędne zakresy pomiarowe mają na celu pokazać jakim uszkodzeniom ulega układ zawieszenia kół, gdy geometria zawieszenia pojazdu jest błędnie ustawiona.

I. Pomiar geometrii kół oraz regulacja – parametry zgodne z normami.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.2. Parametry regulacyjne *VW Golf IV*.

Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości parametrów regulacyjnych. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

II. Pomiar geometrii kół oraz regulacja – zła zbieżność kół (zbieżność dodatnia).

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$2^{\circ}10' P$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$

Tab.3. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność dodatnia).

Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy nieprawidłowej wartości zbieżności kół (zbieżność dodatnia) reszta parametrów regulacyjnych nie ulega zmianie. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

III. Pomiar geometrii kół oraz regulacja – zła zbieżność kół (zbieżność ujemna).

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$2^{\circ}10' N$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.4. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność ujemna).

Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy nieprawidłowej wartości zbieżności kół (zbieżność ujemna) reszta parametrów regulacyjnych nie ulega zmianie. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

IV. Pomiar geometrii kół oraz regulacja – zły kąt pochylenia koła (pochylenie dodatnie).

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$2^{\circ} P$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.5. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie dodatnie).

Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy nieprawidłowej wartości pochylenia kół (pochylenie dodatnie) reszta parametrów regulacyjnych nie ulega zmianie. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

V. Pomiar geometrii kół oraz regulacja – zły kąt pochylenia koła (pochylenie ujemne).

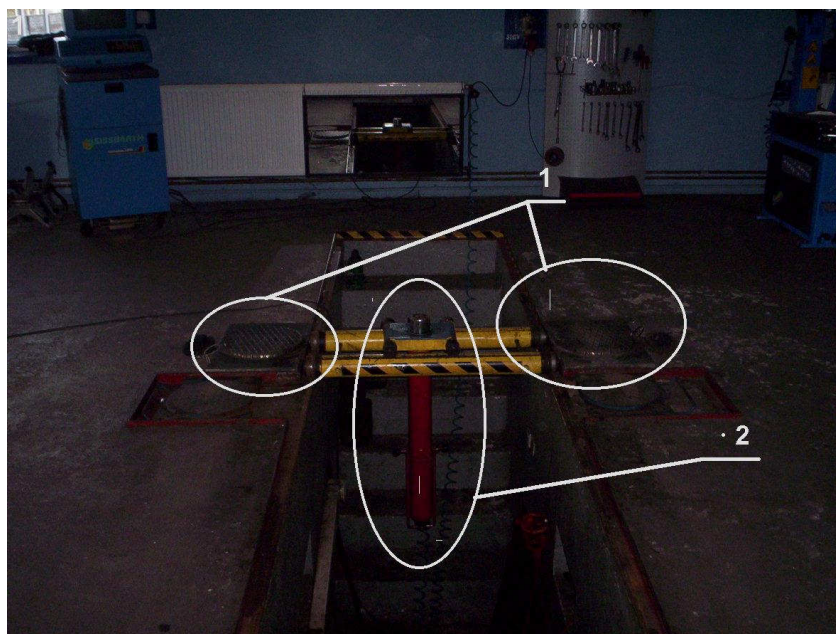
ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$3^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$

Tab.6. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie ujemne).

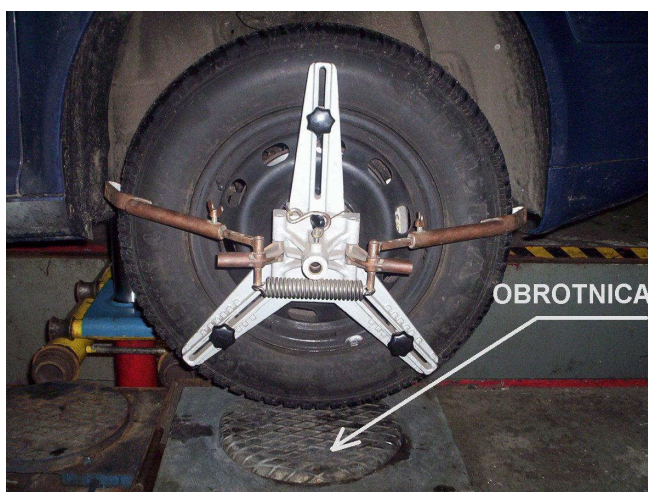
Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy nieprawidłowej wartości pochylenia kół (pochylenie ujemne) reszta parametrów regulacyjnych nie ulega zmianie. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

3.1. Stanowisko pomiarowe do ustawiania geometrii zawieszenia kół pojazdu.

Aby poprawnie przeprowadzić pomiar geometrii zawieszenia kół musimy wyposażyć się w kanał naprawczy lub najazdowy podnośnik. Ma to na celu możliwość łatwej regulacji parametrów geometrii kół, oraz możliwość oględzin elementów zawieszenia. Aby wartości regulacyjne były poprawne każde stanowisko pomiarowe (niezależnie czy jest to kanał czy podnośnik najazdowy) musi być wypoziomowane. Kolejną rzeczą potrzebną do ustawienia geometrii kół są obrotnice. Obrotnice to urządzenia pozwalające na swobodne poruszanie się kół w czasie pomiaru, nie przenoszą obciążeń związanych z momentem przylegania koła do nawierzchni posadzki. Stanowisko pomiarowe na którym przeprowadzono badania wyposażono w hydrauliczny lewarek, który użyto przy oględzinach elementów zawieszenia jak i przy samej regulacji parametrów geometrii kół.



Rys.52. Kanałowe stanowisko pomiarowe geometrii kół.
1 – Obrotnice kanałowe(komputerowe)
2 – Lewarek kanałowy hydrauliczny.



Rys.53. Obrotnica kanałowa.

3.2. Przyrząd pomiarowy geometrii zawieszenia kół wykorzystany w badaniach.

W czasie przeprowadzania badań, do odpowiedniej regulacji zmienianych parametrów geometrii kół wykorzystano maszynę o nazwie **BEISSBARHT Microline 3000**. Jest to maszyna pozwalająca na komputerowy pomiar mierzonych i ustalanych wartości parametrów regulacyjnych geometrii zawieszenia kół. W skład zestawu pomiarowego wchodzi następujące elementy:



Rys.54. Zestaw pomiarowy **BEISSBARHT Microline 3000**.

- 1 – monitor,
- 2 – konsola regulacyjna,
- 3 – głowice pomiarowe tylne,
- 4 – głowice pomiarowe przednie,
- 5 – zaciski uniwersalne,

Dane techniczne:

Przekątna ekranu – 37cm
 Podziałka wskazań – 1 minuta kątowna
 Wielkość obręczy kół – 10'' – 1,5''

Możliwe pomiary BEISSBARHT Microline 3000:

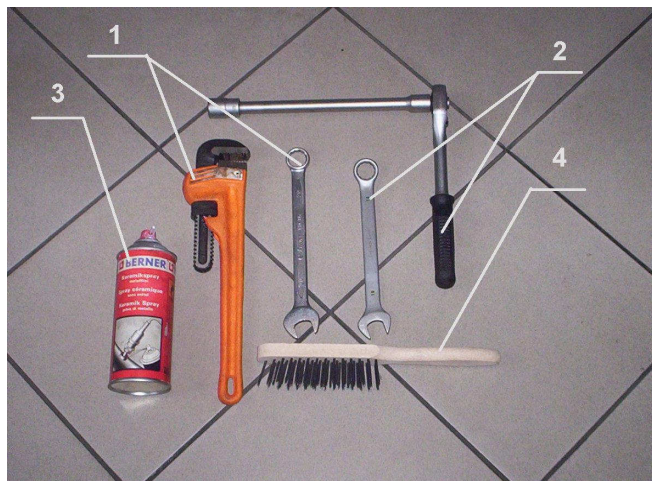
POMIARY	ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ
Zbieżność całkowita	$\pm 10^0$	$\pm 10'$
Zbieżność połówkowa	$\pm 5^0$	$\pm 5'$
Kąt pochylenia koła	$\pm 8^0$	$\pm 5'$
Odchylenie geometrycznej osi jazdy od osi symetrii	$\pm 5^0$	$\pm 5'$
Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy	$\pm 18^0$	$\pm 10'$
Kąt pochylenia sworznia zwrotnicy	$\pm 18^0$	$\pm 10'$
Nierównoległość osi	$\pm 5^0$	$\pm 5'$
Różnica kątów skrętu kół przy skręcie 20^0	$\pm 5^0$	$\pm 10'$
Skręt maksymalny	$60^0 - 0 - 60^0$	$\pm 10'$
Zakres regulacji kąta wyprzedzenia sworznia zwrotnicy	$\pm 10'$	
Obciążenie dopuszczalne pojedynczej obrotnicy	900 kg	

Tab.7. Możliwe pomiary BEISSBARHT Microline 3000.

Wykonywane pomiary BEISSBARHT Microline 3000 w trakcie badania.

POMIARY	ZAKRES	DOKŁADNOŚĆ
Zbieżność całkowita	$\pm 10^0$	$\pm 10'$
Zbieżność połówkowa	$\pm 5^0$	$\pm 5'$
Kąt pochylenia koła	$\pm 8^0$	$\pm 5'$
Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy	$\pm 18^0$	$\pm 10'$
Zakres regulacji kąta wyprzedzenia sworznia zwrotnicy	$\pm 10'$	

Tab.8. Wykonywane pomiary BEISSBARHT Microline 3000 w trakcie badania.



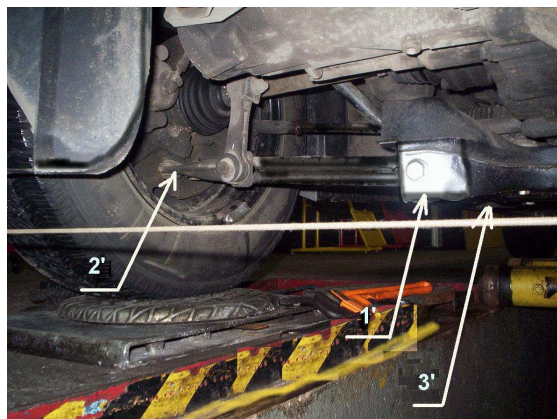
Rys.55. Zestaw kluczy użytych do regulacji geometrii zawieszenia kół.

- 1 – zestaw kluczy regulacyjnych zbieżności kół;
- 2 – zestaw kluczy regulacyjnych pochylenie kół
- 3 – pasta teflonowa
- 4 – szczotka druciana

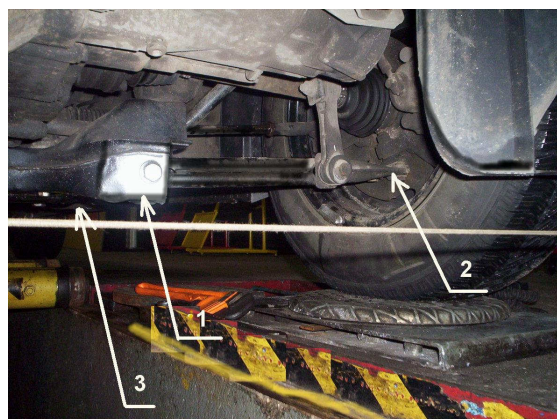
3.3. Dobór punktów kontrolnych zawieszenia w pojeździe VW Golf IV.

VW Golf IV który poddawany został pomiarom geometrii zawieszenia kół przednich został wyposażony seryjnie w zawieszenie wahaczowe (wahacze poprzeczne) niezależne. Amortyzacja pojazdu odbywa się poprzez kolumnę McPhersona.

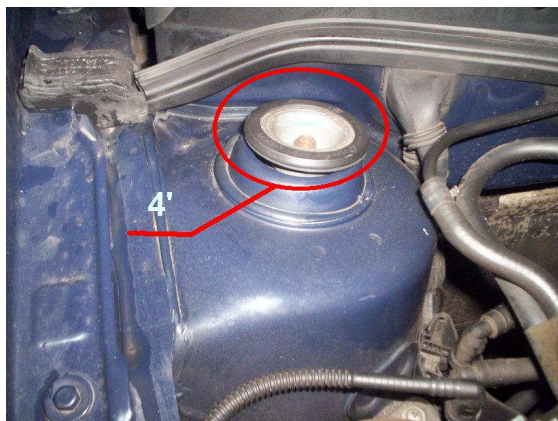
Punkty kontrolne zawieszenia zostały tak dobrane, aby sprawdzić jak duże siły działają na poszczególne elementy w momencie złej regulacji geometrii kół. Rozmieszczenie punktów jest symetryczne po obu stronach pojazdu.



Rys.56. Punkty kontrolne prawa strona pojazdu (wahacz).



Rys.57. Punkty kontrolne lewa strona pojazdu (wahacz).



Rys.58. Punkt kontrolny prawa strona pojazdu (poduszka McPhersona).



Rys.59. Punkt kontrolny lewa strona pojazdu (poduszka McPhersona).



Rys. 60. Wahacz *VW Golf IV* (wkłady wahacza - miejsca pomiarowe).



Rys. 61. Sworzeń wahacza *VW Golf IV* (miejsca pomiarowe).

Punkty kontrolne oznaczono następująco:

- 1-** wkład wahacza przedni lewa strona,
- 2-** sworzeń wahacza lewa strona,
- 3-** wkład wahacza tylny lewa strona,
- 4-** poduszka McPhersona lewa strona,
- 1' -** wkład wahacza przedni prawa strona,
- 2' -** sworzeń wahacza prawa strona,
- 3' -** wkład wahacza tylny prawa strona,
- 4' -** poduszka McPhersona prawa strona,

Wybrane punkty kontrolne podlegają weryfikacji po ustawieniu geometrii zawieszenia kół. Jeżeli weryfikowane punkty nie wykazują luzów, które miałyby wpływ na dokładność ustawienia geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje zadany dystans w ruchu miejskim 300 km. Po pokonaniu drogi, ponownie mierzono geometrię kół i weryfikowano uzyskane dane z ustawionymi na początku operacji. Różnica w ustawionych danych a uzyskanych, po przejechaniu dystansu 300 km. świadczy o powstałych luzach, a co za tym idzie i uszkodzeniach w układzie zawieszenia. Po zanotowaniu różnicy parametrów regulacyjnych, sprawdzeniu podległo zawieszenie tzn. uprzednio wyznaczone punkty kontrolne. Uzyskane dane wprowadzono do diagramu wraz ze zdjęciami uszkodzonych elementów.

3.4. Ustawienie geometrii zawieszenia kół przednich w pojeździe VW Golf IV zgodnie z zalecanymi parametrami regulacyjnymi.

Pomiar parametrów regulacyjnych geometrii zawieszenia kół należy zacząć od umieszczenia mierzonego pojazdu na wypoziomowanym stanowisku pomiarowym, zaopatrzonym w obrotnice pomiarowe. Następnie należy sprawdzić stan układu zawieszenia kół przedniej osi. Weryfikacji podlegają: wkład wahacza przedni jak i tylny lewa i prawa strona, sworznie wahacza lewa i prawa strona, poduszki McPhersona, amortyzatory, należy również pamiętać o stanie elementów układu kierowniczego to jest: końcówki drążków kierowniczych, przeguby kuliste drążków kierowniczych. Sprawdzenie to umożliwia wymianę zużytych, lub uszkodzonych części przed pomiarem, ponieważ pozostawienie części zawieszenia z nadmiernymi luzami uniemożliwiłoby dokładne ustawienie parametrów regulacyjnych. Kolejnym krokiem przy pomiarze geometrii jest wyrównanie ciśnienia w ogumieniu. Pojazd który podlega pomiarowi geometrii kół to jest **VW Golf IV** powinien mieć następujące wartości ciśnienia.

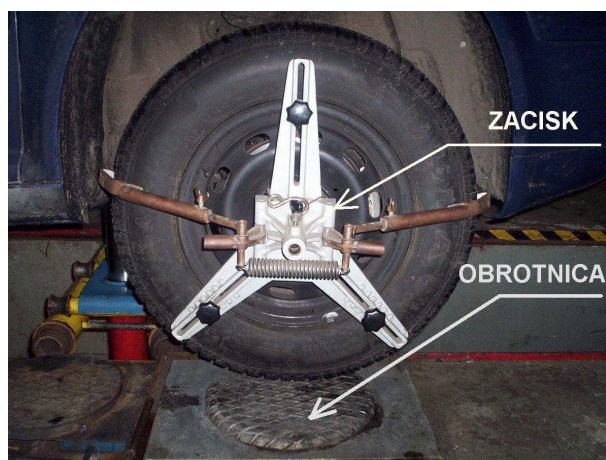
TABELA CIŚNIEŃ DLA VW Golf IV BEZ OBCIĄŻENIA	
PRZÓD	TYŁ
2.1 Bar	2.1 Bar

Tab.9. Tabela ciśnień dla **VW Golf IV** bez obciążenia.

TABELA CIŚNIEŃ DLA VW Golf IV Z OBCIĄŻENIEM	
PRZÓD	TYŁ
2.4 Bar	3.2 Bar

Tab.10. Tabela ciśnień dla *VW Golf IV* z obciążeniem.

Po korekcji ciśnienia ogumienia następuje założenie na koła przednie zacisków uniwersalnych mocujących głowicę pomiarową.



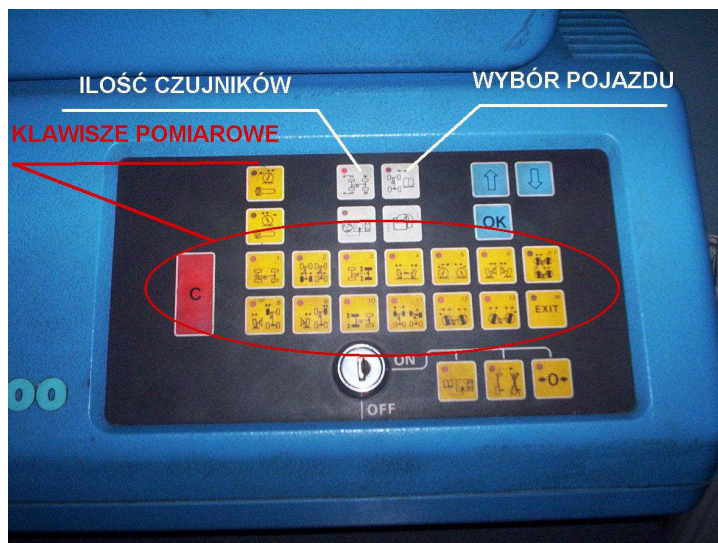
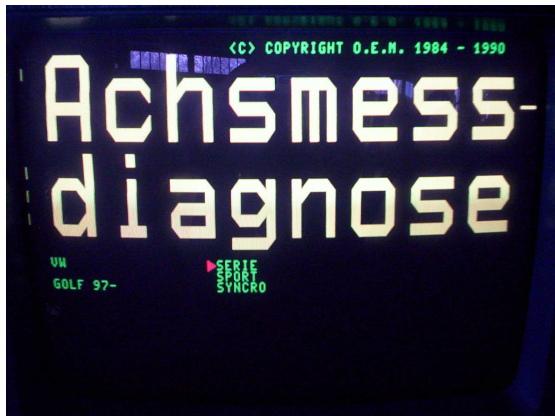
Rys.62. Umieszczenie zacisku mocującego głowicę pomiarową.

Gdy zaciski są już umieszczone na kołach pojazdu następuje założenie głowic pomiarowych.



Rys.63. Umieszczenie zacisku mocującego wraz z głowicą pomiarową.

Dla mierzonego pojazdu należy wybrać z pamięci komputera dane regulacyjne. Komputer zapyta o markę mierzonego pojazdu, model, wersję i rok. Po uzyskaniu odpowiedzi podaje parametry regulacyjne. W zależności czy pojazd poddany będzie korekcji geometrii kół przód czy tył za pomocą klawisza wybieramy funkcję **pomiar 2- czujniki**, **pomiar 4 czujniki**.



Rys.64. Kolejne funkcje wyboru danych regulacyjnych do pojazdu.

Po wyborze danych regulacyjnych z pamięci komputera następuje kalibracja przyrządów pomiarowych zamocowanych na kołach. Kalibracja następuje w następującej kolejności:

- układ kierowniczy ustawić do jazdy na wprost (ocena wzrokowa);
- nie zmieniać położenia układu kierowniczego podczas kompensacji;
- podnieść parę kół przednich (kompensowanych na wysokość około 6cm.);
- włączyć urządzenie;
- na monitorze pojawi się napis tytułowy, schemat pojazdu i wskaźnik;
- obrócić prawym kołem o 90^0 głowicę wypoziomować, nacisnąć przycisk z lewej strony głowicy pomiarowej do zaświecenia się diody;
- przekręcić koło o 180^0 w stosunku do pierwotnego położenia, wypoziomować głowicę nacisnąć przycisk do zaświecenia się diody;
- przekręcić koło o 270^0 w stosunku do pierwotnego położenia, wypoziomować głowicę nacisnąć przycisk do zaświecenia się diody;
- po czterokrotnym zadziałaniu na przycisk kompensacji dioda migocząc wskazuje zakończenie kalibracji koła;
- gdy dioda zacznie migać można zacząć kompensację kolejnego koła.

Wszystkie zabiegi kompensacyjne mają na celu wyrównać bicie obręczy koła w stosunku do osi obrotu koła oraz niedokładności związane z mocowaniem zacisku.



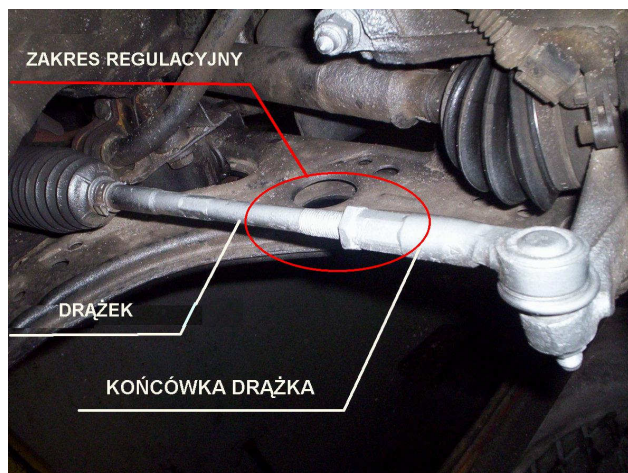
Rys.65. Poziomica głowicy pomiarowej.

Przy stosowaniu zacisku szybkoobrotowego, który bazuje na niewykazujących bicia powierzchniach kół kompensacja nie jest konieczna. W trakcie wykonywanych badań kompensacje wykonywano przy każdorazowej korekcie danych regulacyjnych. W momencie, gdy skończono czynności przygotowawcze pojazd opuszczono na obrotnicach które uprzednio uległy odblokowaniu. Na konsoli pomiarowej wybrano przyciskiem funkcję **zbieżność całkowitej** nastąpiło wyświetlenie uzyskanego parametru:



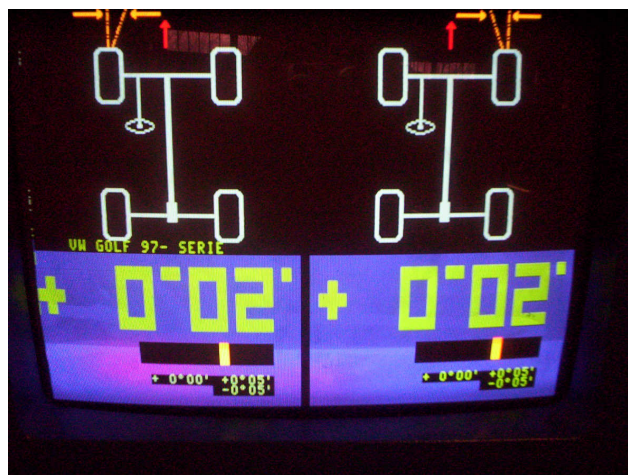
Rys.66. Dane uzyskane przed ustawieniem zbieżności kół.

Uzyskano następującą wartość $2^{\circ}01' N(-)$. Wartość ta uległa korekcji gdyż nie mieści się w przedziale pomiarowym. Korekcje przeprowadzono poprzez wydłużanie lub skracanie długości drążka kierowniczego; długość drążka kierowniczego regulujemy poprzez wkręcanie lub wykręcanie gałki w tuleję drążka kierowniczego lub końcówki drążka kierowniczego.



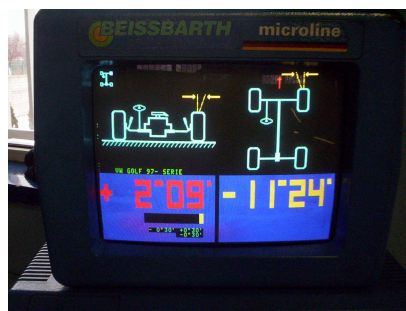
Rys.67. Miejsce regulacji zbieżności kół.

Uzyskano następującą wartość zbieżności kół $0^{\circ}04' P (+)$ rysunek poniżej przedstawia zbieżność półwkową. Suma zbieżności półwkowych po dodaniu daje zbieżność całkowitą.



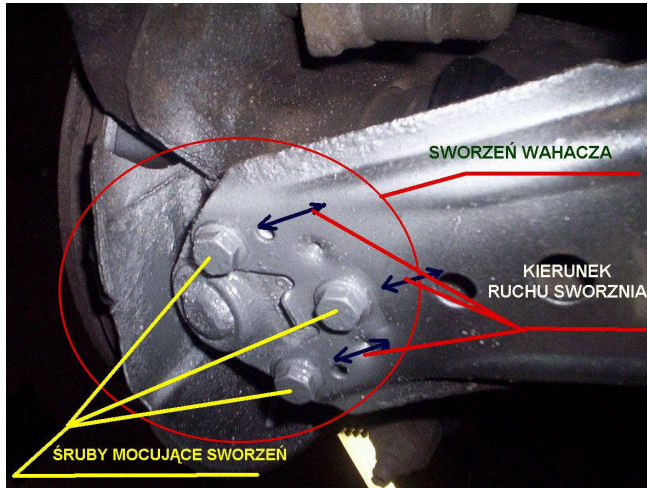
Rys.68. Wartość regulowanej zbieżności kół.

Podana wartość to jest $0^{\circ}04' P (+)$ mieści się w zakresie tolerancji pomiarowej zbieżności kół. Aby wykonać pomiar pochylenia koła należało najpierw ustawić zbieżność kół. Przed regulacją pochylenia należy wybrać z konsoli przyrządu klawisz z parametrem pomiarowym kąta pochylenia koła. Po wybraniu opcji uzyskaliśmy następujące dane:



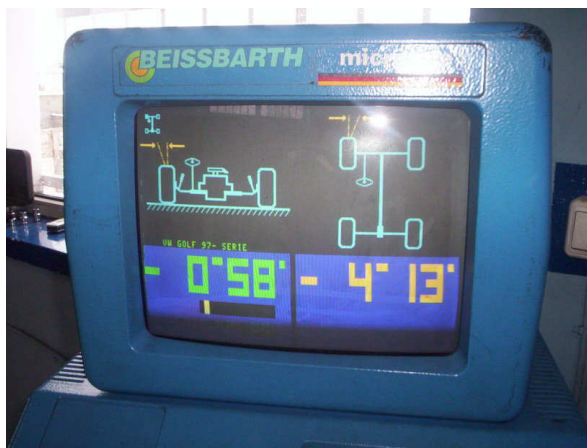
Rys.69. Wartości pochylenia koła lewa strona i prawa strona.

Wartość uzyskana - lewe koło $2^{\circ}09' N (-)$, prawe koło $2^{\circ}09' P (+)$. Regulacja tego parametru odbywa się poprzez zmianę długości wahacza, to znaczy luzujemy śruby mocujące sworznię do wahacza i wysuwamy lub wsuwamy podstawę sworznia w wahacz.



Rys.70. Regulacja pochylenia koła VW Golf IV.

W trakcie regulacji pochylenia kół uzyskano następujące wartości parametrów:



Rys.71. Wartość regulowanego kąta pochylenia koła lewego oraz prawego.

Wartość uzyskana po regulacji wynosi - lewe koło $0^{\circ}58' N (-)$, prawe koło $0^{\circ}23' N (-)$. Powyższe parametry mieszczą się w zakresie pomiarowym przewidzianym dla wybranego pojazdu. Wartość kąta wyprzedzenia nie ulega korekcy ponieważ producent pojazdu nie przewidział zmiany jego wartości. Kąt ten może ulec jedynie pomiarowi. Prawidłowa wartość kąta jest podana w tabelach regulacyjnych geometrii kół. Zmierzona wartość kąta wyprzedzenia to: lewe koło $8^{\circ}40' P (+)$, prawe koło $9^{\circ}18' P (+)$.



Rys.72. Zmierzone wartości kąta wyprzedzenia kół.

Gdy uzyskano wszystkie poprawne parametry sprawdzono miejsca regulacyjne czy zostały prawidłowo poskręcane i zabezpieczone antykorozyjnym sprayem (Biteks w sprayu).

REGULOWANE PARAMETRY	POPRAWNE WARTOŚCI REGULOWANYCH PARAMETRÓW	UZYSKANE WARTOŚCI W TRAKCIE POMIARU I REGULACJI	
ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$0^{\circ}04'P (+)$	
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$	KOŁO LEWE	KOŁO PRAWE
		$0^{\circ}58' N (-)$	$0^{\circ}23' N (-)$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$	KOŁO LEWE	KOŁO PRAWE
		$8^{\circ}40' P (+)$	$9^{\circ}18' P (+)$

Tab.11. Poprawne wartości parametrów regulacyjnych uzyskane w trakcie pomiaru.

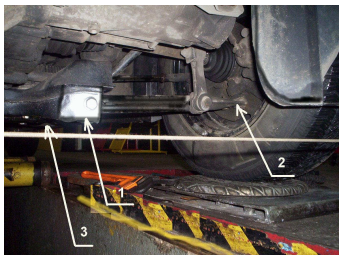
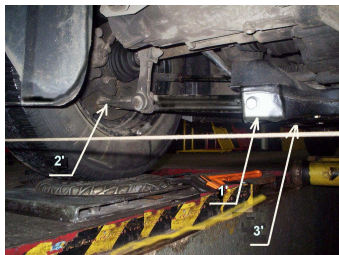


3.5. Pomiar geometrii zawieszenia kół – parametry zgodne z normami, oraz ich wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszenia.

Pomiar i regulacja parametrów geometrii kół odbył się na stanowisku pomiarowym przy użyciu sprzętu pomiarowo-regulacyjnego jakim jest **BEISSBARHT Microline 3000**. Wartości danych regulacyjnych jakie uzyskano w trakcie badania przedstawia **tabela 12**.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	0⁰04' P (+)
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		0⁰58' N (-)	0⁰23' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		8⁰40' P (+)	9⁰18' P (+)

Tab.12. Tabela pomiarowa – parametry zgodne z normami.

Po uzyskaniu żądanych wartości parametrów: zbieżności kół, kąta pochylenia kół, kąta wyprzedzenia kół, wybrano punkty kontrolne zawieszenia rozmieszczone następująco:

STRONA LEWA POJAZDU				PRAWA STRONA POJAZDU			
							
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA		CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU		1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU	
2	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU		2'	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU	
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU		3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU	
							
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA		CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU		4'	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU	

Tab.13. Diagram stanu układu zawieszenia (poprawne dane regulacyjne).

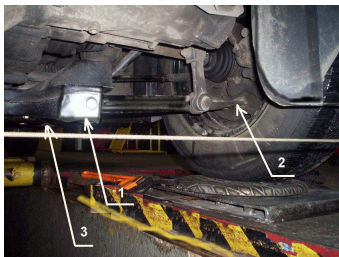
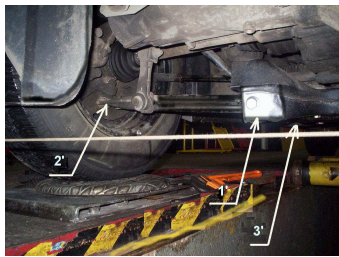

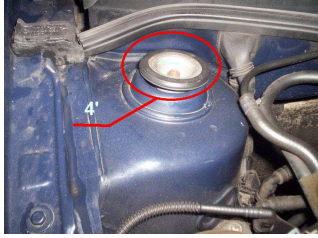
Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości parametrów regulacyjnych. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km w cyklu miejskim. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

- Pomiar geometrii zawieszenia kół po pokonaniu dystansu 300 km.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	0⁰03' P (+)	
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		0⁰54' N (-)	0⁰27' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		8⁰41' P (+)	9⁰18' P (+)

Tab.14. Tabela pomiarowa po przejechaniu 300 km – parametry zgodne z normami.

- Tabela sprawności układu zawieszenia:

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
2	SWORZEŃ WAHACZA	2'	SWORZEŃ WAHACZA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU

Tab.15. Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300km (poprawne dane regulacyjne).

Wnioski- badanie nr.1

Z tabeli 15. wynika, że przy prawidłowo ustawionej geometrii zawieszenia kół, to jest w zakresie regulacji podanej przez producenta nie zauważono jakichkolwiek oznak zużycia lub luzu w układzie zawieszenia. Układ zawieszenia w samochodzie z poprawnie ustawioną geometrią kół zapewnia prawidłowy komfort, oraz bezpieczeństwo.

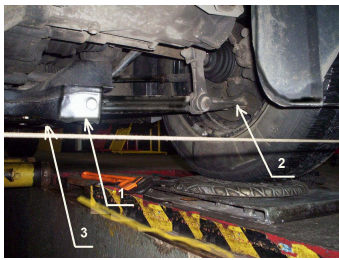
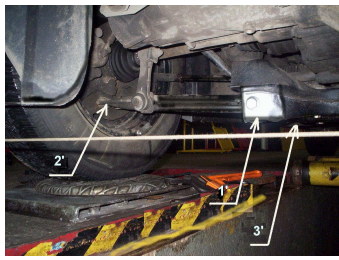

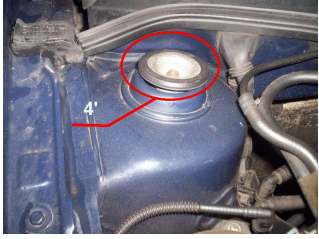
3.6. Pomiar geometrii zawieszenia kół – zbieżność kół dodatnia, oraz jej wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszenia.

Pomiar i regulacja parametrów geometrii kół odbył się na stanowisku pomiarowym przy użyciu sprzętu pomiarowo-regulacyjnego jakim jest **BEISSBARHT Microline 3000**. Wartości danych regulacyjnych jakie uzyskano w trakcie regulacji przedstawia **tabela 16**.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$2^{\circ}10'$ P
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		$0^{\circ}54'$ N (-)	$0^{\circ}27'$ N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		$8^{\circ}41'$ P (+)	$9^{\circ}18'$ P (+)

Tab.16. Tabela pomiarowa – zbieżność kół dodatnia.

Po uzyskaniu żądanych wartości parametrów: zbieżności kół – zbieżność poza zakresem regulacyjnym (dodatnia), wybrano punkty kontrolne zawieszenia rozmieszczone następująco:

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
2	SWORZEŃ WAHACZA	2'	SWORZEŃ WAHACZA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU

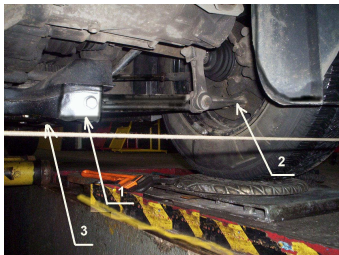
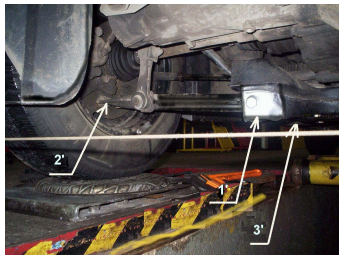

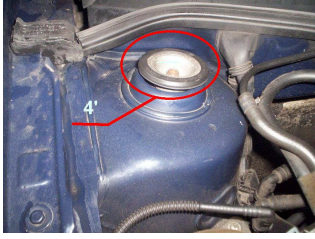
Tab.17. Diagram stanu układu zawieszenia (zbieżność dodatnia).

Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości kąta pochylenia oraz kąta wyprzedzenia. Parametr regulacyjny jakim jest zbieżność kół został w tym przypadku zmieniona o 2° w kierunku dodatnim. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km w cyklu miejskim. Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		0° ± 0°10'	2°33' P
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	0° + 1° N	Koło lewe	Koło prawe
		0°32' N (-)	0°17' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	7°10' + 8°10'	Koło lewe	Koło prawe
		8°32' P (+)	9°21' P (+)

Tab.18. Tabela pomiarowa – zbieżność kół dodatnia po przebyciu 300km.

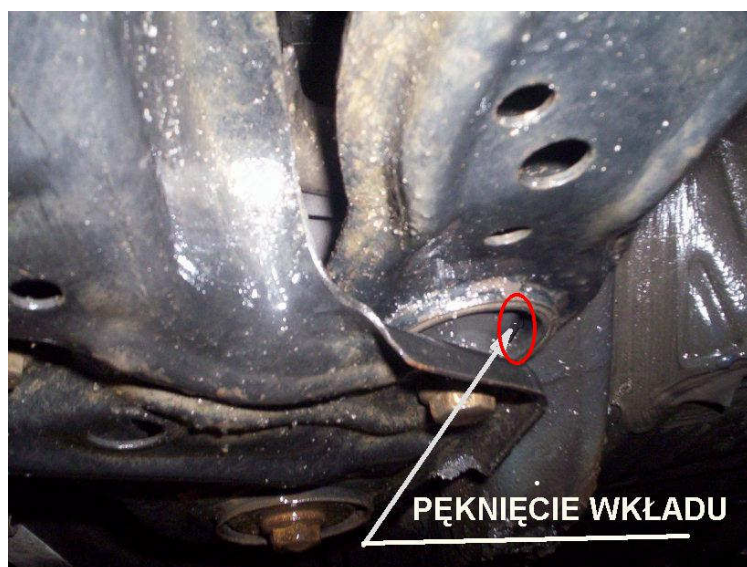
Po przeprowadzeniu pomiaru zauważono znaczną zmianę parametrów regulacyjnych szczególnie pogorszyła się zbieżność kół w kierunku dodatnim uzyskano wartość **2°33' P**. Zmiana ta może mieć istotny wpływ na stan oznaczonych wcześniej elementów zawieszenia. Dokonujemy kolejnych oględzin układu zawieszenia.

STRONA LEWA POJAZDU			PRAWA STRONA POJAZDU		
					
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU
2	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU	2'	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	LUZ	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY	LUZ
					
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU

Tab.19. Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300km (zbieżność dodatnia).

Wnioski- badanie nr.2

Z tabeli 19. wynika, że przy nieprawidłowo ustawionej zbieżności zawieszenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $2^{\circ}10' P$, zauważono zużycie tylnych wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu. Zauważono również, że przy złej zbieżności kół różnica błędów w ustawieniu zbieżności zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza może prowadzić do podsterowności pojazdu i braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po wewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.



Rys.73. Uszkodzenie wkładu tylnego wahacza przedniego lewa strona.



Rys.74. Uszkodzenie wkładu tylnego wahacza przedniego prawa strona.

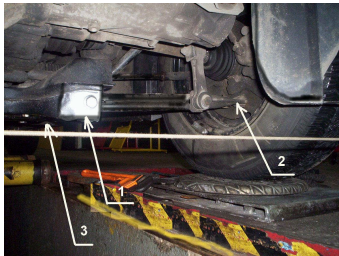
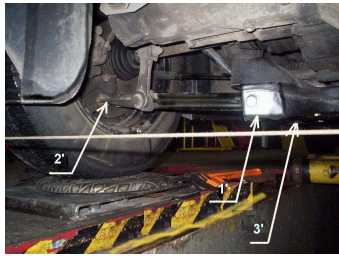

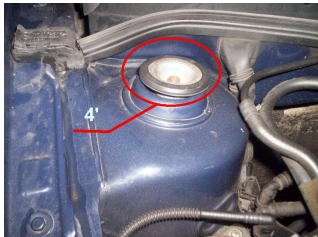
3.7. Pomiar geometrii zawieszenia kół – zbieżność kół ujemna, oraz jej wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszenia.

Pomiar i regulacja parametrów geometrii kół odbył się na stanowisku pomiarowym przy użyciu sprzętu pomiarowo-regulacyjnego jakim jest **BEISSBARHT Microline 3000**. Wartości danych regulacyjnych jakie uzyskano w trakcie regulacji przedstawia **tabela 20**.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	2^o10' N	
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		0 ^o 54' N (-)	0 ^o 27' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		8 ^o 41' P (+)	9 ^o 18' P (+)

Tab.20. Tabela pomiarowa – zbieżność kół ujemna.

Po uzyskaniu żądanych wartości parametrów: zbieżności kół – zbieżność poza zakresem regulacyjnym (ujemna), wybrano punkty kontrolne zawieszenia rozmieszczone następująco:

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1 WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU	1' WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU
2 SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU	2' SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU
3 WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU	3' WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4 PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU	4' PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU

Tab.21. Diagram stanu układu zawieszenia (zbieżność ujemna).

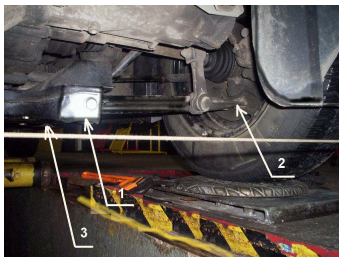
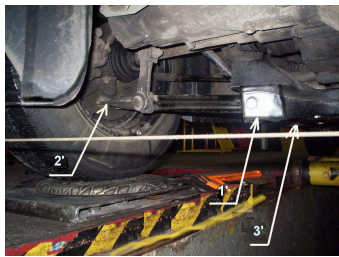

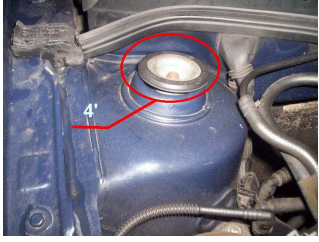
Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości kąta pochylenia oraz kąta wyprzedzenia. Parametr regulacyjny jakim jest zbieżność kół został w tym przypadku zmieniona o 2° w kierunku ujemnym. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km w cyklu miejskim.

Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	2°57' N
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		0°10' P (+)	0°09' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		8°29' P (+)	9°10' P (+)

Tab.22. Tabela pomiarowa – zbieżność kół ujemna po przebyciu 300km.

Po przeprowadzeniu pomiaru zauważono znaczną zmianę parametrów regulacyjnych szczególnie pogorszyła się zbieżność kół w kierunku dodatnim uzyskano wartość **2°57'N**. Zmiana ta może mieć istotny wpływ na stan oznaczonych wcześniej elementów zawieszenia. Dokonujemy kolejnych oględzin układu zawieszenia.

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1 WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	LUZ	1' WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	LUZ
2 SWORZEŃ WAHACZA	LUZ	2' SWORZEŃ WAHACZA	LUZ
3 WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU	3' WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4 PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU	4' PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU

Tab.23. Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (zbieżność ujemna).

Wnioski- badanie nr.3

Z tabeli 23. wynika, że przy nieprawidłowo ustawionej zbieżności zawieszenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $2^{\circ}10' N$, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, oraz sworzni wahacza również po obu stronach pojazdu. Zauważono również, że przy złej zbieżności kół, różnica błędu w ustawieniu zbieżności zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz sworzni może prowadzić do podsterowności pojazdu i braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po zewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.



Rys.75. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza lewa strona.



Rys.76. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza prawa strona.



Rys.77. Uszkodzenie sworzni wahacza prawa strona (uszkodzenie lewe takie same).

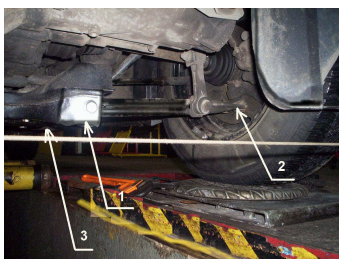
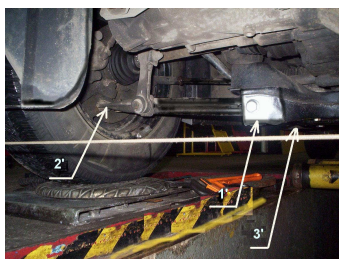

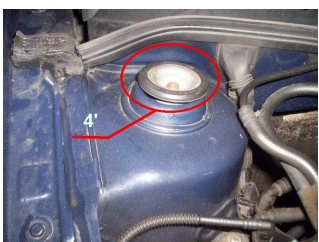
3.8. Pomiar geometrii zawieszenia kół – kąt pochylenia kół dodatni, oraz jego wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszenia.

Pomiar i regulacja parametrów geometrii kół odbył się na stanowisku pomiarowym przy użyciu sprzętu pomiarowo-regulacyjnego jakim jest **BEISSBARHT Microline 3000**. Wartości danych regulacyjnych jakie uzyskano w trakcie regulacji przedstawia **tabela 24**.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$0^{\circ}04' P (+)$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		$2^{\circ} P (+)$	$2^{\circ} P (+)$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		$8^{\circ}41' P (+)$	$9^{\circ}18' P (+)$

Tab.24. Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół dodatni.

Po uzyskaniu żądanych wartości parametrów: kąt pochylenia kół – pochylenie poza zakresem regulacyjnym (dodatnie), wybrano punkty kontrolne zawieszenia rozmieszczone następująco:

STRONA LEWA POJAZDU				PRAWA STRONA POJAZDU			
							
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA		CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU		1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	BRAK LUZU	
2	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU		2'	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU	
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU		3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU	
							
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA		CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU		4'	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU	

Tab.25. Diagram stanu układu zawieszenia (kąt pochylenia kół dodatni).

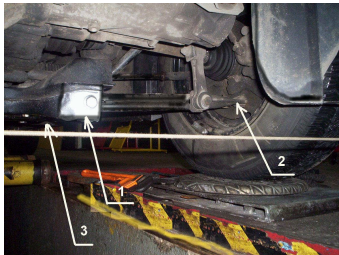
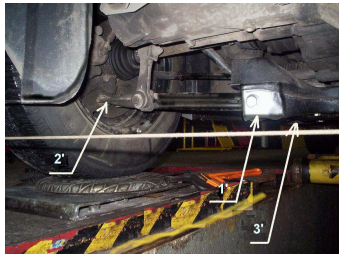

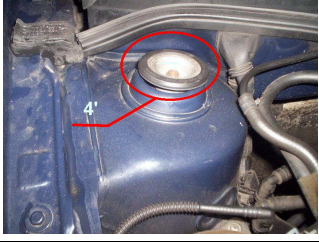
Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości zbieżności kół oraz kąta wyprzedzenia. Parametr regulacyjny jakim jest kąt pochylenia kół został w tym przypadku zmieniona o 2° w kierunku dodatnim. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km w cyklu miejskim.

Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$0^{\circ}05' P (+)$	
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} + 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		$2^{\circ} 04' P (+)$	$2^{\circ} 04' P (+)$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		$8^{\circ}29' P (+)$	$9^{\circ}09' P (+)$

Tab.26. Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół dodatni po przebyciu 300km.

Po przeprowadzeniu pomiaru zauważono znaczną zmianę parametrów regulacyjnych szczególnie pogorszyły się kąty pochylenia kół w kierunku dodatnim uzyskano wartość $2^{\circ}04' P$. Zmiana ta może mieć istotny wpływ na stan oznaczonych wcześniej elementów zawieszenia. Dokonujemy kolejnych oględzin układu zawieszenia.

STRONA LEWA POJAZDU			PRAWA STRONA POJAZDU		
					
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	LUZ	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	LUZ
2	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU	2'	SWORZEŃ WAHACZA	BRAK LUZU
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	LUZ	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY	BRAK LUZU
					
CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA		STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	LUZ	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA	BRAK LUZU

Tab.27. Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (pochylenie dodatnie).

Wnioski- badanie nr.4

Z tabeli 27. wynika, że przy nieprawidłowo ustawionym kącie pochylenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $2^{\circ} P (+)$, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, wkładu tylnego wahacza lewa strona, oraz poduszki McPhersona lewa strona pojazdu. Zauważono również, że przy złym kącie pochylenia kół, różnica błędu w ustawieniu tego kąta zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz poduszek Mc'Phersona może prowadzić do utraty stabilności pojazdu, oraz braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po zewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.



Rys.78. Uszkodzenie wkładu tylnego wahacza lewa strona (kąć pochylenia dodatni).



Rys.79. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza lewa strona ; uszkodzenie prawej strony identyczne(kąć pochylenia dodatni).



Rys.80. Uszkodzenie poduszki Mc'Phersona.

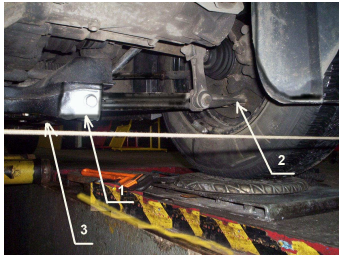
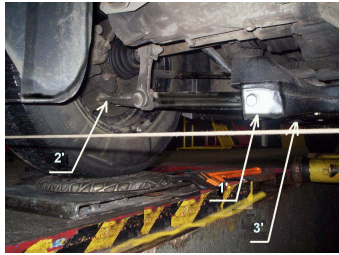

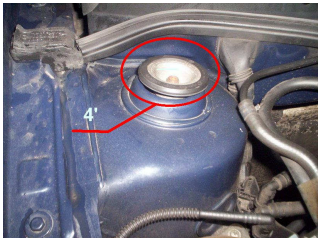
3.9. Pomiar geometrii zawieszenia kół – kąt pochylenia kół ujemny, oraz jego wpływ na wybrane punkty kontrolne zawieszenia.

Pomiar i regulacja parametrów geometrii kół odbył się na stanowisku pomiarowym przy użyciu sprzętu pomiarowo-regulacyjnego jakim jest **BEISSBARHT Microline 3000**. Wartości danych regulacyjnych jakie uzyskano w trakcie regulacji przedstawia **tabela 28**.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
		$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$	$0^{\circ}04' P (+)$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$	Koło lewe	Koło prawe
		$3^{\circ} N (-)$	$3^{\circ} N (-)$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$	Koło lewe	Koło prawe
		$8^{\circ}41' P (+)$	$9^{\circ}18' P (+)$

Tab.28. Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół ujemny.

Po uzyskaniu żądanych wartości parametrów: kąt pochylenia kół – pochylenie poza zakresem regulacyjnym (ujemne), wybrano punkty kontrolne zawieszenia rozmieszczone następująco:

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
2	SWORZEŃ WAHACZA	2'	SWORZEŃ WAHACZA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU

Tab.29. Diagram stanu układu zawieszenia (kął pochylenia ujemny).

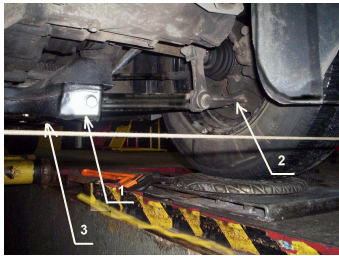
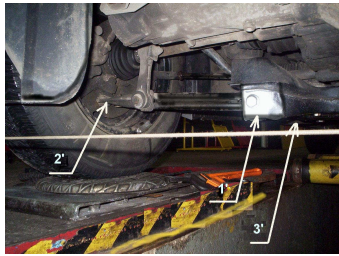


Pomiar i ustawienie geometrii kół dokonywany jest przy prawidłowej wartości zbieżności kół oraz kąta wyprzedzenia. Parametr regulacyjny jakim jest kąt pochylenia kół został w tym przypadku zmieniona o 2° w kierunku ujemnym. Przy tak ustawionej geometrii zawieszenia kół pojazd pokonuje dystans 300km w cyklu miejskim.

Po pokonaniu zadanej drogi ponownie sprawdzana jest geometria kół, oraz podlegają ocenie sprawności przyjęte punkty kontrolne zawieszenia kół.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	Zakres wartości poprawnych	Wartości uzyskane w trakcie pomiaru	
	0° ± 0°10'	0°07' P (+)	
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	0° ÷ 1° N	Koło lewe	Koło prawe
		3°11' N (-)	3°11' N (-)
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	7°10' ÷ 8°10'	Koło lewe	Koło prawe
		8°29' P (+)	9°01' P (+)

Tab.30. Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół ujemny po przebyciu 300km.

Po przeprowadzeniu pomiaru zauważono znaczną zmianę parametrów regulacyjnych szczególnie pogorszyły się kąty pochylenia kół w kierunku ujemnym uzyskano wartość **3°11'N**. Zmiana ta może mieć istotny wpływ na stan oznaczonych wcześniej elementów zawieszenia. Dokonujemy kolejnych oględzin układu zawieszenia.

STRONA LEWA POJAZDU		PRAWA STRONA POJAZDU	
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
1	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI	1'	WKŁAD WAHACZA PRZEDNI
	LUZ		LUZ
2	SWORZEŃ WAHACZA	2'	SWORZEŃ WAHACZA
	LUZ		LUZ
3	WKŁAD WAHACZA TYLNY	3'	WKŁAD WAHACZA TYLNY
	BRAK LUZU		BRAK LUZU
			
CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA	CZĘŚCI ZAWIESZENIA	STAN CZĘŚCI ZAWIESZENIA
4	PODUSZKA AMORTYZATORA	4'	PODUSZKA AMORTYZATORA
	BRAK LUZU		BRAK LUZU

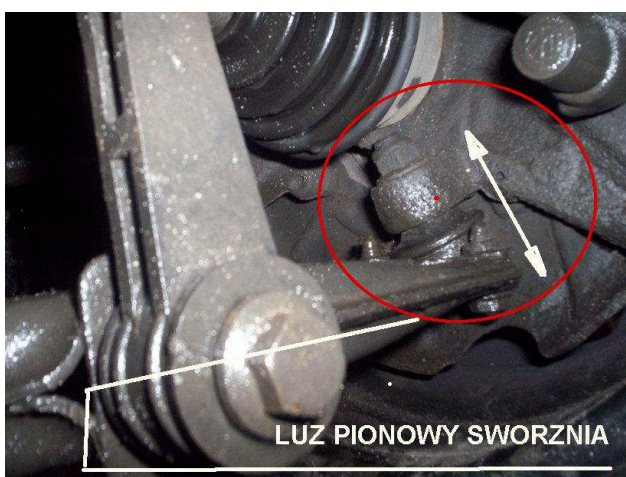
Tab.31. Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (pochylenie ujemne).

Wnioski- badanie nr.5

Z tabeli 31. wynika, że przy nieprawidłowo ustawionym kącie pochylenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $3^{\circ} N (-)$, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, oraz sworzni wahaczy również po obu stronach pojazdu. Zauważono również, że przy złym kącie pochylenia kół, różnica błędu w ustawieniu tego kąta zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz sworzni wahacza może prowadzić do utraty stabilności pojazdu, oraz braku komfortu podróżowania oraz wyrwania mocowania sworzni w piąście. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po wewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.



Rys.81. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza lewa strona ; uszkodzenie prawej strony identyczne(kąt pochylenia ujemny).



Rys.82. Uszkodzenie sworzni wahacza lewa strona ; uszkodzenie prawej strony identyczne (kąt pochylenia ujemny).

Wnioski:

Po przeprowadzeniu serii badań, które miały na celu sprawdzić wpływ geometrii kół na zużycie układu zawieszenia, stwierdzono:

- Przy prawidłowo ustawionej geometrii zawieszenia kół, to jest w zakresie regulacji podanej przez producenta nie zauważono jakichkolwiek oznak zużycia lub luzu w układzie zawieszenia. Układ zawieszenia w samochodzie z poprawnie ustawioną geometrią kół zapewnia prawidłowy komfort, oraz bezpieczeństwo jazdy.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.32. Parametry regulacyjne *VW Golf IV*.

- Przy nieprawidłowo ustawionej zbieżności zawieszenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $2^{\circ}10' P$, zauważono zużycie tylnych wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu. Zauważono również, że przy złej zbieżności kół różnica błędu w ustawieniu zbieżności zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza może prowadzić do podsterowności pojazdu i braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po wewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$2^{\circ}10' P$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.33. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność dodatnia).

- Przy nieprawidłowo ustawionej zbieżności zawieszenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie $2^{\circ}10' N$, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, oraz sworznia wahacza również po obu stronach pojazdu. Zauważono również, że przy złej zbieżności kół, różnica błędu w ustawieniu zbieżności zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz sworzni może prowadzić do podsterowności pojazdu i braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po zewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$2^{\circ}10' N$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	$0^{\circ} \div 1^{\circ} N$
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' + 8^{\circ}10'$

Tab.34. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność ujemna).

- Przy nieprawidłowo ustawionym kącie pochylenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie **2° P (+)**, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, wkładu tylnego wahacza lewa strona, oraz poduszki McPhersona lewa strona pojazdu. Zauważono również, że przy złym kącie pochylenia kół, różnica błędu w ustawieniu tego kąta zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz poduszek McPhersona może prowadzić do utraty stabilności pojazdu, oraz braku komfortu podróżowania. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po zewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	2° P
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$

Tab.35. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie dodatnie).

- Przy nieprawidłowo ustawionym kącie pochylenia kół, to jest poza zakresem regulacji podanej przez producenta a dokładnie **3° N (-)**, zauważono zużycie przednich wkładów wahacza zarówno z prawej jak i z lewej strony pojazdu, oraz sworzni wahaczy również po obu stronach pojazdu. Zauważono również, że przy złym kącie pochylenia kół, różnica błędu w ustawieniu tego kąta zwiększa swój zakres. Nadmierne zużycie wkładów wahacza, oraz sworzni wahacza może prowadzić do utraty stabilności pojazdu, oraz braku komfortu podróżowania oraz wyrwania mocowania sworzni w piasku. Zauważono również nadmierne zużycie opon przedniej osi po wewnętrznej stronie rzeźby bieżnika opony.

ZBIEŻNOŚĆ KÓŁ PRZEDNICH	$0^{\circ} \pm 0^{\circ}10'$
KĄT POCHYLENIA KÓŁ	3° N
KĄT WYPRZEDZENIA KÓŁ	$7^{\circ}10' \div 8^{\circ}10'$

Tab.36. Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie ujemne).

Z powyższych przypadków wynika, że geometria zawieszenia kół ma wpływ na zużycie i prawidłową eksploatację układu zawieszenia przedniego badanego pojazdu. Stwierdzono, że zły stan elementów zawieszenia pogarsza parametry regulacyjne jakimi są: kąt pochylenia, zbieżność kół. Aby zapewnić poprawną charakterystykę pracy, oraz jak najdłuższą eksploatację układu zawieszenia kół, geometria przedniej osi powinna być korygowana co najmniej dwa razy do roku.

Literatura.

1. Orzełowski S. : „Budowa podwozi i nadwozi samochodowych.” Warszawa WSP1998,
 2. Trzecia K. : „Diagnostyka samochodów osobowych.” Warszawa WKŁ 1998,
 3. Stawiszyński S. :”Poradnik mechanika samochodowego.” Warszawa WKŁ 1975,
 4. Autodata –,, Geometria kół samochodowych.” Precyzja-Service 1999,
 5. Arczyński S.: „Mechanika ruchu samochodu.” Warszawa WNT 1993
 6. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.3 2006 r.
 7. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.6 2000 r.
 8. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.6 1998 r.
 9. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.10 1996 r.
 10. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.2 2006 r.
 11. BMW AG Munchen/Deutschland “Der neue BMW 1er” 2006 r.
 12. BMW AG Munchen/Deutschland “Der neue BMW M5” 2006 r.
 13. 151190.13.01 Printed in Germany “ Der Touareg” 2003 r.
 14. Audi AG “ A6 Details” 2004 r.
 15. Vogel Business Media - „AUTO-EXPERT” nr.9 2000 r.
 16. Precyzja Bydgoszcz –
„Komputerowy System Pomiaru Geometrii Kół Microline 3000” 1997 r.
-

Spis rysunków:

- Rys.1.** Przykład zawieszenia z belką sztywną (zawieszenie zależne).
- Rys.2.** Przykład zawieszenia wahaczowego (zawieszenie niezależne).
- Rys.3.** Schematy typowych niezależnych zawiesznień kół.
- Rys.4.** Budowa półeliptycznego resoru piórowego.
- Rys.5.** Zawieszenie z zastosowaniem sprężyn śrubowych **Audi A6**.
- Rys.6.** Niezależne zawieszenie przednie z elementami sprężystymi w postaci drążków skrętnych **IVECO DAILY**.
- Rys.7.** Tylna oś zespolona belką skrętną **RENAULT KANGOO**.
- Rys.8.** Gumowy odbój amortyzatora **AUDI A4**.
- Rys.9.** Oś AL-KO typu Euro Compact.
- Rys.10.** Wkłady metalowo gumowe i ich miejsce zamocowania, A- wahacz **Fiat Cinquacento** miejsca montażu tulei metalowo gumowych, B- przykładowe tuleje gumowe wahacza (**Citroen Berlingo, Fiat Brava, Polonez**, C- rzut tulei z góry.
- Rys.11.** Na rysunku przedstawiono typy ruchów nadwozia.
- Rys.12.** Połączone w kolumnę resorującą sprężyny śrubowe i amortyzator przedniej osi **BMW M5**.
- Rys.13.** Oddzielnie zamocowana sprężyna śrubowa i amortyzator teleskopowy tylnej osi **BMW 1er**.
- Rys.14.** Schemat budowy amortyzatorów teleskopowych z lewej – amortyzator dwururowy, z prawej – amortyzator gazowy jednorurowy.
- Rys.15.** Wykresy siła droga i siła prędkość trzech hydraulicznych amortyzatorów teleskopowych **A** – amortyzator o charakterystyce degresywnej, **B** – amortyzator o charakterystyce progresywnej, **C** – amortyzator o charakterystyce liniowej,
- Rys.16.** Zawieszenie hydroelastic. A - działanie elementu, B – zastosowanie w pojeździe czterokołowym.
- Rys.17.** Pneumatyczne elementy zawieszenia kół. A - budowa dwufałdowego mieszka z zasobnikiem powietrza, B - schemat działania mieszka.
- Rys.18.** Wahacz wleczony tylni **Kawasaki**.
- Rys.19.** Wahacz poprzeczny skośny przedni (zawieszenie wielowahaczowe) **Audi A4**.
- Rys.20.** Wahacz poprzeczny przedni **VW Golf III**.
- Rys.21.** Wahacz poprzeczny dolny **BMW 525**.
- Rys.22.** Sworzeń wciskany wahacza dolnego **Jeep Liberty**.
- Rys.23.** Sworzeń wahacza dolnego (wymienne) **Opel Astra**.
- Rys.24.** Wahacz dolny **BMW**; **1** – niewymienny sworzeń; **2** – wymienne wkłady wahacza.
- Rys.25.** Łącznik drążka stabilizacyjnego **Renault Laguna**.
- Rys.26.** Kolumna McPhersona **Fiat Cinquacento**.
- Rys.27.** Zbieżność kół przednich.
- Rys.28.** Regulacja zbieżności zawieszenia kół.
- Rys.29.** Przykład pochylenia kół.
- Rys.30.** Zmiana pochylenia koła poprzez zmianę położenia amortyzatora (przestawienie mimośrodowo dolnego przy amortyzatorze) **VW Golf IV**.
- Rys.31.** Regulacja kąta pochylenia koła podkładkami dystansowymi (np. **Fiat 126P**).
- Rys.32.** Regulacja kąta pochylenia koła poprzez zmianę położenia sworznia wahacza (np. **VW Golf III**).
- Rys.33.** Kąt wyprzedzenia sworznia zwrotnicy.
- Rys.34.** Metoda regulacji kąta wyprzedzenia. **1** - zaczep stabilizatora; **2** - przeciwnakrętka;

Rys.35. Dane regulacyjne „**Autodata ADCD 2004**” (wydruk komputerowy programu).

Rys.36. Dane regulacyjne wraz z opisem „**Autodata**” (książka regulacyjna).

Rys.37. Wybór danych regulacyjnych z pośród marek pojazdów **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.38. Wybór danych regulacyjnych z pośród modeli wybranej marki **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.39. Wybór danych regulacyjnych z pośród rodzaju modelu wybranej marki **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.40. Wybrane dane regulacyjne –przebieg gotowy do pomiaru **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.41. Pomiar zbieżności listwą pomiarową.

Rys.42. Mechaniczny pomiar kąta pochylenia koła.

Rys.43. Przyrząd optyczny **GTO Laser**.

Rys.44. Przyrząd pomiarowy **GTO Laser** wraz z obrotnicą, oraz zaciskiem mocującym.

Rys.45. Urządzenie optyczne **PKO 4** (cały zestaw).

Rys.46. Komputerowy przyrząd do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.47. Głowica pomiarowa przednia przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.48. Głowica pomiarowa tylna przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.49. Panel sterowania przyrządu do pomiaru geometrii kół **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.50. Stanowisko pomiarowe geometrii zawieszenia kół.

Rys.51. Przyrząd regulacyjny geometrii zawieszenia kół użyty w badaniach **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.52. Kanałowe stanowisko pomiarowe geometrii kół.1 – Obrotnice kanałowe (komputerowe) 2 – Lewarek kanałowy hydrauliczny.

Rys.53. Obrotnica kanałowa.

Rys.54. Zestaw pomiarowy **BEISSBARHT Microline 3000**.

Rys.55. Zestaw kluczy użytych do regulacji geometrii zawieszenia kół.

Rys.56. Punkty kontrolne prawa strona pojazdu (wahacz).

Rys.57. Punkty kontrolne lewa strona pojazdu (wahacz).

Rys.58. Punkt kontrolny prawa strona pojazdu (poduszka McPhersona).

Rys.59. Punkt kontrolny lewa strona pojazdu (poduszka McPhersona).

Rys.60. Wahacz **VW Golf IV** (wkłady wahacza - miejsca pomiarowe).

Rys.61. Sworzeń wahacza **VW Golf IV** (miejsce pomiarowe).

Rys.62. Umieszczenie zacisku mocującego głowicę pomiarową.

Rys.63. Umieszczenie zacisku mocującego wraz z głowicą pomiarową.

Rys.64. Kolejne funkcje wyboru danych regulacyjnych do pojazdu.

Rys.65. Poziomica głowicy pomiarowej.

Rys.66. Dane uzyskane przed ustawieniem zbieżności kół.

Rys.67. Miejsce regulacji zbieżności kół.

Rys.68. Wartość regulowanej zbieżności kół.

Rys.69. Wartości pochylenia koła lewa strona i prawa strona.

Rys.70. Regulacja pochylenia koła **VW Golf IV**.

Rys.71. Wartość regulowanego kąta pochylenia koła lewego oraz prawego.

Rys.72. Zmierzona wartości kąta wyprzedzenia kół.

Rys.73. Uszkodzenie wkładu tylnego wahacza przedniego lewa strona.

Rys.74. Uszkodzenie wkładu tylnego wahacza przedniego prawa strona.

Rys.75. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza lewa strona.

Rys.76. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza prawa strona.

Rys.77. Uszkodzenie sworzni wahacza prawa strona (uszkodzenie lewe takie same).

Rys.78. Uszkodzenie wkładu tylniego wahacza lewa strona (kąąt pochylenia dodatni).

Rys.79. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacz lewa strona ; uszkodzenie prawej strony identyczne(kąąt pochylenia dodatni).

Rys.80. Uszkodzenie poduszki Mc'Phersona.

Rys.81. Uszkodzenie wkładu przedniego wahacza lewa strona; uszkodzenie prawej strony identyczne(kąąt pochylenia ujemny).

Rys.82. Uszkodzenie sworznia wahacza lewa strona ; uszkodzenie prawej strony identyczne (kąąt pochylenia ujemny).

Spis tabel:

- Tab.1.** Przyjęte błędne parametry pomiarowe (zmienione pochylenie oraz zbieżność).
- Tab.2.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV*.
- Tab.3.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność dodatnia).
- Tab.4.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność ujemna).
- Tab.5.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie dodatnie).
- Tab.6.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie ujemne).
- Tab.7.** Możliwe pomiary *BEISSBARHT Microline 3000*.
- Tab.8.** Wykonywane pomiary *BEISSBARHT Microline 3000* w trakcie badania.
- Tab.9.** Tabela ciśnień dla *VW Golf IV* bez obciążenia.
- Tab.10.** Tabela ciśnień dla *VW Golf IV* z obciążeniem.
- Tab.11.** Poprawne wartości parametrów regulacyjnych uzyskane w trakcie pomiaru.
- Tab.12.** Tabela pomiarowa – parametry zgodne z normami.
- Tab.13.** Diagram stanu układu zawieszenia (poprawne dane regulacyjne).
- Tab.14.** Tabela pomiarowa po przejechaniu 300 km – parametry zgodne z normami.
- Tab.15.** Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300km (poprawne dane regulacyjne).
- Tab.16.** Tabela pomiarowa – zbieżność kół dodatnia.
- Tab.17.** Diagram stanu układu zawieszenia (zbieżność dodatnia).
- Tab.18.** Tabela pomiarowa – zbieżność kół dodatnia po przebyciu 300km.
- Tab.19.** Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300km (zbieżność dodatnia).
- Tab.20.** Tabela pomiarowa – zbieżność kół ujemna.
- Tab.21.** Diagram stanu układu zawieszenia (zbieżność ujemna).
- Tab.22.** Tabela pomiarowa – zbieżność kół ujemna po przebyciu 300km.
- Tab.23.** Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (zbieżność ujemna).
- Tab.24.** Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół dodatni.
- Tab.25.** Diagram stanu układu zawieszenia (kąt pochylenia kół dodatni).
- Tab.26.** Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół dodatni po przebyciu 300km.
- Tab.27.** Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (pochylenie dodatnie).
- Tab.28.** Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół ujemny.
- Tab.29.** Diagram stanu układu zawieszenia (kąt pochylenia ujemny).
- Tab.30.** Tabela pomiarowa – kąt pochylenia kół ujemny po przebyciu 300km.
- Tab.31.** Diagram stanu układu zawieszenia po pokonaniu dystansu 300 km (pochylenie ujemne).
- Tab.32.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV*.
- Tab.33.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność dodatnia).
- Tab.34.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zła zbieżność kół (zbieżność ujemna).
- Tab.35.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie dodatnie).
- Tab.36.** Parametry regulacyjne *VW Golf IV* zły kąt pochylenia koła (pochylenie ujemne).