

57593

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV  
TEKNOLOJİSİNDEKİ  
GELİŞMELER

Mak.Müh. Murat AHLATÇI

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalında

hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Raif DURAK

57593

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTANBUL, 1996

## İÇİNDEKİLER

Teşekkür	II
Türkçe özet	III
İngilizce özet	IV
1.0- Giriş	
<b>1-Yakıt tasarrufu</b>	2
1.1-Aerodinamik yapı	2
1.2-Hafif malzemelerin kullanımı	5
1.2.1-Otomobil kasa ve şasisinde yapılan iyileştirmeler	5
1.2.2-Alüminyum motor teknolojileri	9
1.2.3-Naylon emme manifoldu	10
1.2.4-Alaşımlı jant	11
1.2.5-Cam yerine plastik kullanımı	11
1.3-Yuvarlanma direncinin azaltılması	12
<b>2-Çevresel uyumluluk</b>	14
2.1-Emisyonların azaltılması	14
2.1.1-Yanmanın iyileştirilmesi	15
2.1.2-Katalitik konvertörler	16
2.1.3-Mevcut yakıtların ıslahı değişik yakıtların geliştirilmesi	25
2.1.4-Değişik enerji kaynaklarının kullanımı	29
2.1.4.1-Doğal gaz	29
2.1.4.2-Elektrik ile tahrik	31
2.1.4.3-Hidrojen	35
2.1.4.4-Hibrit	37
2.1.4.5-Diesel motorunun otomobilde kullanımını	43
2.2-Recycling(otomobil ve tüm parçalarının yeniden kullanılabilirliği)	47
<b>3-Güvenlik</b>	
3.1-Aktif güvenlik sistemleri	49
3.1.1-Fren sistemleri (ABS)	49
3.1.2-Anti-patinaj sistemi (TCS)	62
3.2-Pasif güvenlik sistemleri	64
3.2.1-Hava yastıkları	65
3.2.2-Emniyet kemeri	69
3.2.3-Darbe emici bölgeler	71
3.2.4-Çelik çubuklar	73
3.2.5-Teleskobik direksiyon	73
<b>4-Konfor</b>	74
4.1-Süspansiyon sistemleri	74
4.2-Ergonomi	92
<b>5-Performans</b>	97
5.1-Aşırı doldurma	98
5.2-Supap sayısının artırılması	105
5.3-Değişken kam profilli motorlar	107
Sonuçlar	109
Kaynaklar	111
Özgeçmiş	

## TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesinde emeği geçmiŐ olan, elim bir trafik kazasında, geçen yaŐta hayatını kaybeden Doç.Dr.Adnan Balık' a, tezin yönlendirilmesi ve yürütülmesinde büyük katkıları olan Prof.Dr.Raif Durak'a, ayrıca kaynak teminindeki yardımlarından dolayı Öğ.Gör.Muammer Özkan'a teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Murat Ahlatı  
Mak.Müh

TÜRKÇE ABSTRAKT (en fazla 250 sözcük) :

(TÜBİTAK/TÜRDOK'un Abstrakt Hazırlama Kılavuzunu kullanınız.)

Bu çalışmada, otomobilleri daha az yakıt harcayan, yolculara daha güvenli bir yolculuk sağlayan, daha konforlu seyahat edilebilen ve bunların yanı sıra çevreye daha az zararlı hale getirmek için geliştirilen teknolojiler incelenmiş, sistemlerin çalışma prensipleri şema ve diyagramlarla anlatılmaya çalışılmıştır. Bu teknolojilerin hızlı bir şekilde gelişmesinden dolayı tezin hazırlanmasında bu gelişmelerin takip edilebilmesi için kaynak olarak genelde yerli ve yabancı aylık ve haftalık sektör dergilerinden yararlanılmıştır.

Birinci bölümde, aerodinamik yapı, hafif malzeme kullanımı , yuvarlanma direncinin azaltılması gibi taşıtın konstrüktif yapısındaki gelişmeler ele alınmıştır.

İkinci bölümde, taşıtların çevreye verdikleri hasarların azaltılması yönünde olan gelişmeler sunulmuştur. Emisyonların azaltılmasına yönelik olarak egso gazlarının filtre edilmesi, değişik yakıtların ve güç kaynaklarının taşıtlarda kullanılması örneklerle incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, artan taşıt hızlarına paralel olarak sürücü ve yolcuların güvenliğinin artırılması için geliştirilen pasif ve aktif güvenlik sistemleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, taşıt konforuna yönelik olan süspansiyon sistemleri incelenmiş ayrıca ergonomi konusuna da değinilmiştir.

Beşinci bölümde, motorun performansını artırmaya yönelik olarak yapılan aşırı doldurma ve supap sayısının artırılmasının nedenleri karşılaştırmalı olarak verilmeye çalışılmıştır.

İNGİLİZCE ABSTRAKT (en fazla 250 sözcük) :

This article is a report on developing technologies that make a passenger car more economic, more secure, more comfortable and have environmental concern. Usually for literature, sector magazines and publications were used to follow the changing of the technologies. The principles of the systems were explained with diagrams and pictures.

In this work, development of the automotive technology has been examined in five main headings.

1-Economy ; due to reducing aerodynamic of the body, weight saving and reducing rolling resistance.

2-Environmental concern; decreasing of the emission by using alternative fuel and energy resource and recycling.

3-Safety; active safety (ABS, anti-blocking systems, TCS, traction control system) and passive safety (Air bags, safety belts, crash zones exp.)

4-Comfort; suspension systems and ergonomic design

5-Performance; forced aspiration, multi-valve technologies.

## ÖZET

Özellikle son onbeş yılda otomotiv teknolojisi büyük aşama kaydetmiştir. Önceleri sadece yarış otoları ve bazı lüks otomobillerde bulunan sistemler (aşırı doldurma, anti-blokaj fren sistemleri vb.) elektronik teknolojisindeki gelişmeler sayesinde ucuzlayarak bütün otomobillerde kademeli bir şekilde uygulanmaya başlanmıştır. Otomotiv teknolojisindeki bu gelişme günümüz otomobillerini daha ekonomik, daha güvenli, daha konforlu ve çevreye daha az zararlı hale getirdi.

Bu çalışmada otomotiv teknolojisindeki gelişmeler beş ana başlık altında incelenmeye çalışılmıştır.

1-Yakıt tasarrufu; yakıt tasarrufuna yönelik olarak taşıtın hava direncinin, ağırlığının ve yuvarlanma direncinin azaltılması.

2-Çevresel uyumluluk; emisyonların azaltılmasına yönelik olarak değişik yakıt ve güç kaynaklarının kullanımı ve kullanım ömrü sona eren taşıtların dönüşüm ile tekrar kullanılması.

3-Güvenlik; sürücü ve yolcu güvenliğini sağlamaya yönelik olarak, aktif güvenlik (Anti-blokaj fren sistemleri , anti-patinaj sistemi ) ve pasif güvenlik (hava yastıkları, emniyet kemerleri, darbe emici bölgeler vb.) sistemleri

4-Konfor ; sürücü ve yolcu konforuna yönelik olarak süspansiyon sistemleri ve ergonomik dizayn.

5-Performans; motor performansını artırmaya yönelik olarak aşırı doldurma ve supap sayısının artırılması.

## ABSTRACT

Especially in the last fifteen years automotive technology has been developed rapidly. Systems, have been used to sport and luxury cars before, have been available all car gradually by electronical technology . Thanks to developing this technology, today, cars are more economical, more comfortable, more secure and have environmental concern.

In this work, development of the automotive technology has been examined in five main heading.

1-Economy ; due to reducing aerodynamic of the body, weight saving and reducing rolling resistance.

2-Environmental concern; decreasing of the emission by using alternative fuel and energy resource and recycling.

3-Safety; active safety (ABS, anti-blocking systems, TCS, traction control system) and passive safety (Air bags, safety belts, crash zones exp.)

4-Comfort; suspension systems and ergonomic design

5-Performance; forced aspiration, multi-valve technologies.

## 1.0 - Giriş

Yüz yıllık bir geçmişi olan otomobil sürekli olarak çeşitli gelişmeler geçirmiş ve bu sayede günümüzün taşıtı eskiye göre daha güvenli, hızlı, konforlu , ekonomik ve çevreye daha az zarar verir hale gelmiştir.

Elektronik teknolojisinin gelişmesi ve ucuzlaması ile bu teknolojilerin otomobillere uygulanmasıyla, özellikle son yıllarda hızlanan otomotiv teknolojisindeki gelişmeleri takip etmek bile zorlaşmıştır. Önceleri, maliyetinden dolayı sadece yarış otolarında ve lüks otomobillerde kullanılan teknolojiler, elektronik teknolojisinin ucuzlaması ile bugün tüm otomobillerde kademeli olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Malzeme teknolojisinin gelişmesi ile başta otomobil kasası ve motor bloğunda gerçekleştirilen iyileştirmelerle daha hafif bir yapı sağlanmıştır. Aynı zamanda otomobillerin dış görünüşlerinde de gerek aerodinamik açıdan gerekse göze daha hoş gelen yuvarlatma ve kavislere gidilmiştir.

Yapılan iyileştirmelerle daha güçlü , az yakıt sarfeden ve çevreye daha az emisyon veren motorlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada gelişen otomotiv teknolojisinde; taşıtın, yakıt tasarrufu sağlayacak tasarımında ,çevresel uyumluluğunda, güvenlik sistemlerinde, konforunda ve performansında olan gelişmeler araştırılmıştır. Sistemlerin çalışma prensipleri , örnek uygulamalar, şekiller ve gerekli yerlerde teknik açıklamalarla anlatılmaya çalışılmıştır.

Birinci bölümde, aerodinamik yapı, hafif malzeme kullanımı , yuvarlanma direncinin azaltılması gibi taşıtın konstrüktif yapısındaki gelişmeler ele alınmıştır.

İkinci bölümde, taşıtların çevreye verdikleri hasarların azaltılması yönünde olan gelişmeler sunulmuştur. Emisyonların azaltılmasına yönelik olarak egzos gazlarının filtre edilmesi,değişik yakıtların ve güç kaynaklarının taşıtlarda kullanılması örneklerle incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, artan taşıt hızlarına paralel olarak sürücü ve yolcuların güvenliğinin artırılması için geliştirilen pasif ve aktif güvenlik sistemleri incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, taşıt konforuna yönelik olan süspansiyon sistemleri incelenmiş ayrıca ergonomi konusuna da değinilmiştir.

Beşinci bölümde, motorun performansını artırmaya yönelik olarak yapılan aşırı doldurma ve supap sayısının artırılmasının nedenleri karşılaştırmalı olarak verilmeye çalışılmıştır.

## 1-Yakıt tasarrufu

Yakıt tasarrufu üzerine olan çalışmalar günümüze kadar büyük mesafe kaydetmiştir.Bu çalışmaların geldiği noktayı görmek açısından şu örneğe bakmak yeterli olacaktır.1930' larda BMW' nin 37kW' lık 326 modeli 90km/h sabit hızda 14L/100 km yakıt tüketirken, bundan dört kez daha güçlü olan şimdiki V8 730i modelinin aynı sabit hızdaki yakıt tüketimi 7L/100km dir.Bu gelişmeler müşteri talepleri ve çevresel baskılar sonucu gerçekleşmiştir.Yakıt tüketiminin azaltılmasının başlıca faydaları; genelde havanın daha az kirletilmesi ve sınırlı olan petrol kaynaklarının iktisatlı bir şekilde tüketilmesi, özelde ise kişi bütçesine katkısıdır. Yakıt tasarrufuna yönelik çalışmalar birçok koldan devam etmektedir.

### 1.1-Aerodinamik yapı

Hava direnci, taşıt dış yüzeyinin hava ile sürtünmesinden ve hareket doğrultusunda ön ve arka yüzeyler arasındaki basınç farkından oluşur.

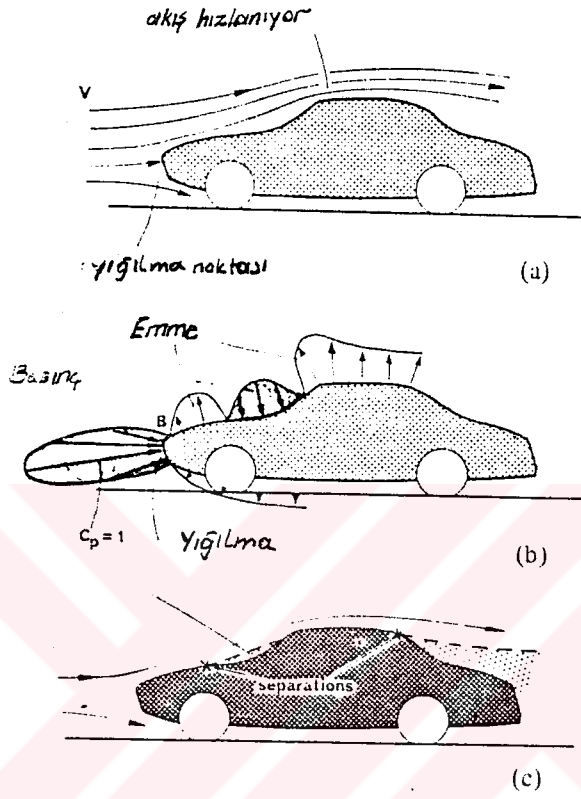
$$W_L=1/2.\rho.A.C_d.V^2 \quad (1.1)$$

Burada:

- $W_L$  : Hava direnci [N]
- $\rho$  : Hava yoğunluğu [kg/m<sup>3</sup>]
- $A$  : Yüzey(taşıtın hareketi doğrultusuna dik) [m<sup>2</sup>]
- $C_d$  : Aerodinamik direnç katsayısı
- $V$  : Taşıtın durgun havaya göre hızı [m/s]

Burada  $C_d$  nin azaltılması büyük önem taşımaktadır. $C_d$  birimsiz bir büyüklüktür, belirlenmesi için hava tüneli veya bilgisayar simülasyonu kullanılır. Hava direnci katsayısı taşıtın aerodinamik şeklinin bir fonksiyonudur. Bunu köşeli yapılar ve çıkıntılı kısımlar (yan aynalar vb..) etkiler.Hava direnci taşıtın arka kısmının şeklinden de etkilenir çünkü bu kısımda bir türbülans alanı oluşmaktadır ( Şekil 1.1 ). Bu yüzden otomobillerin arka kısmının yükseltilmesi eğilimi vardır. Hatchback tabir edilen modeller bu eğilimin bir sonucudur.

Hava direnci formülünden anlaşılacağı üzere taşıtın ön yüzeyi (akışa dik kesit) anahtar bir faktördür. Bu alan ön cam eğimi düşürülerek ve taşıt yüksekliği azaltılarak düşürülmeye çalışılmaktadır. Bu değer küçük otomobillerde 1.1-1.6 m<sup>2</sup>, büyük otomobillerde 1.7-2.2 m<sup>2</sup>, otobüs ve kamyonlarda 5.6-7.4 m<sup>2</sup> civarındadır.



Şekil 1.1- Tipik bir binek otomobilin hava akış ve basınç dağılımı

Formülde hava direncini artıran diğer bir faktör hızdır. Hava direnci hızın karesi ile doğru orantılı olarak arttığından yüksek hızlarda aerodinamik yapının önemi daha da belirginleşmektedir. Hava direncini yenmek için gerekli güç ise ;

$$N_{el} = W_L \cdot V_T \quad (1.2)$$

Burada:

$N_{el}$ :	Hava direncini yenmek için harcanan güç	[kW]
$W_L$ :	Hava direnci	[N]
$V_T$ :	Taşıtın durgun havaya göre hızı	[m/s]

olduğundan güç kaybı hızın kübü ile doğru orantılı olarak artar.

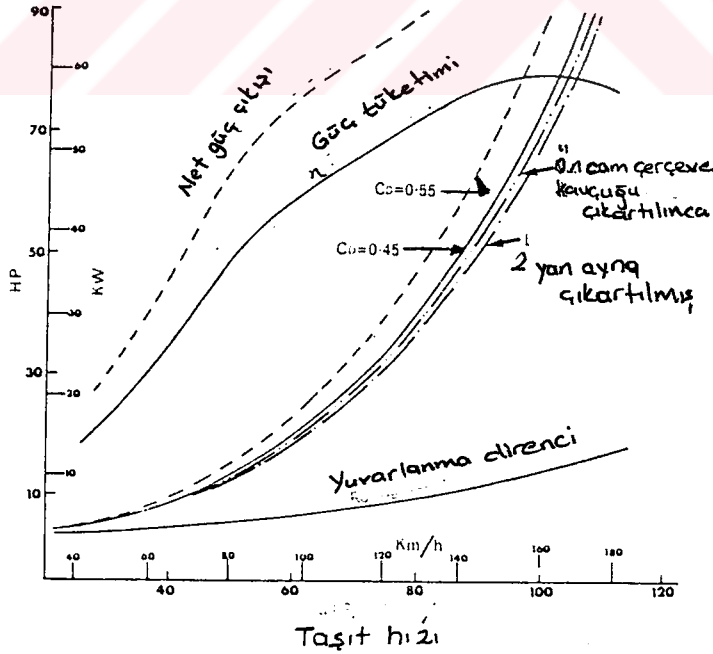
Şekil 1.2 'de yuvarlanma direnci ve hava direncini yenmek için gerekli güç grafik olarak gösterilmiştir. Ön camı çevreleyen kauçuk çerçeve (kalınlık 12.7 mm) ve

iki yan ayna (127 x 76 mm) nin çıkarılması bile  $C_d$  'yi 0.55 'den 0.45 'e indirerek belirgin bir güç kazanımı sağlamaktadır.

BMW' nin yapmış olduğu standart testlerde, hava direnç katsayısındaki her %10 luk azalma yakıt ekonomisinde %3' lük bir iyileşme sağlamaktadır.1970'lerin sonlarından beri yapılan iyileştirilmelerle  $C_d$  azaltılmış ve şu anki 0.30 mertebesine çekilmiştir.Bu rakamı daha da aşağıya çekmek maliyet/verimlilik açısından zordur.

Hava direncinin %40' lük bölümünü otomobilin üst yüzeyi, yine yaklaşık %40 lük bölümünü alt yüzeyi geri kalan kısmını da otomobilin tümünde oluşan (iç aksam) kayıplar meydana getirir.Tekerlek ve tekerlek kanalcıkları alt yüzeyde hava direnci oluşumunu 2/3 oranında etkiler.BMW 7 serisinde aerodinamik olarak dizayn edilmiş alt yüzey panelleri firmanın iddiasına göre yakıt tüketimini %3.5 dolayında azaltmıştır.

Otomobilin tüm yüzeyinde oluşan hava direncini azaltmak, havanın soğutucu olarak kullanılması sebebiyle daha zordur.Tam bir akış konsepti oluşturmak için muhtemel eğilim radyatörün küçültülmesi yönündedir.Bu aynı zamanda ağırlığıda azaltacaktır. Potansiyel tüm kazanımları kullanarak aerodinamik direnç katsayısı 0.25' in altına indirilebilecektir.



Şekil 1.2- Farklı hava akış direnci sabiteleri için harcanan güç değerleri

## ***1.2-Hafif malzemelerin (alaşım, plastik vb.) kullanımı***

Yakıt ekonomisinin iyileştirilmesi otomotiv endüstrisinin uğraşmakta olduğu en önemli konulardan birisidir. Taşıt ağırlığı, yakıt ekonomisini etkileyen en büyük faktördür. Bu yüzden demir temelli malzemelerden, hafif metaller (alüminyum, magnezyum) ve polimerlerin kullanımına geçilmektedir.

1993 verilerine göre Kuzey Amerikan oto endüstrisi 21 milyon ton malzeme (Çelik, dökme demir, alüminyum ve değişik plastikler) kullanmaktadır. Bu rakam Amerikan çelik üretiminin %20' sini, dökme demir ve kurşun üretiminin %50' sini, çinko üretiminin %33' ünü ve alüminyum üretiminin %10' unu oluşturmaktadır.

Otomobil boyutlarını küçültmeden, yakıt tüketiminde büyük bir iyileşmenin sağlanabilmesi için 450 kg veya daha fazla bir ağırlık azaltılmasına gidilmesi gerektiği belirtilmektedir. Gelecekte yaygınlaşması beklenen elektrik ve hibrit taşıtların geleceği de bu ağırlık azalmasına bağlıdır.

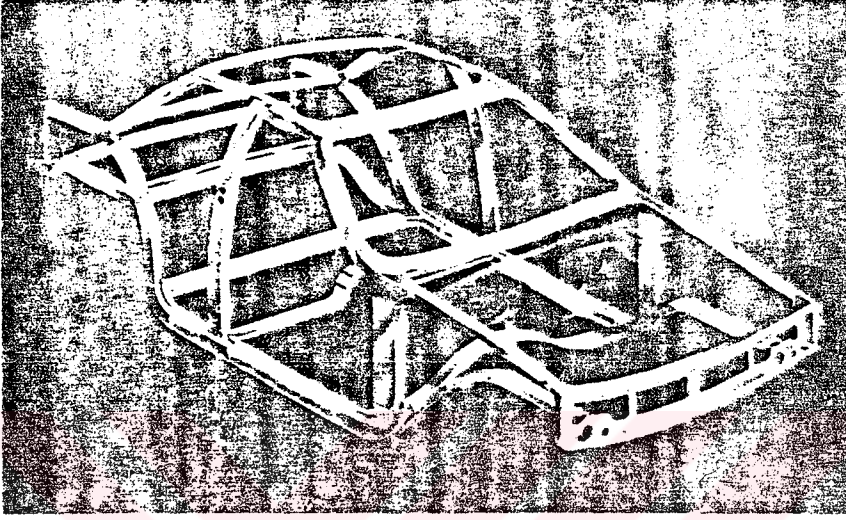
Otomobil birçok parçalardan müteşekkil bir makina olduğu için her bir parçada kendi çalışma özelliklerini karşılayabilecek şekilde ağırlığının azaltılması (değişik malzemeler kullanılarak), birleştirildiğinde otomobil ağırlığında büyük bir hafiflik sağlayacaktır. Bu da yoğunluğu daha az malzemelerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Burada malzeme teknolojisindeki gelişmeler ve çeşitli malzeme endüstrilerinin etkisi önemli rol oynamaktadır. 1977' de otomobil başına düşen alüminyum kullanımı 43.9 kg iken bu rakam 1993' de 80.3 kg' a çıkmıştır. 1995' de ise 100kg üstüne çıkması beklenmektedir. Bu artışın sebebi büyük otomobil üreticilerinin (Ford, Audi, Genaral Motors vb.) otomobil kasası , şasisi ve motoru gibi önemli parçalarda alüminyum alaşımlarının kullanılmaya başlanmasından kaynaklanmaktadır. Bir otomobilde kullanılacak 80kg' lık alüminyum, çelik veya dökme demir kullanımına göre yaklaşık 160kg' lık bir avantaj sağlamaktadır. Bu ağırlık farkı bir otomobilin yıllık yakıt tüketiminde belirgin bir tasarruf sağlar.

Bir otomobilin ağırlığı etkileyen en önemli parçalar otomobil kasası ve motor bloğudur. Bunlarda yapılacak ağırlık iyileştirilmesi otomobil ağırlığını önemli oranda azaltacaktır. Diğer parçalarda otomobil ağırlığını oluşturmaktaki yüzdelerine göre önem arzeder.

### ***1.2.1-Otomobil kasa ve şasisinde yapılan iyileştirmeler***

Otomobil kasa ve şasesinin hafifletilmesine yönelik çalışmalar otomobil üreticilerinin, malzeme endüstrilerinin ve araştırma kurumlarının değişik malzemelerin kullanımına yönelik olarak devam etmektedir. Bunlardan en umut verici olanı ve seri

üretimine başlanmış olanı alüminyumdur. İlk olarak Audi firması A8 modeliyle seri üretimde alüminyumu otomobil kasa ve şasesinde kullanmıştır (Şekil 1.3) . Bu hafiflik sağladığı gibi firmanın iddia ettiğine göre konvansiyonel çelik saca oranla şasiye daha rijit bir yapı kazandırmıştır.



Şekil 1.3- Alüminyum ekstrüzyon otomobil iskeleti (Audi)

Renault firması ise alüminyum iskelet ve kompozit gövdenin daha verimli bir seçenek olduğunu iddia etmektedir. Bu kombinasyonu 1996 yılında seri üretime geçecek (1500 adet) Speeder, 112kW, 4-silindir, 2 kişilik spor modelinde kullanacağını açıklamıştır. Ama firma bunun da tatmin edici bir iyileştirme sağlamadığını çünkü maliyetinin henüz büyük kapasiteli üretime geçmek için çok pahalı olduğunu belirtmektedir. Böyle bir teknolojinin şu an seri üretimde olan Clio modeline uygulanması halinde otomobilin ağırlığını %25 azalttığı, %10 luk bir yakıt tasarrufu sağlandığı ve önden çarpışmalarda %20 lik daha iyi bir dayanımın sağlandığı bir denek üzerinde görülmüştür.

Diğer bir uygulama Chevrolet Camaro modelinde görülmektedir. Halen seri üretimde olan bu otomobilin kaportasında çelik takviyeli kompozit malzeme kullanılmaktadır. Ön ve arka tamponlarda da kullanılan petek yapılı bu malzeme SMC olarak isimlendirilmektedir. Fiberglas parçacıklarının polyster bir reçine ile karıştırılıp sac şeklinde kalıplanmasıyla imal edilmektedir.

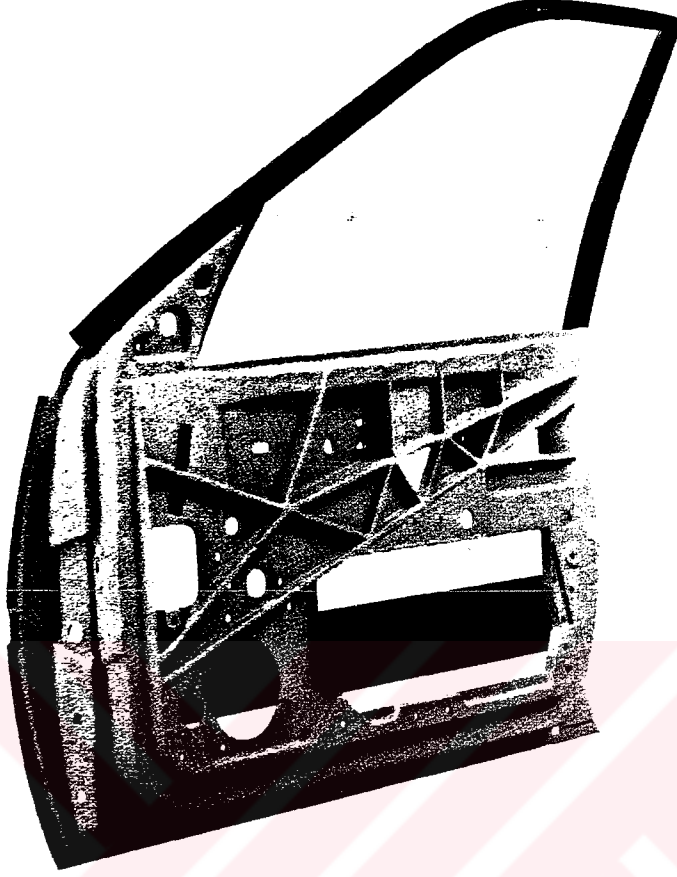
Mercedes firması özellikle tümünden bir alüminyum yapıya soğuk bakmaktadır. Firma, alüminyum yapının büyük ölçekli seri üretimler için çok pahalı olduğu, daha kompleks bir imalat prosedürü gerektirdiği ve daha pahalı kaynak teçhizatları gerektirdiğini öne sürmektedir. Üstelik çelik sac gibi kolay tamir edilemediğini ve çok değişik alüminyum alaşımlarının olduğundan dolayı tekrar

kullanımda bunların birbirinden ayırt edilmesinin (pahalı laser spektroskopi ile) zor olduğunu iddia etmektedir. Mercedes firması mevcut çelik sacların aynı dayanımı verecek şekilde inceltilecek kazanılacak hafifletmenin daha akıllıca olduğunu belirtmektedir. Çelik sacların birbirine kaynaklanmasında laser kaynak teknolojisi kullanılarak üstüste değil alın altına kaynaklanarak hafiflik sağlanacağını iddia etmektedirler. Ayrıca hafiflik sağlamada magnezyum kullanımına yönelik bir teknolojinin geliştirilmesini daha makul bulmaktadır. Özgül ağırlığı  $1.75 \text{ g/cm}^3$  olan magnezyum alüminyumdan ( $2.7 \text{ g/cm}^3$ ) daha hafif bir metaldir. Bir kaç yıla kadar otomotivde kullanımında %10' luk bir paya ulaşması beklenmektedir. Firmanın şu anda ürettiği SL modellerinin koltuklarında magnezyum kullanılmaktadır. Firma özellikle basınçlı döküm teknikleri ile ince cidarlı magnezyum yapılar elde etmeye çalışmaktadır. Magnezyumda şu an elde edilebilen minimum cidar kalınlığı 3mm' dir. Magnezyum kullanımının diğer bazı parçalarda (gösterge panosu, kapı sapları vs.) da yaygınlaştırılması düşünülmektedir. Yakında seri üretimine geçilecek olan magnezyum depo kapağı, çelikten %60 daha hafif ve aynı dayanıma sahiptir. Magnezyum dökümden sonra bitirme işlemi istemediği gibi kolayca boyanabilmektedir. Mercedes böyle bir malzeme kullanılarak otomobil başına %15-20 dolayında bir hafiflemenin sağlanacağını iddia etmektedir. Bunun C-sınıfı otomobillerinde 200kg' a karşılık gelen bir hafiflik sağladığı ve 0.6-1.2 L/100 km' lik bir yakıt tasarrufunun sağlanacağını belirtmektedir.

Otomobil ağırlığını azaltmaya yönelik çalışmaların bir uzantısı olarak kapı iskeletlerinin hafifletilmesi çalışmaları da devam etmektedir. Bu alanda en önemli çalışma kokil magnezyum döküm ve alüminyum profillerin kombinasyonu şeklinde tezahür eden kapı iskeletleridir (Şekil 1.4 ). Bunlar, şu anda kullanılmakta olan çelik kapı dizaynının sağladığı yan darbelere karşı koruma, sağlamlık, imalat kolaylığı gibi özellikleri sağladığı gibi %40 daha hafiftirler. Ayrıca kapı başına yaklaşık 15\$ (1993) daha ucuza imal edilebilmektedir.

Kapı iskeleti, belirli bir kalınlıkta çelik levhanın preslenmesi ve buna birçok çelik payandanın kaynaklanmasıyla oluşmaktadır. Kapı iskeletleri genelde şu parçaları içerir :

- İç panel
- Dış panel
- Üst iskelet
- Mentese takviyeleri
- Kilit takviyeleri
- Bel takviyeleri
- Cam çerçevesi kanalları
- Mentşeler



Şekil 1.4- Magnezyum kokil döküm kapı iskeleti

Dış panel, cam çerçevesi dışındaki tüm parçalar magnezyum kokil döküm olarak elde edilir. Dış panel ve cam çerçevesi için alüminyum profil kullanılır. İç panelde magnezyum kokil dökümün kullanılması, dizayn esnekliği ve stabilite sağlar. Dış panel için alüminyum kullanılmasının yanında, çelik sac veya komposit SMC yaprakları da kullanılabilir. Dış panelin magnezyum iskelete bağlantısı, çelik kapı dizaynlarında kullanılan kenar kıvrma işlemiyle yapılmaktadır.

Kullanılacak magnezyum alaşımı seçimi için en önemli parametre döküm kabiliyetidir. Diğer önemli faktörler sağlamlık ve işlenebilirlik kabiliyetidir.

Magnezyum kokil döküm için kullanılan alaşım AM20 dir. Bu malzemenin mekanik özellikleri aşağıda özetlendiği gibidir.

- Özgül ağırlık 1.76
- Çekme mukavemeti 185 MPa
- Gerilme mukavemeti 90 MPa
- Genleşme > %12
- Elastiklik modülü 45 GPa

### 1.2.2-Alüminyum motor teknolojileri

Taşıt ağırlığının büyük bir kısmını karoser, şasi ve motor oluşturmaktadır. Geleneksel motor blokları dökme demirden yapıldığından motor ağırlığının en büyük kısmını oluşturmaktadır. Motor bloğunda dökme demir yerine alüminyum kullanılarak büyük bir ağırlık azalması sağlanabilir. Ancak bunun için alüminyumun performans noksanlıklarının giderilebilmesi gereklidir. Motor parçalarının birbiriyle uyumlu çalışabilmesi için malzeme özelliklerinin iyi bilinmesi gereklidir.

Ekonomik avantajları ve işleme kolaylığından dolayı dökme demir motor bloğunda en çok kullanılan malzeme olmuştur. Son zamanlarda çeşitli hafif alüminyum alaşımları (Si-Al) geliştirmekte, motor bloklarına ve pistonlar üzerine uygulanmaktadır.

Alüminyum motor bloğunun dökme demire oranla bir çok avantajı bulunmaktadır. yaklaşık %30 daha hafiftir. Alüminyum silindir çeperi aşınma özellikleri dökme demir gömleğe oranla kabul edilebilir değerlerdedir. Yine de dökme demir gömlekler alüminyum motor bloğunu destekler mahiyette kullanımını sürdüreceği gözükmektedir.

Silindir çeperi ile piston ve segmanların aşınma dengelerinin sağlanabilmesi için çeşitli malzeme kombinasyonlarının araştırılması gerekmektedir. Tamamen alüminyum motorların kullanılabilmesi için yüksek potansiyele sahip alternatifler şunlardır.

1- Malzeme ve yüzey işleme metodlarındaki gelişmeler Si-Al alaşımlarının piston ve/veya silindir gömleği olarak kullanımını mümkün kılmaktadır. Uygun yüzey işleme metodları (elektroliz yoluyla kaplama, ısı işleme) piston ,segman ve silindir gömleği için gerekli optimum özellikleri sağlayacaktır.

2- Kompozit teknolojisindeki gelişmeler, hipoötektik(düşük Si-Al) alüminyum alaşımlarını dayanım yönünden iyileştirecek niteliktedir.

3- Silindir gömleklerinin, piston ve segmanların elektroliz kompozit yüzey kaplama uygulamaları.

4- Piston ve segmanların sürtünmesini azaltmak için katı yağlama sağlayan kompozit polimer kaplama uygulamaları.

Hiperötektik alaşımlar (yüksek silikon-alüminyum alaşımlar) mükemmel aşınma ve termal dirence sahiptirler. Ancak bu tip alaşımlar dökme demir ve hipoötektik alüminyum alaşımlarına oranla döküm kabiliyeti ve işlenebilirlik özellikleri bakımından kötüdür.

Hiperötektik alaşımların silindir ve diğer çalışan parçalar için verimli olarak kullanılabilmesi için kaba döküm mikro yapısının kontrol edilmesi gereklidir. Bu

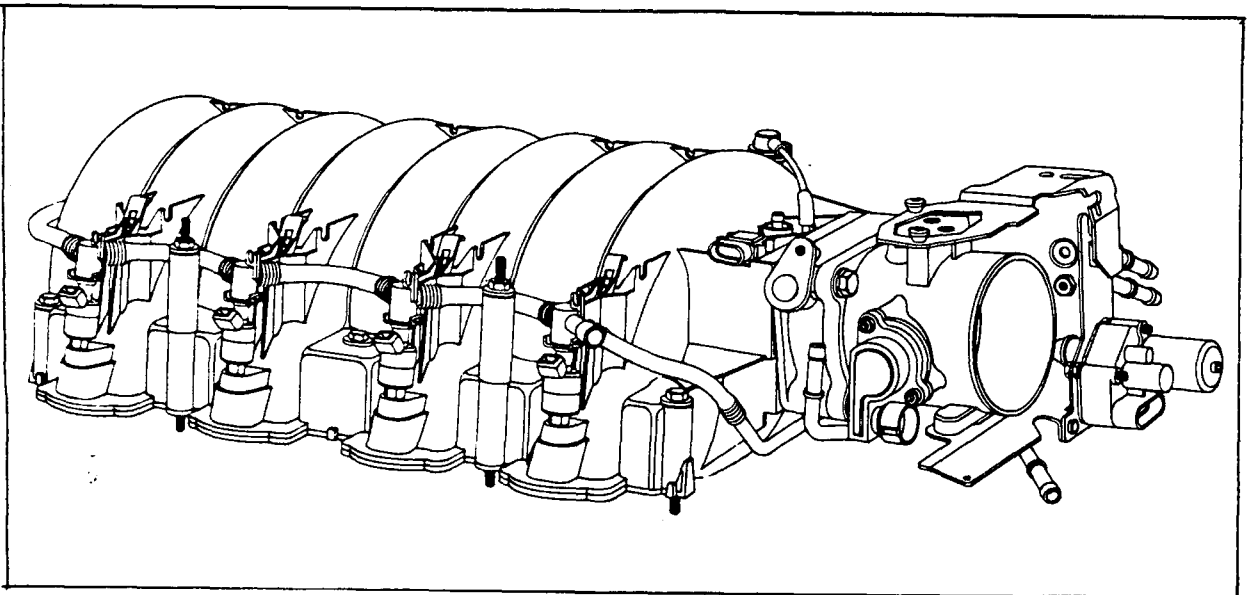
katılma oranının kontrolü, döküm tekniğinin iyileştirilmesi ve alaşım analitik simulasyonu ile başarılabilir.

Elektrokimyasal işleme (ECM-electrochemical machining) ve honlama (PH-plateau honing) gibi silindir yüzey bitirme işlemleri, silindir çeperindeki yağ filminin durumunuda etkiler. Yağ filminin durumu optimum aşınma ve parça performansları için ehemmiyet arzeder.

Hiperötektik alüminyum alaşımli motor bloğunda çalışan piston ve piston segmanlarının yeterli bir çalışma ömrüne sahip olabilmeleri için gerekli yüzey işlemleri yapılmalıdır. Bu işlemler şunlardır : sert krom elektroliz kaplama(HCEP-hard chromium electro plating), plazma kaplama(PS-plasma spray), azotlama, kaplama (PVD-TiN-physical vapor-deposited titanium nitride coatings).

### 1.2.3 Naylon emme manifoldu

1995 Cadillac Nortstar otomobilinde kullanılan V-8 motorunun emme manifoldu (Şekil 1.5 ) naylondan yapılarak daha önce kullanılan magnezyum dizayna göre %37 lik bir hafiflik sağlamıştır.Tek parça olarak enjeksiyon döküm ile imal edilmektedir. 3.6 kg ağırlığındaki manifoldun hammaddesi BASF ultramid naylon 6/6 dır.Bu naylon, motor sıcaklığına dayanıklı, yağ ve benzine dayanıklı olarak formüle edilmiştir. Motor titreşimlerinin oluşturduğu kuvvetlere mukavimdir.Naylon emme manifoldunun iç cidarı pürüzsüz olduğu için minimum hava akış direnci oluşturarak motor performansını artırır. Isıl iletkenliğinin düşük olmasında motor performansını iyileştirici yönde etki yapar.



Şekil 1.5- BASF Naylon emme manifoldu

#### **1.2.4 Alaşımli jant**

Ağırlık azaltılmasının büyük ölçüde gerçekleştirildiği diğer bir otomobil parçası da alaşımli jantlardır. Genellikle yanlış olarak " çelik jant " adı verilen hafif metal jantlar alüminyum-silisyum veya magnezyum alaşımlarından imal edilmektedir.

Jantlar ağır ve hafif metal olarak iki ana sınıfta toplanmaktadır. Ağır metal jantlar kıvrıma sacdan kaynaklanarak yapılmaktadır. Üretildikleri malzeme nedeniyle bu jantların ağırlıkları fazla, fiyatlarıysa hafif jantlara oranla daha düşüktür.

Hafif metal jantların en büyük özelliği döküm olarak ya da parçaların güçlü preslerde birleştirilmesiyle üretilmesidir. Tüketiciler tarafından genellikle estetik kaygılar sebebiyle istenen alaşımli jantlar, bir çok otomobil üreticisi tarafından standart olarak otomobillerine uygulanmaktadır.

Hafifliklerinden dolayı yakıt tasarrufu sağlayan ve taşıt performansını artıran alaşımli jantlar aynı zamanda ağır metalden üretilenlere oranla daha sağlam ve darbelere karşı daha dayanıklıdır. Normal jantlar darbelere karşı esnediği için yamulur ve sonradan düzeltilir diye yaygın bir kanı olmasına rağmen yamulan jantın düzeltilerek tekrar kullanılması güvenlik açısından sakıncalıdır. Eski haline getirilemeyen jantın balansı bozulduğu gibi iç lastiksiz (tubless) lastik kullanımlarında hava da kaçırabilir. Fiyatları yüksek olan alaşımli jantlar büyük darbelere maruz kalırsa kırılır ve değiştirilmesi gerekir.

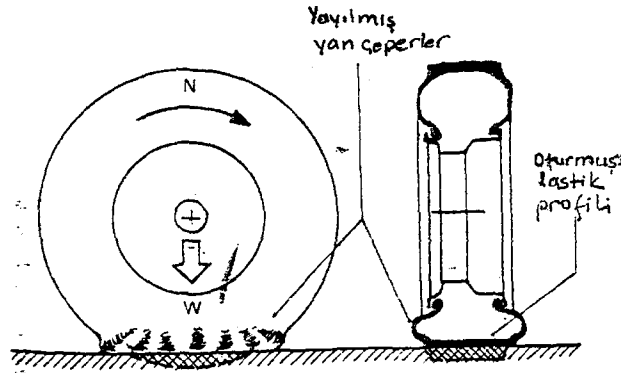
#### **1.2.5 Cam yerine plastik kullanımı**

Bayer firmasının geliştirdiği macrolom adlı plastik maddenin, otomobil farı camı üreten Hella firması bu maddeyi otomobil farlarında kullanmaktadır. Böylelikle bir kilogram ağırlık tasarrufu sağlanmasının yanında daha kolay şekillendirme özelliği, kolay üretim, ucuz maliyet ve kazalarda daha fazla güvenlik sağlanmaktadır. Şu anda Mercedes 'in yeni E sınıfı, Opel Omega ve yeni BMW 5 serisi otomobillerde bu tür far camları kullanılmaktadır. Bu özel yapım plastik maddenin dışı, daha dayanıklı olması için, tozdan arındırılmış bir ortamda robot tarafından kızılötesi ışınlarla sertleştirilmiş özel bir boyayla kaplanmaktadır.

### 1.3 Yuvarlanma direnci

Üzerine yük binmiş bir tekerlek ve lastiği belli bir yöne doğru dönmeye zorlanırsa, yol yüzeyine temas eden lastik karkası üzerine binen dikey yük ve dönmeye zorlayan kuvvetin kombinasyonu şeklinde deformasyona uğrayacaktır(Şekil 1-6 ). Dikey yük lastiğin çevresel profilini bozarak lastiği yere yapıştıracak, o yüzeyde lastiğe düz bir form kazandırır. Lastik bir miktar dönünce o bölge yine çevresel profilini alır bu kez yol ile kontakta olan noktada yeni bir yüzeysel alan oluşturur. Bu hareket lastiğin yuvarlanması müddetince yolla yayılma ve toparlanma şeklinde devam eder. Yayılma (deformasyon) - toparlanma hareketinin sıklığı şekil değiştirme enerjisi olarak harcanır. Karkasa kuvvet etkideğinde şekil değiştirmede bu kuvvetin fonksiyonu olarak oluşur. Kuvvetin ortadan kalkmasıyla karkas, lastiğin elastikliği nispetinde eski şeklini alır. Bu tam olarak gerçekleşmediğinden kuvvet tam olarak kalksa bile artık bir gerilim kalır. Bu histeris olarak bilinir ve lastiğin yuvarlanma direncini oluşturan birincil sebeptir.

Yuvarlanma direncini oluşturan ikincil sebepler; lastiğin içindeki havanın sirkülasyonu, lastiğin dönmesiyle lastiğin dışında oluşan fan etkisi ve lastikle yol arasındaki sürtünme direncidir. Yüksek hızlarda yuvarlanma direncinin %90-95 'ini histerisler, %2-10 'u lastikle yer arasındaki sürtünme ve %1.5-3.5 'unu hava direnci oluşturur.



Şekil 1.6 Yuvarlanma direnci oluşumu

Yuvarlanma direnci aşağıda sıralanan faktörlerden etkilenir :

*a-* Çapraz katlı (konvansiyonel) lastikler radyal lastiklerden daha fazla yuvarlanma direncine sahiptirler(Şekil 1.7 ).

*b-* Karkas kat sayısı ve lastik diş kalınlığı, histerisleri artırdığından yuvarlanma direncini de buna bağlı olarak artırır.

*c-* Doğal kauçuk lastikler sentetik kauçuktan mamül lastiklerden daha az yuvarlanma direncine sahiptir.

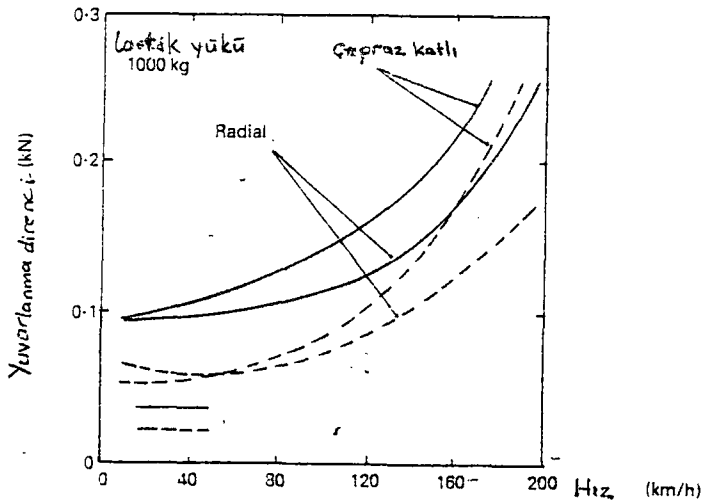
*d-* Sert, pürüzsüz ve kuru yüzeyler pürüzlü, yumuşak yüzeylerden daha az yuvarlanma direncine sebebiyet verirler.

*f-* Yüksek hızlarda birim zaman içindeki deformasyon arttığı için yuvarlanma direncide artar(Şekil 1.7 ).

*g-* Tekerlek ve lastik çapının artırılması sert yüzeylerde az, fakat yumuşak yüzeylerde belirgin bir şekilde yuvarlanma direncini azaltır.

Yakıt tüketimine etki eden yuvarlanma mukavemetinin azaltılması yönünde özellikle lastik firmaları büyük çabalar harcamaktadır. Tekerlek yüzeylerinde slika kullanılması, yağışlı havalarda yuvarlanma mukavemetini %30 kadar düşürecek bir etkiye sahip olduğu için ve yakıt tüketiminde %4 kadar bir iyileşme sağladığı belirtilmektedir.

Saab firmasının 9000 serisi otomobillerinde kullanılan Michelin MXV3A lastikleri bir önceki jenerasyondan %35 daha az yuvarlanma direncine sahip ve bunun yakıt harcamında %5 lik bir iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 1.7-Lastik konstrüksiyonunun yuvarlanma direncine etkisi

## 2. Çevresel uyumluluk

Taşıt sayısının hızla artmış ve halen artıyor olması, taşıt konstrüksiyonunda çevre sağlığını etkileyen faktörlerin gitgide daha titizlikle ele alınarak incelenmesini gerektirmektedir. Bu durum tek bir taşıtın egzos emisyonu, taşıt sayısının az olduğu sıralarda çevre açısından fazla önemli sayılmayabilirken bugün bunlar çevrede önemli yıpratıcı etki yapmaktadır. Bu konudaki sınırlayıcı yönetmeliklerin duyarlı bir biçimde ele alındığı ilk ülke, taşıt yoğunluğunun en yüksek olduğu ABD olmuştur. Bugün Avrupa ülkelerinde de yönetmelikler, egzos ve gürültü emisyonlarını azaltmak üzere yeni sınır değerleri ile düzenlenmektedir. Bu bölümde otomobil teknolojisinde çevresel öneme haiz gelişmeler takip edilmeye çalışılmıştır.

### 2.1-Emisyonların azaltılması

Büyük şehirlerin kabusu olan hava kirliliği;

%52 CO,

%18 SO<sub>2</sub>,

%12 Hidrokarbonlar,

%10 Partiküler maddeler

%6 NO<sub>2</sub>

bileşenlerinden oluşur. Bu kirleticilerin %90' nını oluşturan

beş büyük kaynağı ise;

%60 ulaşım

%18 endüstriyel faaliyetler

%16 ısıtma

%13 termik santraller

%3 artık çöpler oluşturur.

Yakıtların yanması sırasında sentez, ayrışma ve buharlaşma sonucu atmosfere yayılan hava kirleticilerine emisyonlar denir. Havayı kirleten emisyonların çoğu motorlardan kaynaklanmaktadır. Motor emisyonlarından doğrudan yada dolaylı başlıca dört kirleticinin hava kirliliğine sebep olduğu bilinmektedir. Bunlar; karbonmonoksit (CO), hidrokarbonlar (HC), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve oksitleyicilerdir. ABD'de yapılan araştırmalarda; CO emisyonlarının %65' nin, HC emisyonlarının %46' nın ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının %37' nin motorlardan (benzinli ve diesel) kaynaklandığı belirlenmiştir.

Motorlar için yürürlüğe konan ilk emisyon standartlarında azot oksitler için emisyon sınır değerlerinin geniş tutulması nedeniyle özellikle hidrokarbon ve azot monoksit

emisyonlarına getirilen yeni sınırlamalar bu emisyonunda kontrolünü zorunlu kılmaktadır.Kirletici oldukları tüm dünyada kabul edilen CO, HC ve NO<sub>x</sub> in kontrolü teorik olarak fakir karışımları zorunlu kılmaktadır.Emisyonların azaltılabilmesi için:

- 1-Yanmanın iyileştirilmesi
- 2-Yanma sonucu oluşan kirleticilerin filtre edilmesi (katalitik konvertörler)
- 3-Mevcut yakıtların daha az emisyon verecek şekilde iyileştirilmesi
- 4-Emisyonuz veya daha az emisyon üretecek değişik enerji kaynakları araştırılmakta ve yaygın kullanımını için geliştirme çabaları sürmektedir.

### **2.1.1-Yanmanın iyileştirilmesi**

İçten yanmalı motorlarda emisyonların üretilmesinin ana sebebi yanma olayıdır.Yanma ne kadar kötü(eksik) olursa oluşan kirleticilerde o oranda fazla olmaktadır.Bu sebepten emisyonların minimuma indirilebilmesi için tam yanma sağlanmalıdır. Yanma optimize edilerek, Yanma odasında oluşan kirletici emisyonların azaltılması esas alınmaktadır.Yanma odasındaki karbonmonoksit yanmamış yakıtın bir sonucudur.Bu sebepten azaltılması için optimum yakıt/hava oranı ve oldukça fakir karışımlar şeklinde yakıtın yakılması gerekmektedir.Bununla birlikte aşırı fakir hava/yakıt karışımları yanmanın aksamasına, hidrokarbon emisyonlarının artmasına ve motor gücünde azalmaya neden olmaktadır.

Benzin motorları 15/1 den daha yüksek hava /yakıt karışımlarıyla çalışmakta zorluk çekerler; tutuşma olmayabilir.Fakat en temiz çalışma, yüksek oranlarla mümkündür.Örneğin 16/1 oranına sahip bir karışım en az HC ve CO emisyonuna sahiptir.Fakat bu oranda, NO<sub>x</sub> miktarı yüksektir.Öte yandan 18/1 oranı NO<sub>x</sub> emsyonunun da azaltılmasını sağlar.Böyle ideal bir orada yanmanın sağlanabilmesi için karışımın daha homojen hazırlanması sağlanmalıdır.

Günümüzde hava/yakıt oranının hassas olarak sağlanabilmesi için elektronik kumandalı yakıt püskürtme sistemleri kullanılmaktadır.Kontrol edilmelerinin güç olması, hassasiyetlerinin zayıf olması,atmosferik basınç değişimlerinden olumsuz etkilenmesi gibi sebeplerle karbüratörün günümüz teknolojisinde kullanımına son verilmiştir.

Tablo 2.1 Motorda yapılan düzenlemelerin emisyon etkileri

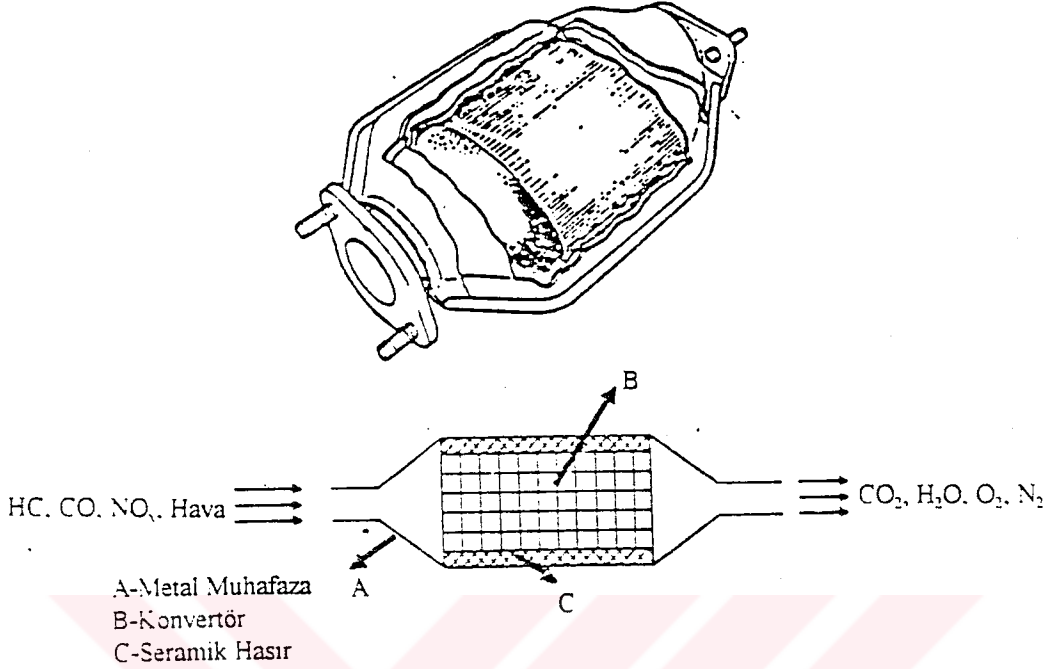
Emisyon kontrol düzenekleri	CO	HC	NOx
Fakir karışım			
%10 civarındaki karışımlar	↓ (1)	↘	↗
%10 dan fakir karışımlar	→	↘↘	↘
Homojen karışım sağlanması	↓	↘	↗
Emme havasının ısıtılması	↘	↘	↗
Rölanti devrinin yükseltilmesi	→	↘	↗
Geciktirilmiş ateşleme	→	↘	↘
Sıkıştırma oranının düşürülmesi	↗	↘	↘
Yüzey/hacim oranının azaltılması	→	↘	↘
Süpap bindirme süresinin uzatılması	↗	→	↘

(1) sıfıra yakındır, ( ↓ ) azaltır, ( ↘ ) azaltıcı etkisi vardır, ( ↗ ) artırıcı etkisi vardır, ( → ) etkisi yoktur.

Tablo 2.1 de motorlarda yapılan düzenlemeler ile egzoz emisyonlarına etkileri görülmektedir. Motorlarda yapılan tüm sistem değişikliklerinin esası motorun rölanti devrinde, normal çalışma devrinde ve boşta yüksek devirlerde nisbeten fakir ve sabit hava/yakıt karışımları sağlamaktır. Zamanında ateşleme için hassas kumanda sistemleri kullandığı gibi bazı durumlarda motor boşta çalışırken gecikmeli ateşleme de (yakıtın yanma süresini uzatmak için) kullanılmaktadır. Birçok sistemde hava/yakıt karışımının yanma odasındaki dağılımı iyileştirmek ve bu sayede daha fakir karışımların kullanımı sağlanmaktadır.

### 2.1.2-Katalitik konvertörler

Katalitik konvertörler, karbonmonoksit, hidrokarbon, azotoksit emisyonlarını azaltmak ve karbondioksit, su, azot gibi zararsız eksoz gazlarına çeviren cihazlardır.



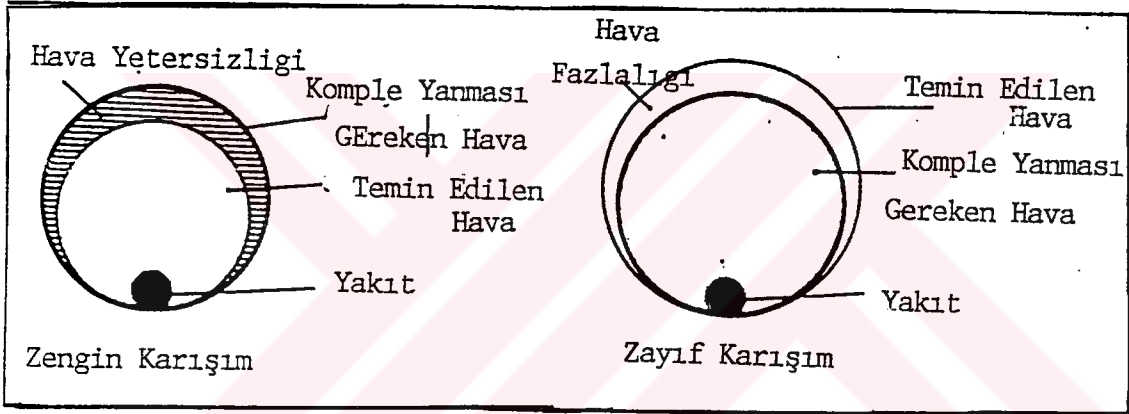
Şekil 2.1- Katalitik konvertörler

Katalitik konvertörlerin ABD ve Avrupa ülkelerinde kullanımı yasal zorunluluk haline getirilmiştir. Avrupa topluluğu 1993 yılından itibaren üretilen bütün otomobillere katalitik konvertör takma zorunluluğu getirmiştir. Ülkemizde bu konuyla ilgili araştırma, geliştirme, uygulama veri toplama ve çağdaş uygulamaların takibini TUBITAK, Marmara Araştırma Merkezi Malzeme Araştırma Bölümü yapmaktadır.

Eksos sistemlerine ilave edilen katalitik konvertörler, taşıyıcı bir malzemenin ince aktif bir tabaka ile kaplanmasından oluşmaktadır. Konvertöre şeklini veren taşıyıcı kısımda seramik veya metal malzeme kullanılmaktadır. Taşıyıcı kısım yüzey alanını arttırmak için 0.3 mm genişliğinde, bal peteği şeklinde gözenekli bir yapıya sahiptir (yaklaşık futbol sahası büyüklüğünde bir alan). Bu yüzeyler mikron mertebesi kalınlığında, platin, paladyum, rutenyum ve rodyum gibi soymetallerle kaplanmaktadır. Aktif katalitik özellikteki bu tabaka motor egosundaki reaksiyonları hızlandırmaktadır. Daha sonra katalitik konvertörler her türlü sarsılma sonucu oluşabilecek hasarlara karşı korunmak için özel bir seramik hasıra sarılarak paslanmaz çelik bir muhafaza içerisine yerleştirilmektedir. Araçlara takılmaya hazır hale gelen katalitik konvertör genelde bir egos susturucu şeklindedir ve kolaylıkla monte edilebilmektedir. Kullanım ömürleri yaklaşık 80000 km ' ye kadar çıkmaktadır. Ancak katalitik konvertör takılı araçlarda kesinlikle kurşunsuz benzin kullanılmaktadır. Aksi halde kurşunla hızla reaksiyona giren katalizör malzeme, zararlı

gazları filtre etme özelliğini kaybetmektedir. Kurşuna dayanıklı katalizörlerin geliştirilmesi de devam etmektedir.

Bu filtrelerden iyi sonuç alınabilmesi için motorun iyi ayarlanması gerekmektedir. Egsos gazlarındaki oksijen miktarını sürekli kontrol edilerek yakıt/hava oranının ayarlanması sistemin başarılı çalışması için gerekli olan önemli bir faktördür. Bu oran oksijen sensörü ile ayarlanır. Eğer yakıt/hava karışım oranı ideal yakıt hava karışımından yüksekse, egsoz gazı içerisinde fazladan oksijen vardır. Tam tersi olarak yakıt/hava karışımı idealden düşükse (zengin) egsoz gazı içerisindeki oksijen oranı düşüktür.

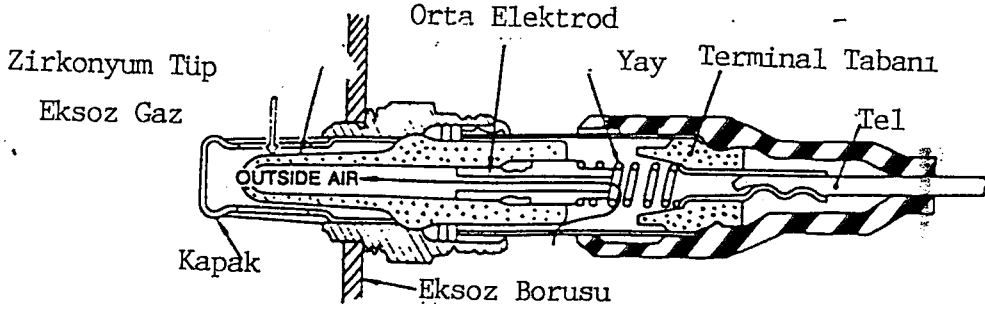


Şekil 2.2- Zengin ve fakir karışım

### Oksijen sensörü

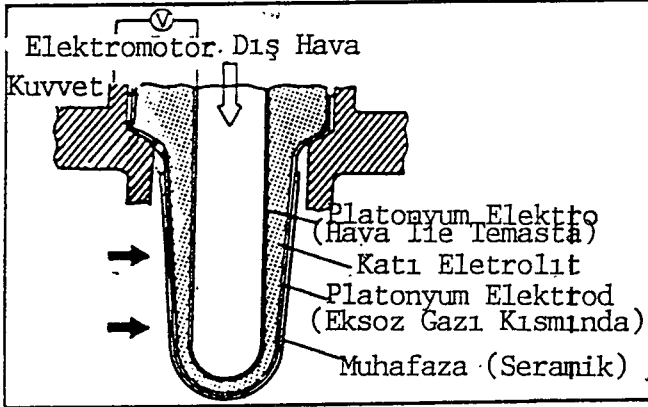
Oksijen sensörü egsoz içerisindeki oksijen yoğunluğunu belirler. Sensörün bu sinyali üzerine önceden belirlenen yakıt hava karışımını sabitlemek için yakıt enjeksiyon miktarını artırır veya azaltır.

Sensörün zirkonyum oksitli iki tarafı platonyum ile kaplıdır. Sensörün bir zirkonyum tüpü vardır ve bu tüp kurşun tele bağlanmıştır. Platonyum yüklü bu muhafaza zirkonyum tüpü, egsoz gazıyla direk temastan korur.

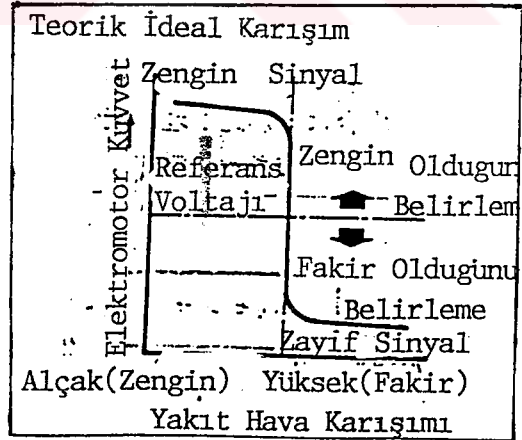


Şekil 2.3- Oksijen sensörünün yapısı

Oksijen sensörü egsoz manifolduna yerleştirilir. Dış yüzeyi egsoz gazı, iç kısmı ise atmosferik temiz hava ile temas halindedir. İki yüzey arasındaki oksijen yoğunluğunda farklılık olduğunda zirkonyum elementi bir elektromotor kuvveti oluşturur. Sıcaklık yükseldiğinde yüzeydeki platonyumun katalitik reaksiyonu sonucu elektromotor kuvveti ani olarak değişir.

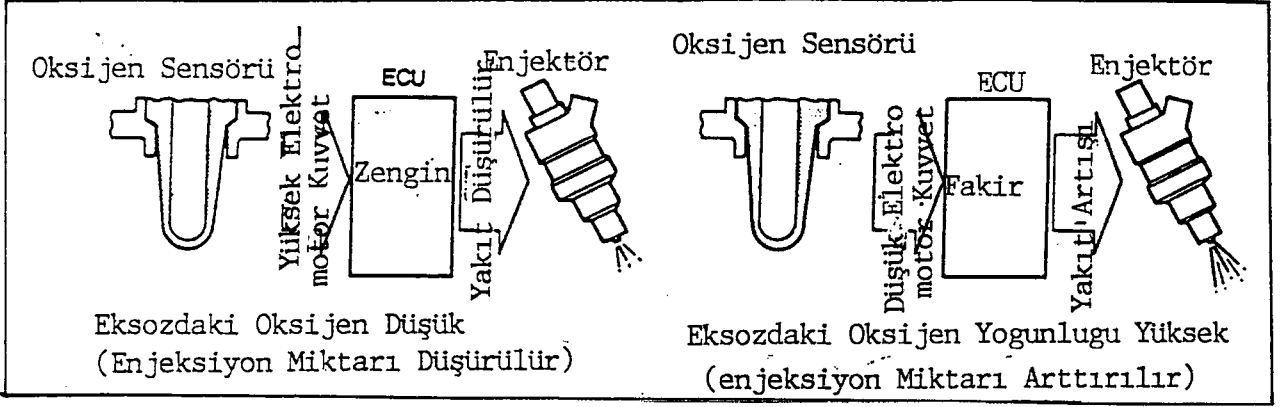


Şekil 2.4- Oksijen sensörü



Şekil 2.5- E.M.K.-Yakıt hava karışımı ilişkisi

Oksijen sensörünün çıkış karakteristikleri aşağıda sıralanmıştır. İdeal karışımdan daha zengin karışımda daha büyük elektromotor kuvvet, ideal karışımdan daha fakir karışımda daha küçük elektromotor kuvveti oluşur. Elektronik kontrol ünitesi (EKÜ)

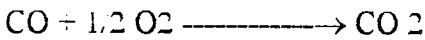


Şekil 2.6- Oksijen sensörü -EKÜ ilişkisi

sensörün elektromotor kuvvetini ölçerek, karışımın zengin veya fakir olduğunu belirler. Daha sonra enjektöre kumanda ederek silindirlere giden yakıt miktarını ayarlar.

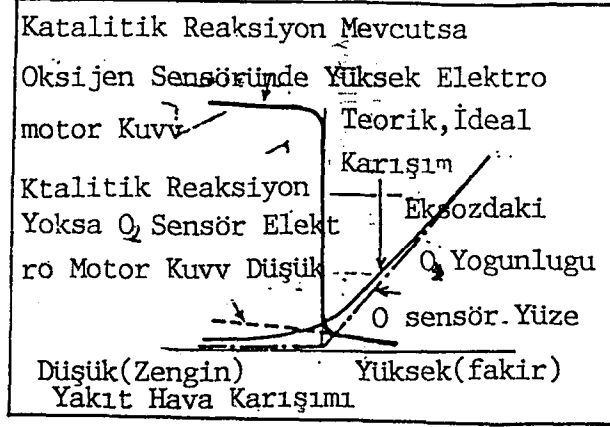
### Platonyum katalitik reaksiyonu

Karışım çok zengin olduğunda yanma sonucunda egsosta çok az miktarda oksijen meydana çıkar. Bu yüzden çok zengin karışımların yanması sonucu egso manifoldunda oksijen sensörünün elektromotor kuvveti oluşturacak yeterli miktarda oksijen bulunmaz. Platonyum kullanılması ile bile büyük bir elektromotor kuvveti meydana gelir.



katalitik reaksiyon sonucunda, zengin karışım yanmasıyla yanmış gaz platonyum ile temas haline geçer ve oksijen yoğunluğunun çok düşük olması bile CO'yu komple değiştirir, platonyumla temas edilen bölgelerde oksijen yoğunluğu sıfır olur.

Sonuçta oksijen yoğunluk farklılıkları büyür ve elektromotor kuvvet üretilir. Çünkü fakir karışım yüksek yoğunlukta oksijen ve düşük yoğunlukta CO içerir. Artık oksijen CO ve oksijen tepkimesine neden olur. Bunun sonucunda oksijen yoğunluğu düşük olur ve elektromotor kuvvet üretilmez. Çünkü yanma sonucu egsoadaki yetersiz oksijen ve CO karışımının ideale yakın olduğunu gösterir. Oksijen ve karbonmonoksidin platonyum yüzeyinde komple tepkimeyi oksijen yoğunlukları arasında hızlı değişimin olduğunu gösterir. Oksijen yoğunluğu hızla değişir ve bu nedenle elektromotor kuvvetide değişir.



Şekil 2.7- Platonyum katalitik reaksiyonu

Yakıt/hava oranının üç yollu katalitik konvertörün performansına etkisi şekil 2.8 de görülmektedir. Stoikiometrik yakıt/hava oranından daha zengin bölgede azot oksit emisyonları, fakir bölgede ise karbonmonoksit ve hidrokarbon emisyonları daha fazla azalmaktadır.

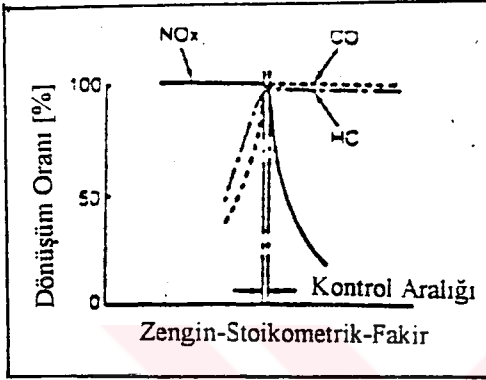
Katalitik konvertörleri birkaç şekilde sınıflandırmak mümkündür. Taşıyıcı kısımlarına göre ; seramik, metal ve küresel parçacıklı konvertörler. Fonksiyonlarına göre ; üç yollu, iki yollu (oksitleyici) ve indirgeme konvertörleridir. Taşıyıcı kısmı seramik konvertörlere alternatif teknoloji olarak metal alışımların bulunması ve geliştirilmesi ile aynı verimi %55 daha küçük bir hacimden elde etmek mümkündür.

İlk konvertörler oksitleyici (CO, HC emisyonları için) ve indirgeme (NOx emisyonları) için ayrı ayrı yapıyorlardı. Üç yollu katalitik konvertörün geliştirilmesi ile stokiometrik oran ( $\lambda=1$ ) civarında her üç emisyonun tek bir cihazla azaltılması sağlanmıştır.

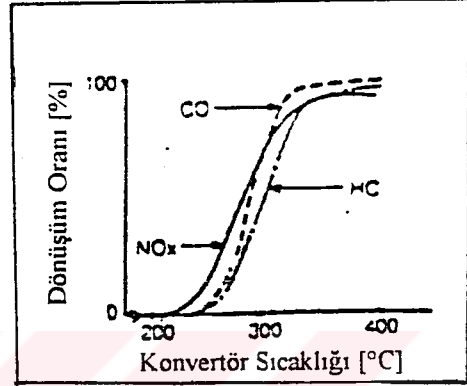
Katalitik konvertörün çalışabilmesi için rejim sıcaklığına getirecek bir ön ısıtma işlemi gereklidir. Emisyonlar özellikle motorun ilk harekete geçirilmesinden itibaren ilk birkaç dakika içinde maksimum olmaktadır. Dolayısıyla konvertörün önceden veya motorun ilk harekete geçmesinden çok kısa bir süre içinde ısıtılması gerekmektedir. Bunun için ;

–İlk çalışma periyodunda gerekli sıcaklığa erişmek için çok küçük hacimli bir ısı reaktörünü konvertörün önüne yerleştirmek,

--Motorun ısınma periyodunda yakıt karışımların fakirliğini dengeleyen iyileştirilmiş egzoz manifoldu kullanılmaktadır. Konvertör sıcaklığına bağlı olarak farklılık gösteren emisyon dönüştürme oranları şekil 2.9' de görülmektedir. 300°C (572°K) sıcaklığa erişildiğinde dönüştürme oranı maksimuma ulaşmaktadır.



Şekil 2.8- Katalitik konvertör etkisi

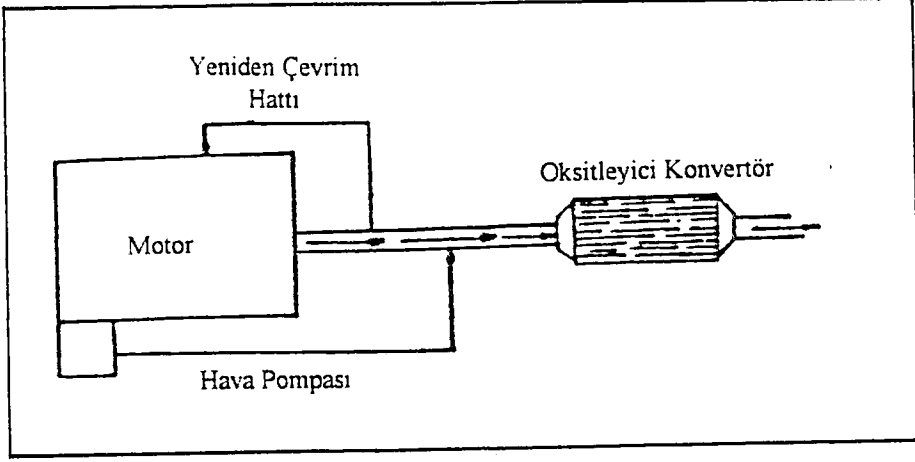


Şekil 2.9- Konvertör sıcaklığının emisyonlara etkisi

### 2.1.2.1 Oksitleyici Konvertörler

Soy metal tabaka olarak platin veya paladyum kullanılan bu konvertörlerde karbon monoksit ve hidrokarbon emisyonları oksitlenmektedir. Katalizator tabaka sayesinde oksitlenme düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilebilmektedir. Bu nedenle oksitleyici katalitik konvertörlerin motorun çok yakınına monte edilmesi zorunluluğu yoktur. Bu konvertörler karbon monoksit emisyonlarının özel bir önem kazandığı, kapalı ortamlarda çalışan motorlarda kullanılmaktadır. Bu konvertörlerle donatılmış motorlarda ; azotoksit emisyonlarını azaltılması egzoz gazlarının yeniden çevrim sistemi kullanılmaktadır.

Şekil 2.10' da şematik olarak gösterilen oksitleyici konvertör sisteminde ; karbon monoksit ve hidrokarbon oksijenle reaksiyona sokularak karbondioksit ve su buharına dönüştürülmektedir. Sistemde kullanılan bir hava pompası ile egzoz gazları içindeki bileşenlere oksijen sağlanmaktadır. Oksitleyici konvertörler, 1960lı yıllarda emisyon standartlarına cevap vermiştir.

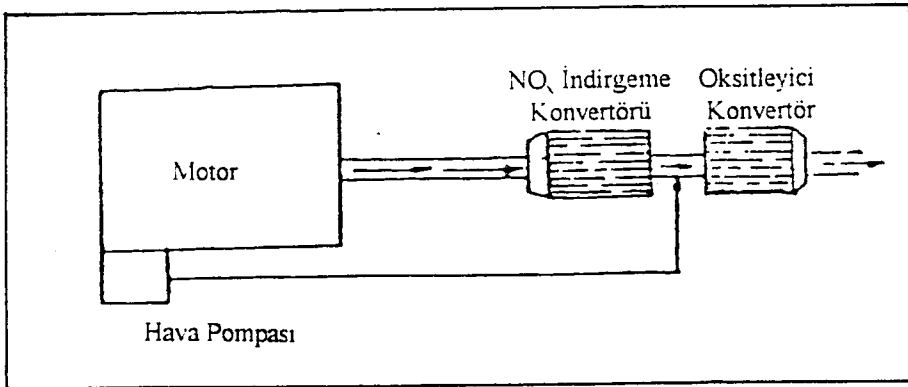


Şekil 2.10- Oksitleyici konvertör sistemi

### 2.1.2.2 İndirgeme Konvertörleri

Soy metal tabaka olarak rutenyum veya rodyum kullanılan bu konvertörlerde azot oksitler oksijen ve hidrojene dönüşmektedir. Daha gelişmiş konvertörler veya oksitleyici konvertör ilave edilerek emisyonlar daha da indirgenmiş olarak dış ortama atılmaktadır. Çiftli katalitik konvertör sistemi denilen bu düzeneklere şekil-2.11 örnek olarak verilebilir.

İki konvertörden ilkinde azot oksitler indirgemekte, ikincisinde ise hava pompasında gelen oksijen ile karbon monoksit ve hidrokarbon bileşenleri oksitlenmektedir.

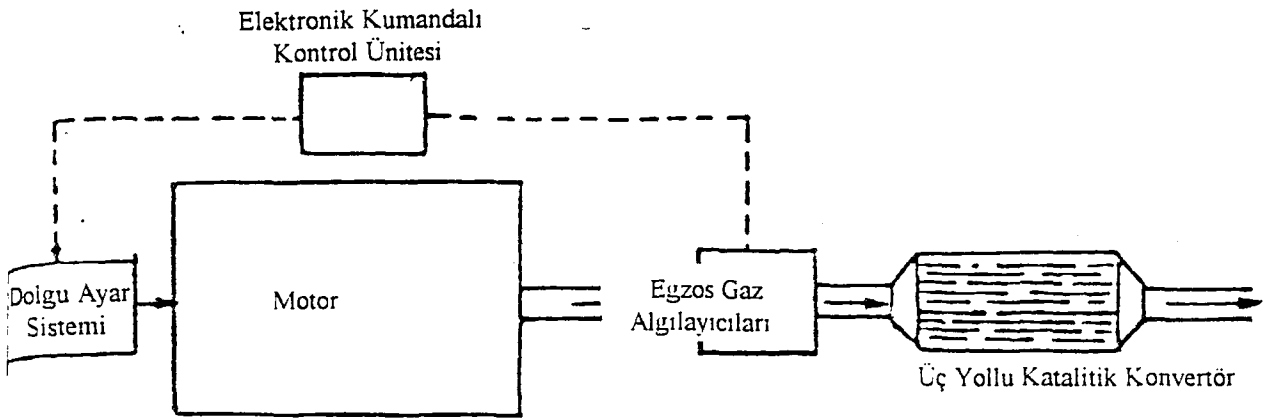


Şekil 2.11- Çiftli katalitik konvertör sistemi

### 2.1.2.3 Üç Yollu Konvertörler

Soy metal tabaka olarak HC ve CO' in oksitlenmesi için paladyum NOx' lerin indirgemesinde de rodyum birlikte kullanılmaktadır. Motorlarda yakıt kontrolünün gelişmesine bağlı olarak stoikometrik oran civarında en iyi çalışma verimini sağlayan üç yollu konvertörler geliştirilmiştir. şekil (2.12)' de üç yollu katalitik konvertör sistemi görülmektedir. Karbon monoksit, hidrokarbon ve azot oksit emisyonlarının aynı konvertörle zararsız gazlara dönüştürülmesinden dolayı üç yollu terimi kullanılmaktadır. Sistemde karbon monoksit ile azot oksitler karbon dioksit ve azot oluşturmak üzere, hidrokarbonlar ve azot oksitler aynı ürünleri ve su buharını meydana getirmek üzere reaksiyona girmektedirler.

Üç yollu sistemin avantajı iyi bir yakıt ekonomisi ve motor performansı sağlamasıdır. Sistemde hava pompasına gerek duyulmaktadır. Bu durum güç kaybına, yüksek maliyeti ve karmaşıklığı azaltmaktadır. Maliyetin daha da düşürülebilmesi için aktif katalitik tabaka olarak yalnızca paladyum kullanımı üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Üç yollu katalitik konvertörleri azotmonoksitin indirgenmesinde etkili olabilmesi için motor az bir stokiometrik hava/yakıt oranı ile işletilmelidir. Bu koşulu benzin motrlarında sağlamak mümkün olmasına karşın diesel motor stokiometrik hava/yakıt oranında işletilmemelidir. Aksine tam yükte bile zengin oksijen koşullarında işletilmektedir. Bu durumda üç yollu konvertörün azotmonoksit emisyonuna herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 2.12- Üç yollu katalitik konvertör sistemi

### **2.1.3- Mevcut yakıtların ıslahı, değişik yakıtların geliştirilmesi**

Otomobil üreticileri ve petrol firmaları emisyonları azaltmak için benzinin iyileştirilmesi, değişik yakıtların geliştirilmesi için çaba harcamaktadırlar. ABD, temiz hava standartlarının ihlal edildiği 100 den fazla şehrinde benzin yerine daha başka yakıtla çalışacak otomobillerin üretilmesini teşvik eden bir politika belirlemiştir.

#### **2.1.3.1-İyileştirilmiş Benzin**

Binek otomobillerin büyük bir çoğunluğunda benzin kullanılmakta bu nedenle benzinin iyileştirilmesi emisyonların azaltılması yönünde büyük öneme sahiptir. Çünkü altyapısı (rafineri, dağıtım) iyice oturmuş durumdadır. Bu yüzden otomobil üreticileri ve petrol firmaları benzinin iyileştirilmesi yönünde çalışmaktadırlar.

Benzin, ham petrolün fraksiyonlu destilasyon metoduyla damıtma kulelerinden geçirilmesiyle elde edilir. Benzinde, en hafif hidrokarbon bileşikler bütanlar olup ,benzinin buharlaşmasını, soğuk havalarda motorun kolayca çalışmasını sağlar. Ağır kısımları ise olefin ve aromatik denilen yüksek enerjiye sahip olan, ancak büyük bir kısmı yanmadan atılan, motorda kir ve kurum bırakan hidrokarbonlardır. Oktan sayısını artırarak vuruntuya karşı direnci artırılmaktadır. Arco firması EC-1 adıyla çıkardığı yeni benzinden bu uç kısımları çıkarıldıktan sonra bir katkı maddesi olan metil tertiary bütıl eter(MTBE) maddesini etkiledi. Bu madde hem oktan sayısını artırıyor hem de benzinin buharlaşmasını kolaylaştırıyor. Yapılan testlerde NOx 'de %5, reaktif organik gazlarda %4, CO 'de %9, SO2 'de ise %80 oranında azalma olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu yeni benzinin tek handikapı maliyet hususunda ortaya çıkmaktadır. Rafinerilerde değişiklik yapmak gerekecek, ham petrolün atılan kısımlarının getireceği maliyetler fiyat üzerine eklenecektir. Bu benzinin hava kirliliğinin çok olduğu bölgelerde kullanılacağı tahmin edilmektedir.

#### **2.1.3.2-Metanol**

Alternatif yakıtlar arasında metil alkol olarak bilinen bilinen metanol benzinin yerine kullanılabilecek yakıtlar içinde en ümit verici olanıdır. Önceleri odunun damıtılması ile elde edilen metanol, şimdi kömürden veya doğal gazdan elde edilmektedir. Doğal gazdan üretilen metanol yanma sonucunda benzine göre %10 daha az CO<sub>2</sub> emisyonu verir. Kömürden üretilen metanolde ise CO<sub>2</sub> emisyonu benzine göre %20 daha fazla olur. Halen petrol kuyularının tepelerinde parıldayarak yanan doğal gazdan metanol elde

edilirse, atmosfere yayılan CO<sub>2</sub> emisyonu azaltılmış olur. Geniş kömür yataklarının varlığına rağmen kömürden metanol uygun değildir. Zira proses sırasında ortaya çıkan CO<sub>2</sub> emisyonu, egzoz gazlarından kısılan miktardan çok daha fazla olacaktır. Ancak uzun vadede yapılacak gelişmeler sonucu, prosese hidrojen eklenerek fazla karbondioksit metanole çevrilebilir.

Metanol yanmamış hidrokarbonlar üretmez. Böylelikle yere yakın kesimlerde ozon tabakası oluşumunun önüne geçilmiş olur. Bilindiği gibi egzostan çıkan hidrokarbonlar güneş altında azot oksit gibi maddelerle reaksiyona girip ozonu oluşturmaktadır. Atmosferin yukarı kesimlerinde yararlı olan ozon tabakası, aşağı yerlerde insana zararlıdır.

General Motors 'dan F.Ament " Metanolün motordaki yanma işlemi tam olur, parçacık oluşturmaz ; motorunuzu söküp dağıtırsanız, tertemiz olduğunu göreceksiniz " diyor. Parçacık salınımında benzine göre %50-90 oranında düşüş meydana gelir.

NO<sub>x</sub> salınımında azalır. NO<sub>x</sub>, yanma için silindirin içine çekilen havanın içindeki azot ve oksijenin yüksek sıcaklık ve basıncın birleşmesinden oluşur. Metanolün yanmasıyla ortaya çıkan ısı azdır, düşük sıcaklıkta yanar. Dolayısıyla NO<sub>x</sub> meydana gelmesi için gerekli ortam oluşmaz.

Metanol araçlarda çok küçük değişikliklerle kullanılabilir. Metanol karbüratöre gerek duymadan diesel yakıtı gibi silindirlere direk püskürtülebilir. Diesel motorlarda püskürtme işlemi sıkıştırmanın sonuna doğru, basıncın en yüksek olduğu anda yapıldığı için ağır ve pahalı enjeksiyon sistemine ihtiyaç vardır. Metanol de ise tam tersidir. Metanol, oktan sayısı yüksek olduğundan (kendi kendine tutuşabilirliği düşük) sıkıştırma periyodunu ilk dönemlerinde, kompresyon basıncını çok düşük olduğu zamanda bile püskürtülebilir. Bu da basit ve ucuz sistem demektir. Aynı zamanda değişik yükler altında motorun verimli çalışması için püskürtme zamanı ayarlanabilir.

Yüksek oktan özelliğinden dolayı (benzinde 87-92, metanode 100) turboşarj ile silindire daha çok hava şıkıştırılabilir. Bu yanma için daha fazla hava ve daha iyi yanma demektir. Benzinli motorlarda sıkıştırma oranı n 1/9 iken mentonollü motorlarda 1/12, 1/18 olmaktadır. Böylelikle aynı güç daha küçük boyutlu motordan sağlanabilir.

Bazı yakıtların kendi kendine tutuşma sıcaklıkları :

Etil alkol	392°C
Benzin 73 oktan	299°C
92 oktan	399°C
100 oktan	429°C
Motorin	221-277°C
Hidrojen	574°C

Metanolün diğeri bir özelliği de yanma sıcaklığının düşük olmasıdır. Düşük sıcaklıkta oluşan yanma reaksiyonu, soğutma sistemlerinin basitleştirilmesini sağlar. Radyatör küçültülebilir. Hatta silindirlerin seramikten yapılması halinde radyatör ve fan gerekmeyecektir. Bu, taşıtın ağırlığını azaltacak daha da önemlisi aerodinamik profilin yeniden tasarlanmasını sağlayacaktır.

Motor ve radyatör boyutlarının küçültülmesi, daha hafif bir şasi, daha basit fren sistemi, hafif süspansiyonlar, küçük tekerlekler demektir. Motor ağırlığında 1kg 'lık bir azalma diğeri parçaların ağırlığında 3/4 kg 'lık hafiflik sağlar. Sonuç olarak daha hafif otomobil daha az enerjiye, güce ihtiyaç duyar ve motorlar daha da küçültür.

Metanolün en büyük dezavantajı yandığında benzine göre iki kat daha fazla formaldehit üretmesidir. Bu madde daha önceleri biyolojik maddeleri korumak, saklamak için kullanılıyordu ancak kanserojen olduğu anlaşıldı. Bazı araştımacılar, formaldehit emisyonu olayının metanolün kullanılmasının yaygınlaştırılmasına engel olacağı, bazıları da bunların kontrol altında alınarak azaltılabileceği iddia edilmektedir. Ford firmasını yakıt sistemleri bölümünden Dr. Roberta Nichols metanollü araçlar için çözüm bulamadıkları tek sorunun aldehit emisyonu olduğunu, Kaliforniya 'da standartın 15mgr kendilerinin ise halen 30mgr olduğunu belirtmektedir. Bu emisyon motorun çalışmasından ilk iki dakika içinde oluşturmaktadır. Çözüm katalitik konvertör olabilir ancak bu cihazın ısıtılması gerekli. General Motors 'dan Bob Potter aküden elektrik alıp ısıtılamayacağını zaten akımın çoğunun motorun çalıştırılmasında kullanıldığını, tek çözümü konvertörü, mümkün olduğu motorun yanına koymak olduğunu belirtiyor.

Metanolün diğeri bir zararlı yönünün zehirli ve gözü tahriş eder nitelikte olmasıdır. Ama çevre koruma örgütü (EPA) zararlı seviyeye ulaşacak birikmenin, ancak çok nadir şartlar altında olabileceğine, bununda kolayca dağıtılabileceğini söylemektedir.

Belli bir hacimdeki metanol, benzin veya motorinin yarısı kadar enerji verir. Bu da daha büyük tankı gerektirir. Ancak metanollü araçlar baştan daha çok verimli tasarlanırsa, yakıt ihtiyacı azalacaktır. Zira ilk metanollü araçlar benzinli otoların uyarlanması şeklinde olmaktadır. Prototipler üzerinde yapılan araştırmalara göre, gelişmiş teknolojiye sahip olanlara göre %30 daha verimli ve olağanüstü ivmelenmeye sahip olduğu görüldü. Bir otomobilin motoru yakıt enerjisinin %35 'ini faydalı işe dönüştürür. Şehir içinde bu oran %15 'e inmektedir. Ortalama olarak motordan alınan işin %30 'u ivmelenmeye, %30 'u yuvarlanma direncini yenmeye, %30 'u aerodinamik engelleri aşmaya, geri kalanı ise sürtünme kayıplarına gitmektedir.

Genellikle Amerikan firmaları metanole itibar etmektedir. Ford, General Motors, Chrysler çeşitli deneme çalışmaları yapmaktadır. Chrysler 'in "benzin toleranslı metanollü araç " diye takdim ettiği 2200cc 'lık 4 silindirli otomobilde M85 adı verilen bir karışım

kullanılıyor. Bu karışım %85 metanol, %15 benzinden oluşmaktadır. Bu karışımla 175 HP, 275Nm tork elde edildi. Aynı araç %100 benzinle 150HP, 240Nm tork sağlıyor. Yakıtta metanol ilavesi arttıkça aracın performansı artmaya başlıyor. Metanole %15 benzin ilavesinin sağladığı iki fayda var;

--Benzin, buharlaşması az olan saf metanolün uçuculuğunu artırarak motorun soğuk havalarda çalışmasını kolaylaştırır. İyi bir yanma için zengin yakıt-hava karışımı temin eder.

--Saf metanol alevsiz yanar ve gün ışığında yandığı belli olmaz. Benzin, alevi renklendirerek alevin görülmesini olası kazalar yönünden temin eder.

### **2.1.3.3- Etanol**

Etanol(etil alkol) ispiroto olarak bilinen ve genelde tarım ürünlerinden (mısır, şeker kamışı, vs) imal edilen alternatif bir yakıttır. ABD nin tarım yoğunluklu eyaletlerinde %10 etanol, %90 benzin karışımı olan Gashol, yıllardan beri otomobillerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Benzine yapılan bu ilave yakıtı daha oksijenize ettiği için, yüksek irtifalı yerlerde verimli yanmayı temin etmektedir. Şeker kamışının bol bulunduğu Brezilya 'da otomobillerde 15 yıldır etanol kullanılmaktadır.

Enerjisi metanolden fazla benzinden azdır. Methanol gibi zehirleyici değildir. Fakat metallerle karşı en az metanol kadar aktiftir. Bu yüzden araçlardaki ekipmanlarda küçük değişiklikler yapmak gerekir. Maliyetinin metanolden 2-3 kat fazla olması ise dezavantajıdır.

Tablo 2.2 Alternatif Yakıtların Benzinle Karşılaştırılması

	Metanol	Etanol	LPG
Depo boyutları	Benzinden çok iyi	Bazı durumlarda benzinden kötü	Bazı durumlarda benzinden iyi
Çevreye etkisi	Benzinden çok iyi	Benzinden çok iyi	Benzinden çok iyi
Araç maliyeti	Benzinle aynı	Benzinle aynı	Benzinle aynı
Performans	Bazı durumlarda benzinden iyi	Bazı durumlarda benzinden iyi	Bazı durumlarda benzinden kötü
Yakıt maliyeti (talep az iken)	Bazı durumlarda benzinden kötü	Benzinden çok kötü	Benzinle aynı
Yakıt maliyeti (talep artarsa)	Benzinden çok iyi	Bazı durumlarda benzinden kötü	Benzinle aynı
Yakıt doldurma kolaylığı	Benzinle aynı	Benzinle aynı	Bazı durumlarda benzinden kötü

## 2.1.4 Değişik enerji kaynaklarının kullanımı

### 2.1.4.1 Doğal gaz

Haziran 1992 verilerine göre altı kıtada 40 ülkede 700.000 den fazla doğal gazlı araç kullanılmaktadır (tablo 2.1.4.1.1). Doğal gazın taşıtlarda kullanılmasında öncülüğü İtalya yapmıştır. İtalya 'da 1940 dan bu yana doğal gazlı taşıt sayısı 235.000 e, D.G istasyonu sayısı 240 a ulaşmıştır. Diğer öncü ülkeler eski Sovyetler Birliği, Arjantin, Yeni Zelanda ve ABD dir .Bu ülkelerden D.G kullanılmasının başlıca üç sebebi vardır:

1- Alternatif yakıtlar kullanılmasına yönelik yasal zorlamalar (dış bağımlılığı azaltmak için)

2- Doğal gaz kaynaklarını bulunması

3- Özellikle nüfus yoğun kentlerde hava kirliliğini önlemek

Doğal gaz kaynakları petrolden daha bol ve daha yaygındır. Birçok ülkede atıl vaziyette durmaktadır. Özellikle petrol yüzünden dış ticaret açığı veren ülkeler için bir alternatiftir. Endonezya, Tayland ve Pakistan 'da da D.G nin kullanımı için plan ve programlar yapılmaktadır.

Tablo 2.3- Doğal gazlı taşıtların ülkelere dağılımı

<u>Ülkeler</u>	<u>Taşıt sayısı</u>
Eski Sovyetler Birliği	300.000
İtalya	235.000
Arjantin	100.000
Yeni Zelanda	60.000
ABD	30.000
Kanada	26.100
Brezilya	700
Avustralya	626
Hollanda	303

Türkiye 'de ise 1990 dan itibaren büyük şehirlerde kurulan doğal gaz şebekeleri ile ısınmaya yönelik kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Özellikle kış aylarında Ankara, İstanbul, Bursa gibi hava kirliliği yoğun şehirlerde kullanımı zorunluluk halini almıştır. Otomobillerde kullanımına yönelik ise hiç bir çalışma yoktur. Toplu taşıma araçlarının doğal gazla çalıştırılmasına yönelik çalışmalar ise henüz bir sonuç vermemiştir. Sadece toplu taşıma araçlarının bile doğal gazla çalışması sağlanabilse hava kirliliği hissedilir bir şekilde azalacaktır. Bu sebepten, doğal gazın taşıtlarda kullanımını başlatmak için devlet, teşvik ve yasal zorlamalar getirmelidir.

Doğal gazla çalışan motorlar normal (benzin,motorin) motorların yarısı kadar karbonmonoksit(CO), üçte iki oranında daha az azotoksit (NOx) ve dörtte üç oranında daha az hidrokarbon(HC) açığa çıkarıyor.Bunun yanında benzol, kurşun, kurum gibi kirleticiler oluşmamaktadır.

Doğal gazın yakılmasından sonra yanma tam olmamışsa egzos gazları arasında yanmamış metan gazı çıkabilir.Metan gazı atmosfere karıştığında, insan sağlığı yönünden karbondioksitten 20 kat daha zararlı olmaktadır.Bu yüzden katalizör takılması gerekir.Bu konudaki çalışmalarını son aşamaya getiren Degussa firması, egsostan çıkan metan gazını büyük oranda absorbe edecek bir katalizörü piyasaya sürmeye hazırlanmaktadır.

İçerisinde kükürt bulunmayan doğal gaz, silindirlerde sülfirikasit oluşumuna da sebebiyet vermediğinden motor ömrünü uzatır. Aynı zamanda yakıt(özellikle motorin) içerisinde bulunan kükürt motor yağını bozmakta, dolayısıyla doğal gaz ile çalışan motorlarda yağ değişimi süresi uzar. Doğal gaza benzinde olduğu gibi oktan artırıcı katkıları (motor ömrünü kısaltan ve zehirli) eklemeye gerek yoktur.Çünkü kurşunsuz süper benzinde 98 olan oktan sayısı, doğal gazda 130 dur.Dolayısıyla vuruntusuz çalışır.Silindirdeki ateşleme daha yumuşak olduğu için motor da daha sessiz çalışır.

Ancak doğal gaz kullanan motorlarda tüketim yaklaşık %15 düzeyinde arttığı gibi performansta aynı oranda düşmektedir. Asıl büyük sorun yakıt ikmalinde çıkmaktadır. Yakıt ikmalı 5 dakikada yapılabilmektedir fakat bu ikmalin yapılabilmesi için güvenilir yakıt istasyon ağı gerekmektedir. Ama bu problemde şehir içi kullanımlarda kolaylıkla giderilebilir.

İki tip doğal gaz taşıtı mevcuttur. Birincisi doğal gaza çevrilmiş, çift yakıtlı çalışabilen tip. İkincisi sadece doğal gaz kullanımına yönelik dizayn edilmiş taşıtlar. Doğalgaza dönüşüm maliyeti, otomobiller için 2000-3000\$ (1995) arasındadır. Maliyet, aracın büyüklüğüne ve yerleştirilecek yakıt tankı sayısına göre değişmektedir. Doğal gaza çevrilen taşıtların, mevcut yakıt sistemlerine dokunulmadığı için hem doğal gaz hem de benzin veya motorin kullanılabilir. Ancak sadece doğal gaz kullanımlı versiyonlara geçerek sıkıştırma oranını yükseltmek ve yanma odalarını doğal gaza göre şekillendirmek motorun verimliliğini artıracaktır.

Doğal gaz, çelik tüplerde saklanmaktadır. Çelik tüplerin 80 litre kapasitelileri, 200 bar basınç altında 16 m<sup>3</sup> gaz depolayabilmektedir. Bu da 200 km' lik kullanım için yeterli olmaktadır.

BMW doğal gazla çalışan 316 compact ve 518 touring otomobillerini 1996 yılında piyasaya sürmeyi planlamaktadır.

#### **2.1.4.2-Elektrik ile tahrik**

Elektrikli taşıtlar direk olarak emisyon oluşturmazlar. Bu sebeple otomobil üreticileri 1990 yılından itibaren mevcut modellerinin elektrik tahrik ile tahrik edilenlerini piyasaya sürmeye başlamışlardır. Elektrikli taşıtlar temelde ;elektrikli güç kaynağı, tahrik motoru ve güç kaynağından motora akan enerjiyi kontrol eden kontrol ünitesinden oluşur.

Tekerlekleri tahrik eden elektrik motoru termik motorlara göre çok daha verimli çalışmaktadır. Transmisyon düzeni termik motorlara kıyasla çok daha basittir. Bunun sağladığı bir çok fayda vardır. En başta gelen faydası gürültüsüz ve sarsıntısız çalışmasıdır, tekerleklerin yuvarlanma sesinden başka ses duyulmaz. Birbirine sürtünen parçaları az olduğu için bozulup aşınmadan 1 milyon km gidebilir. Kullanılacak olan elektrik motorunun yüksek verimli ve hafif olması gerekir. Bunun için hafif malzemeler kullanılmaktadır.

Motor olarak alternatif akım veya doğru akım kullanılmaktadır. Her ikisinde artı ve eksileri vardır. Doğru akım motoru daha basittir fakat rotoru elektrikle besleyen temas parçaları sürtünmeyle çabuk aşınmakta ve her 30.000 km de değiştirilmeleri

gerekmektedir. Alternatif akım motorunda ise böyle sürtünme bölümleri yoktur ve motora özel bir bakım yapılmaksızın 150.000 km gidebilmektedir. Buna karşılık elektronik kontrol sistemi daha karmaşıktır. PSA'dan Leroy Somer'in belirttiğine göre; alternatif bir motorun elektronik kontrol sistemi, motorun fiyatının yaklaşık üç katıdır. Düz akım motorunki ise motorun fiyatına denktir.

Elektrikli taşıtlarda problem güç kaynağından kaynaklanmaktadır. Enerjinin elektrokimyasal olarak saklandığı kurşun akü gereken enerjiyi sağlamakta yetersiz kalmaktadır. Bir elektrikli otomobili 100 km/s hızla 100 km götürmeyi sağlayacak bir kurşun akü minimum 730 kg ağırlığında olmaktadır. Bu yüzden elektrikli taşıtların gelişip yaygınlaşması elektrik enerjisini daha yoğun bir şekilde depolayabilecek sistemlerin geliştirilmesine bağlıdır. Araştırmalar bu ekseninde devam etmektedir.

Alternatiflerden birisi lityum/fluor akülerdir. 8 kg ağırlığında böyle bir akü ile elektrikli bir otomobili 100 km/s hızla 100 km götürebilmektedir. Ancak çok kuvvetli bir oksitleyici olan fluor, elektrot desteklerini paslandırmakta ve lityum ise elektro üzerinde iğnecikler oluşturmaktadır. Dolayısıyla ömrü çok kısa olmaktadır.

Başka bir alternatif nikel/kadmiyum pilleridir. Bunlar şimdiki kullanılan kurşunlu akülerin ağırlığını yarıya indirmekte ve 150.000 km yol alınabilmesini sağlamaktadır.

Umut verici diğer bir seçenek sodyum/kükürt pilleridir. Bunlar daha fazla elektrik depolayabilir ve nikel/kadmiyum pillerinden yarı yarıya daha ucuzdur. Mahzurlu tarafları, ancak 300 °C sıcaklıkta çalışabilmeleri ve enerjilerinin %10'unu daha araba çalışmadan ısı enerjisi biçiminde kaybetmeleridir.

Fransa'da trafiğe çıkmış olan ve çoğunlukla büyük şirketler ve bazı belediyeler tarafından işletilen 4000 kadar elektrikli araçta hala kurşun aküler kullanılmaktadır. Ancak Tours 'da nikel/kadmiyum aküleriyle donatılmış bir kaç otobüs deneme seferleri yapmaktadır. PSA şirketi de J5 ve C25 vanları için nikel kadmiyum ve sodyum/kükürt aküleri kullanmaktadır. Bu arada şarj işlemlerinin yapıldığı elektrik istasyonları yapımına hız verilmektedir. Fransız Elektrik kurumu EDF, yapacakları istasyonların otoparklara konacağı ve işine gelen birisi aracını prize takacak, işten çıktığında aracı tamamen (6-8 saat) şarj edilmiş olacağını belirtmekte. Daha kısa şarj çalışmaları sürmektedir. Yine PSA şirketinin sunmayı planladığı bir hizmette; elektrikli AX ya da 106 modelini kullanan bir kimse banka ya da abone kartıyla, yoldaki belirlenen park yerlerinde "elektrik pompaları" ndan yararlanması sağlanacaktır.

Sergilenen prototiplere bakıldığında iki tip otomobil ortaya çıkacaktır. Bunlardan birincisi olan avrupa tipinde otomobil küçük ve karoser hafif tutulmuştur. PSA'nın ürettiği olduğu Citela 3m boyunda 1.55m enindedir. Otomobilin sadece şasesi metaldendir. Kasa tamamen plastiktir. Böylece kasanın akülerle birlikte ağırlığı 800 kg dır. Aküler şasiyi

darbelere karşı koruma görevinde yapmaktadır.Şehir içi kullanıma göre dizayn edilmiş olup hızı 50 km/s dir.240 kg nikel/kadmiyum pilleri ile bir şarjla 110 km gidebilmektedir.Amerikan ve Japon tasarımcıların savunduğu ikinci tip, normal otomobil boyutlarında olup çok aerodinamik bir yapıya sahiptir.Nissan'ın geliştirmiş olduğu 4m uzunluğundaki FEV ile Genaral Motors'un Impact modeli bunlara örnektir.Bunlar, termik motorlu otomobiller performansını yakalayabilmektedir.0-100 km/s hızlanmaları 9sn ve maksimum hızları 130 km/s dir.Ancak tavsiye edilen ortalama hız FEV'de 40km/s, Impact'ta 88km/h dir.Bu hızlarla gidildiği takdirde bir şarjla FEV 250km, Impact ise 190 km yol alabilmektedir.

Şehir dışı uzun yol otomobillerinin ise elektrikli olması düşünüldüğünde elektrik kaynağına ek olarak bir termik motor eklenmesi gerekmektedir.Volkswagen'in Chico'su 60km/s'i aşan hızlarda benzin motoru ile tahrik edilirken şehir içinde daha düşük hızlarda elektrik motoruna geçmektedir.Audi'nin 100 Duo'su, Opel'in Twin'i böyle iki güç kaynağıyla donatılmıştır. PSA'nın 405 Break hibrit modeli ise diesel ve elektrik motoru beraber çalışmaktadır.

General Motors firmasının geliştirdiği Impact elektrikli otomobili, denemek için ABD 'nin 12 şehrinde 1000 tüketiciye iki veya dört haftalık sürelerle test ettirilecek. Sürücüler, günlük ortalama 56 km yol yapan ve evinde aracı şarj edebilecek elektrik tesisatı olan kişiler arasından seçilecek. Böylelikle araç günlük kullanım şarjlarında denenerek, müşteri taleplerine göre performans, kabin genişliği gibi konularda yeni iyileştirmelere gidilecek.

Ayrıca Firma, bu araç için özel olarak kurduğu servislerde bu taşıtın gerekli bakım ve tamir işlemlerini yapacak. Bu şekilde teknisyenlerden, aracın eksik ve arıza yapan bölümleri hakkında bilgi alınacak. GM mühendisleri bu iki kaynaktan gelen bilgileri kullanarak gelecek için araç üzerinde gerekli değişiklikleri yapacaklar.

Impact, Federal motorlu araçlar güvenlik standartına (Federal Motor Vehicle Safety Standart) uygun. Sürücü ve yolcu tarafında hava yastığı mevcut. Sadece bir elektrikli araç için değil teknolojik bir araç için gerekli tüm sistemler mevcut. Dolayısıyla yapılan testler sonucu bu aksamalarda olan aksamalarda meydana çıkacağından bunlar için de gerekli iyileştirmeler yapılacak.

Şasi-kaporta : Elektrikli taşıtlar için aerodinamik yapı ve hafif kasa diğer taşıtlarda olduğundan daha önemlidir ( akülerin ağırlığını telafi etmek için). Damla modeli Impact 'a 0.29 gibi mükemmel bir hava direnç katsayısı sağlamıştır.

Impact 'ta Alcan Alüminyum teknolojisi kullanılarak 168 parçalık gövde 134 kg 'a indirilmiş. Alüminyum-magnezyum alaşımı sac, hem iyi şekillendirilebiliyor hem de

paslanmaya karşı daha dayanıklı. İç yapı Du Pont termoplastikleriyle kaplanmış. Bunlar dönüşümlü malzemeler olup eritilerek tekrar kullanılabilirlerdir.

Motor : Impact test otomobillerinde, ön tekerlekleri tahrik eden 102 kW gücünde, sıvı soğutmalı bir AC endüksiyon motor kullanılmış. Tahrik dönüştürücü modülü aküdeki 312 Volt DC akımı AC akıma çevirerek motora iletir.

Bataryalar : Enerji kaynağı olarak kurşun/asit bataryalar kullanılmış. Bataryaların bir kısmı tabana bir kısmında arka koltuğun altına yerleştirilmiş. 27 adet olan bataryalardan biri, aracın elektrikli aksam ihtiyaçlarını sağlamakta, 26 'sı da motoru tahrik etmektedir. Toplam enerji kapasitesi 5.7 litrelik benzin motoruyla aynıdır. Bataryaların ömrü 32.000-48.000 km arasındadır. Toplam ağırlığı 500 kg' dır.

Şarj : Şarj işlemi, Delco firmasının hazırladığı endüktif şarj sistemi ile yapılmakta, aracın önündeki yuvasına oturtularak gerçekleştirilmektedir. Şarj süresi 220 V ile 2-3 saat 110V ile 8-10 saat sürmektedir. ABD 'de genelde 110V kullanıldığı için bunun 220V 'ta çevrilerek yapılması şarj süresini kısaltmaktadır. GM, günde 80 km 'nin altındaki kullanımlarda 220V ile 1 saatlik bir şarjın yeteceğini söylemektedir. Bu da 0.006 \$/km lik bir tüketime denktir.

Direksiyon : Elektro-Hidrolik takviyeli direksiyon sistemi (EHPS) kullanılmış. Sistem bir motor-pompa dan oluşmakta ve aracın hızına göre elektronik olarak kumanda edilmektedir. Sistem maliyetini düşürmek için düz dişli (kramayer) kullanılmaktadır.

Süspansiyon /lastik/tekerlek : Gürültü düşüklüğü, ömür uzunluğu, sürüş uyumluluğundan dolayı Michelin lastikler kullanılmış. Bu lastiklerin yuvarlanma direnci şu anki dört mevsim lastiklerinden %25 daha azdır. Yuvarlanma direnci lastik dönerken oluşan deformasyonun bir neticesidir ve yakıt tüketimini önemli ölçüde etkiler. Motor sarsıntısı olmadığından lastiklerde daha sessiz çalışmaktadır. Lastik ebatları 175/65 R14 dir.

Fren sistemi : Impact 'ta önlerde tek silindirli disk frenler (hidrolik), arkada elektronik kontrollü kampanalar kullanılmış. Aynı zamanda rejenaratif olan fren sistemi, araç yavaşlarken kaybedilen enerjiyi emerek jeneratör olarak çalışan tahrik motorunda elektriğe çevirmektedir.

### 2.1.4.3-Hidrojen

Hidrojen yakıtının üretilmesi, pahalı olmasına rağmen kolaydır. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasının çevreye hemen hemen hiç zararı yoktur.Zira yanması ile su buharı oluşmaktadır.Ancak motor içindeki yağlama yağının yanması ile çok az hidrokarbonlar meydana gelebilir.

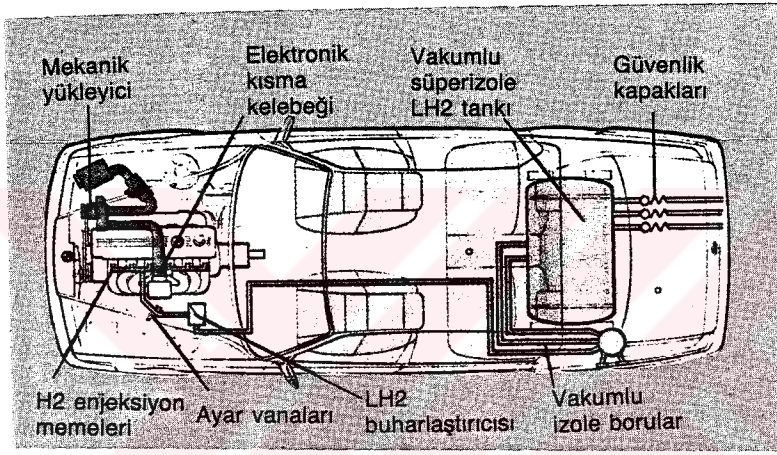
Diğer yandan yüksek yanma sıcaklığı sebebiyle, havanın kimyasal reaksiyonları sonucu NOx meydana çıkmaktadır. Ancak fakir karışımlarla bu emisyon azaltılabilmektedir.

Halen birçok otomobil üreticisi ve araştırma kurumları hidrojen yakıtla çalışan otomobiller üzerinde prototip düzeyinde çalışmalar devam ediyor. BMW ve Mercedes firmaları, yaptıkları çalışmalarda başarılı sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda hidrojenin depolanması hususunda iki seçenek ortaya çıkmıştır.Bunlardan birisi hidrojenin sıvı formda (LH<sub>2</sub>) saklanması, diğeri ise metal hidritlerde saklanmasıdır.

BMW yıllardır yaptığı araştırmalar neticesinde hidrojenin sıvı formda (LH<sub>2</sub>) tutulmasının en pratik yol olduğuna karar vermiştir.Hidrojenin sıvı formda depolanması pahalı kompleks ve pahalı bir sistem gerektirmesine rağmen ağırlık ve güç arasında en iyi uyumu sağlamaktadır.Böylelikle yeterli bir iç mekan sağlamaktadır.Hidrojenin gaz halinde depolanması için yüksek basınçlı tanklar gereklidir.Bu tankların teknik olarak yapmak mümkündür fakat boyutlarının büyük olması kullanımını sınırlamaktadır.Hidrit depolama sistemlerinin de yapımı mümkün fakat ağırlığını ve fiyatının fazla olması dezavantajdır.Şu anda BMW' nin araştırma otomobillerinde oluşturulan sistemler bu konuda çalışan özel şirketler ve Alman Uzay Araştırmaları Enstitüsü(GARI) nün işbirliğiyle gerçekleştirilmiştir.Şekil 2.13' de sıvı hidrojen ile çalışan sistem görülmektedir.LH<sub>2</sub>' nin depolandığı 100L kapasiteli bir yakıt tankı mevcuttur.Tüm yakıt sistemi -253 °C' da tutulmaktadır.Depodan sıvı olarak alınan hidrojen, LH<sub>2</sub> buharlaştırıcısında gaz haline getirilerek H<sub>2</sub> enjektörleri ile silindirlere sokulur.

Üretimin, basit tank, yatak, rakor, çek-valf dizaynları sayesinde daha kolaylaşacağı söylenmektedir.BMW araştırmaları vakum ızalasyon teknolojisi üzerinde devam etmektedir. Şu anda vakum katmanı 5cm ye indirilmiştir. İzalasyon, düşük sıcaklık radyasyonlarını azaltacak film tabakaları içerir. Firmanın belirttiğine göre bu tabaka metrelerce kalınlıkta strapor tabakasının yapacağı yalıtımı yaparak hidrojeni -250°C da tutmaktadır. Depolanmış LH<sub>2</sub> sıcaklık artışı 1°C/gün dür.Fakat bu az gibi görünecek bu sıcaklık artışı, aracın günlerce kullanılmadığı durumlarda basınç artışı oluşturur.Böylece yakıt kıvılcımsız dahi tutuşabilir. Bu yüzden hidrojen otomobillerin

düzenli olarak kullanılarak iç basıncın azaltılması zorunludur. Hidrojen kullanımının en büyük faydası çok fakir karışımların oluşturulabilmesi dir.Fakat araştırmacıların şu an çözmeye çalıştığı problem NOx den kaçınılarak nasıl motor gücünün yükseltilebileceğidir.Kesin olan bir şey vardır o da benzinli motorla karşılaştırılınca hidrojenli bir motordan aynı gücü alabilmek, ancak motor hacmini artırmakla olacaktır. BMW nin hidrojen yakıtına göre düzenlenmiş araçları 2.5L(80kW) ve 5.0L(150kW) arasında değişmektedir.



Şekil 2.13- Hidrojen yakıtlı otomobil

Yakıt hücreleri üzerine olan çalışmalar bir kaç problemi çözmeye yönelik devam etmektedir.Hidrojen ve oksijen kullanılarak bu elektro-kimyasal enerji konvertörleri bir elektrikli otomobili yürütecek yeterli elektriği üretebilirler.Teoride böyle bir sistem yanmalı motorlarda tüketilenden daha az yakıt tüketmektedir.Bir dizel motorunun teorik maksimum verimi %44 iken, geliştirilen tek bir yakıt hücresi 0.2kW maksimum çıkışı %50 verimle sağlamaktadır.Problem yakıt hücresi içingerekli sıkıştırılmış ve nemlendirilmiş havayı sağlayacak ek ünitenin çok fazla yakıt tüketmesinde oluşmaktadır.Bir yakıt hücreli tahrikli sistem aynı gücü veren yanmalı motordan 10 kez daha ağırdır.Yine de BMW gelecek için iyimserdir, bir çok potansiyel gelişmenin olduğunu söylemektedir. BMW' ninde ortağı olduğu Solar-Wasserstoff-Bayern(SWB), diyafram elektrot üniteleri ve bunların yüksek maliyetli platinyum kaplamaları üzerine olan araştırma-geliştirmelere devam etmektedir.Yine SWB, otomobiller için hidrojen yakıt depolarının doldurulmasına yönelik otomasyon çalışmalarına devam etmektedir.Şu an bu dolum süresi 10 dakikanın altına inmiştir.

#### 2.1.4.4-Hibrit sistemler

Genelde iki güç kaynağının karma olarak birbirini destekler mahiyette birleştirilmesi ile meydana gelen hibrit sistemlerin taşıtlarda kullanımı 1917' de başlamıştır. Ancak günümüze kadar otomotiv pazarında yer bulamadı. Gerek çevre koruma açısından gerekse alternatif güç kaynaklarının aranmasına yönelik çalışmaların hızlanması ile hibrit sistemlerde önemli bir seçenek olarak önem kazanmıştır. Hibrit sistemlerin başarılı olabilmesi için;

- kullanım amacına uygun olarak dizayn edilmeli,
- performansı müşteri taleplerini karşılayabilmeli,
- parçaların dayanımı iyileştirilmeli,
- maliyeti makul olmalı
- yeterli servis ağı olmalıdır.

Bir hibrit sistem, temelde taşıtın hareketini sağlayan bir elektrik motoru ve bu motora elektrik üreten bir primer güç kaynağı ve buna bağlı alternatörden oluşur. Sisteme, ani güç ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için yardımcı bir güç kaynağında eklenebilir.

Primer güç kaynağının görevi sadece bir alternatör yardımıyla elektrik üretmektir. Bunun için sabit bir devirde çalıştırılır, dolayısıyla daha verimli çalışır ve daha az bir emisyon oluşturur. Primer güç kaynağı olarak otto motoru, diesel motoru, gaz türbini veya stirling motoru kullanılabilir. Bunların seçimindeki kriterler; performans, güç/ağırlık oranı, ilk harekete geçirme kolaylığı ve maliyettir.

Elektrik motoru ön veya arka tekerlekleri tahrik ederek aracın hareketini sağlar. Aynı zamanda jenaratör olarak çalışır; araç frenlenince, frenlemeyle kaybolan enerjiyi elektrik enerjisine çevirir (regenarative braking). Bu enerji bir batarya yardımıyla depolanır.

Enerji depolama aracı veya yardımcı enerji kaynağı olarak; kimyasal batarya, volan, hidrolik akümülatör, ultrakapasitör, elastomerik ve pnömatik mekanizmalar kullanılır. Bunların tercih kriterleri de; enerji depolama yoğunluğu, şarj ve deşarj karakteristiği, enerji sızıntı oranı, kullanım ömrü ve maliyetidir.

Crysler firmasının Patriot ismini verdiği yarış otosunda kullandığı hibrit sistemin (Şekil 2.14) özellikleri Tablo 2.4' te verilmiştir. Primer güç kaynağı olarak; güç/ağırlık oranının yüksekliğinden dolayı gaz türbini, yardımcı güç kaynağı olarak; yüksek enerji depolama yoğunluğundan dolayı volan kullanılmıştır.

Turbo alternatör 370kW güç verecek şekilde geliştirilmiş. Tahrik sistemi dört parçadan oluşuyor; gaz türbini, türbine birleşik alternatör ünitesi, karbon-fiber volan, elektrik motor/jenaratörü.

Türbin alternatör ünitesi, yüksek hızlı gaz türbini ile yüksek frekanslı AC endüksiyon alternatörünün aynı şaft üzerinde birleşmesiyle oluşur(Şekil 2.15).Türbin alternatör ünitesi, elektriksel,yapısal ve termal dizaynı sayesinde ufak boyutuna rağmen yüksek hız ve güce sahiptir.Türbin gerektiğinde volan tarafından takviye edilir.Yakıt olarak sıvılaştırılmış doğal gaz kullanılmaktadır.Türbin ve kompresörü birleştiren her iki şaft üzerinde birer endüksiyon alternatörü vardır.Her bir alternatör ayakkabı kutusundan biraz daha geniş bir hacimde 185kW güç üretirler.Türbin alternatör ünitesinin ağırlığı sadece 85 kg dır ve güç yoğunluğu 4.3 kW/kg dır.Özgül yakıt tüketimi ise 3.1 kg/kWh dir.

Emme havası ilk önce düşük hızlı komprasörde sıkıştırılır.Ara soğutucuda ısı alınan sıkıştırılmış hava ikinci komprasörde tekrar sıkıştırılarak yanma odasına gönderilir.Yanma odasında yüksek basınçlı havaya yakıt(sıvılaştırılmış doğal gaz) püskürtülür ve ateşlenir.Yüksek basınç ve sıcaklığa erişen gaz, yüksek ve alçak basınç türbinlerinden geçirilerek atmosfere atılır.

Türbin alternatör ünitesi, diesel-jenaratör güç kaynağına kıyasla bir çok avantaja sahiptir.Türbin alternatör optimum çalışır ve düşük emisyon üretir.Güç/ağırlık oranı büyük olduğundan daha hafiftir bu da verimi artırır.Boyutları küçük olduğundan daha kolay yerleştirilir.Daha az hareketli parçası olduğundan aşınması azdır,ömrü uzundur.Sadece nozül ayarı yapılarak değişik yakıtlar rahatlıkla kullanılabilir.Sessiz ve sarsıntısız çalışır bu da konfor demektir.

Volan, enerji depolama sistemi; yüksek hızlı volan(60.000d/d), motor-jenaratör, bilyalı yataklama sistemi ve bir muhafazadan oluşmaktadır (Şekil 2.16). Hava direncini önlemek için sistem vakum ortamda çalışır.57kg ağırlığındaki karbon-fiber volan 4.3kWh lik enerji depolayabilmektedir.

370kW lık elektrik motor/jenaratörü arka tekerlekleri tahrik ederken aynı zamanda volana enerji de depolar.Elektrik motorunun maksimum hızı 24.000 d/d ve güç yoğunluğu 10kW/kg dır.Motor yüksek performanslı malzemeler kullanılarak hafifletilmiş ve %97 lik bir verim yakalanmıştır.

Aracın tahrik sistemi diğer teknolojilere kıyasla bir çok avantaja sahiptir.Konvansiyonel motorlardan veya kurşun-asit batarya gruplarından daha hafiftir.Volan binlerce kez, hiçbir hasara uğramadan şarj/deşarj edilebilir.Rejenaratif fren sistemi sayesinde, volan genelde kaybolup giden enerjiyi kazanabilir.Gaz türbini sıkıştırılmış doğal gaz veya propan ile çalıştırıldığında çok az bir emisyon oluşturmaktadır.

En önemlisi volan enerji depolama sistemi, yük ayarlaması yapan otomatik bir vites gibi çalışır.Güç ihtiyacı az iken (örneğin, düz doğrultuda ve sabit hızda) gaz türbini volanı şarj eder.Yokuş tırmanma gibi yüksek güç isteyen durumlarda, sistem volandan

enerji alır.Yokuş aşağı giderken elektrik motoru bir jenaratör gibi çalışarak volanı besler(Şekil 2.17).

Bu hibrit sistemin konvansiyonel versiyonu 110 kW gücünde, 90kg ağırlığında olacak ve Kaliforniya'nın ultra-düşük-emisyonlu (ULEV) taşıt standardına uyacak.

**Tablo 2.4 Crysler Patriot yarış otosunun özellikleri**

**Aracın:**

Tipi	FIA Dünya spor otomobili sınıfı, açık kokpit
Minimum kütle (kg)	720
Uzunluğu (cm)	465
Genişliği (cm)	200

**Tahrik motoru:**

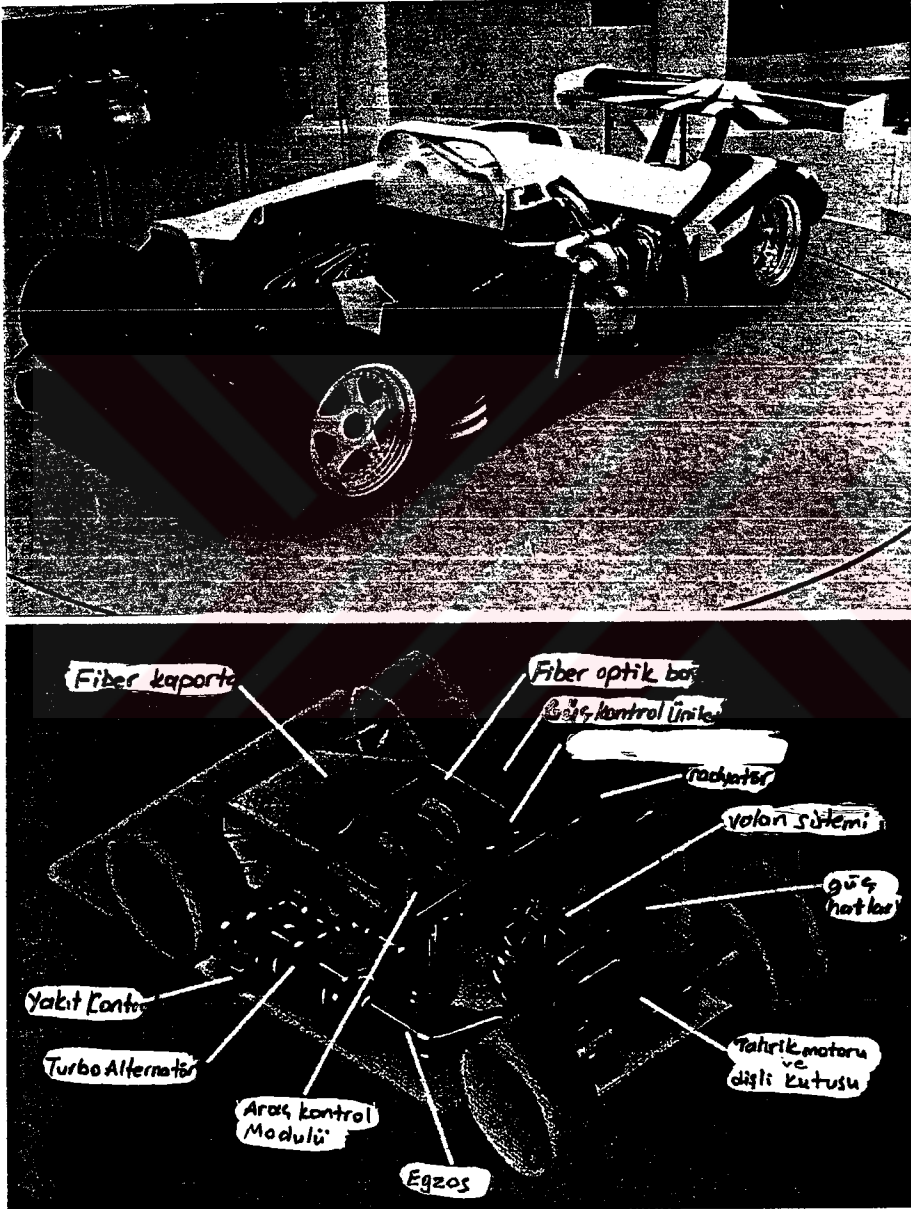
Tipi	Dört kutuplu, üç fazlı AC endüksiyon
Ağırlığı (kg)	65
Maksimum hızı (d/d)	24.000
Muhafaza malzemesi	Alüminyum
Yağlama	Yağ
Soğutma	Su
Kontrolör	72 IGBTs
Tahrik dişlisi	8:1 motordan son dişli
Voltaj (V)	525

**Turbo-Alternatör:**

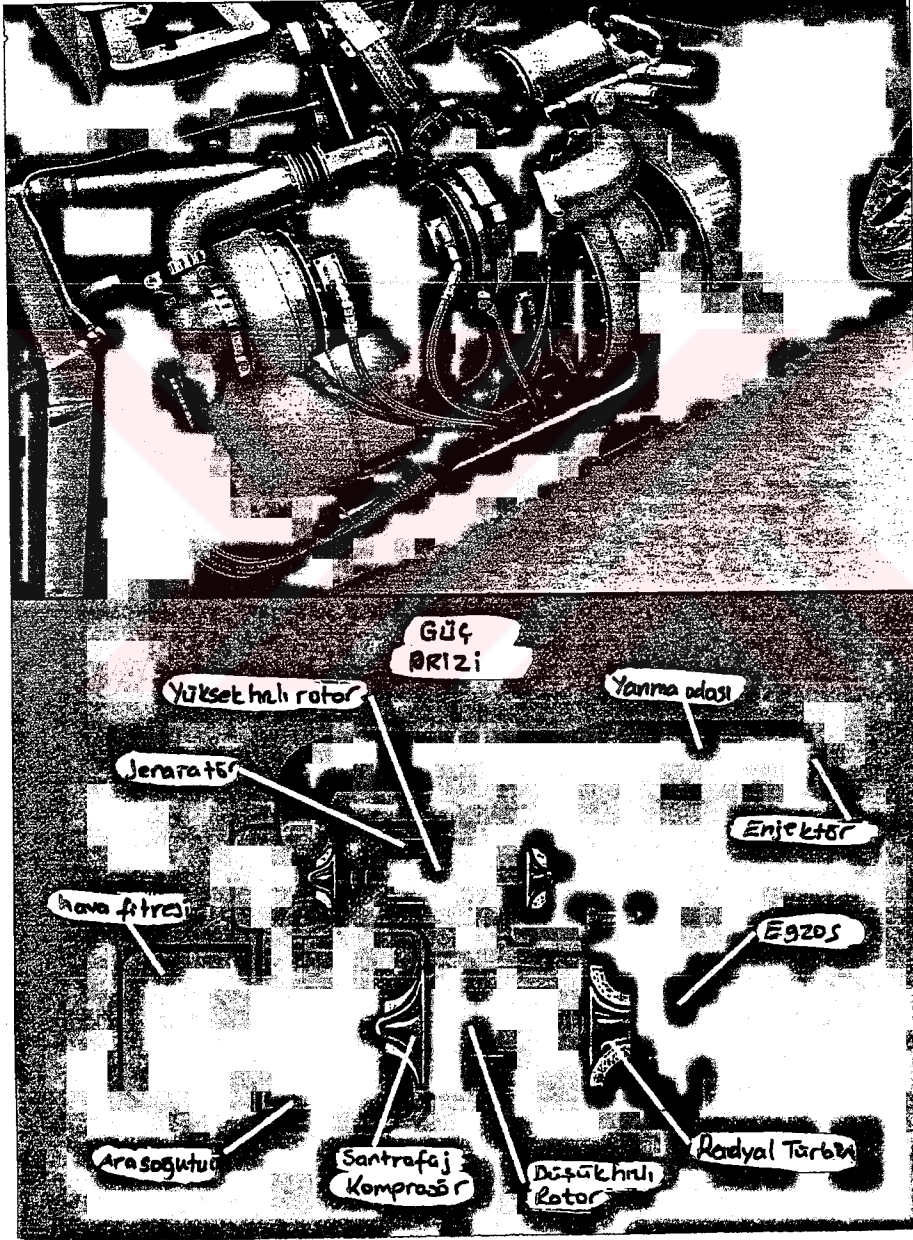
Tipi	Birleşik, iki alternatörlü iki hız kademeli türbin	
Yakıt	Doğal gaz	
Hız		
	Düşük hız (d/d)	50.000
	Yüksek hız (d/d)	100.000
Ara soğutucu yeri	Düşük ve yüksek hızlı kompresörler arasında	
Ağırlığı (kg)	85	
Alternatör tipi	72 IGBTs kontrollü, üç fazlı AC endüksiyon	
Malzemeler	Komposit, seramik, titanyum ve paslanmaz çelik	
Soğutucu	Su	

**Volan sistemi:**

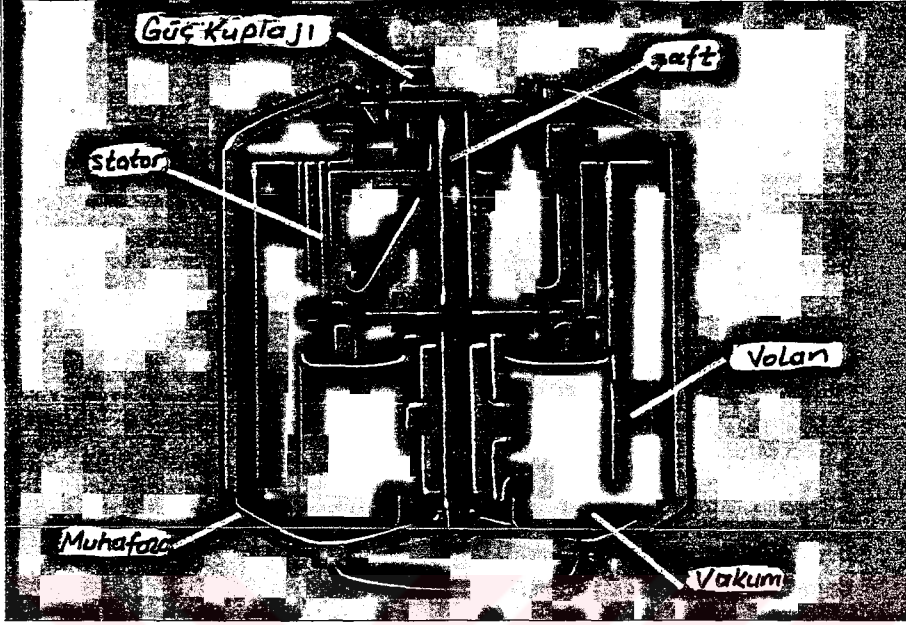
Tipi	Yüksek hızlı, vakum korumalı komposit volan
Ağırlık (kg)	67
Maksimum hız (d/d)	58.000
Yerleştirme	Çapraz mafsallı
Motor tipi	Üç fazlı
Malzemeler	Karbon-fiber jant (6.3 GPa), karbon-fiber kılıf (2.8 GPa)
Vakum (mPa)	1.3
Yataklama	Bilyalı
Kontrolör	72 IGBTs
Soğutma	Su



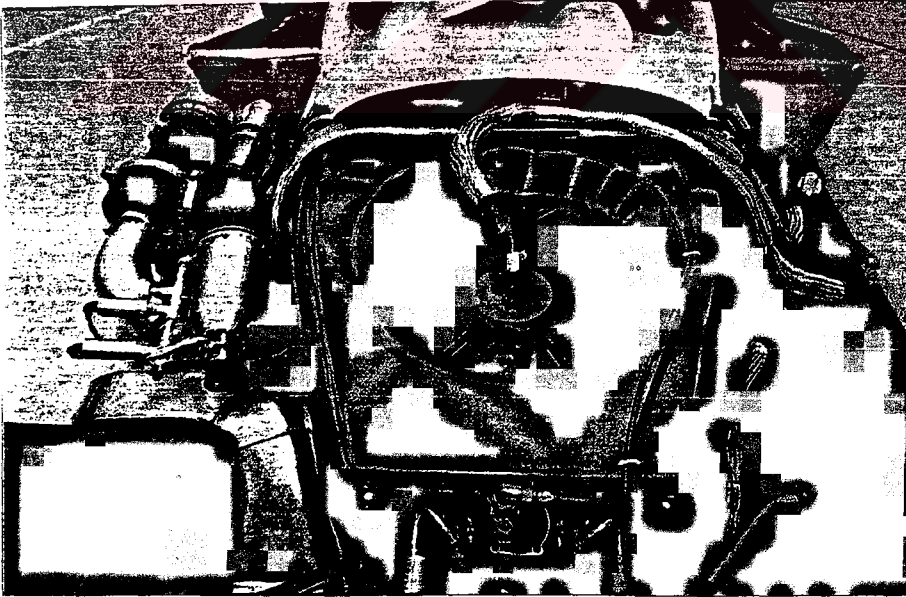
Şekil 2.14- Crysler Patriot sistem elemanları yerleşim düzeni



Şekil 2.15- Patriot Türbin- Alternatör Ünitesi



Şekil 2.16 Volan ünitesi



Şekil 2.17 Volan ünitesinin taşıta yerleştirilmesi

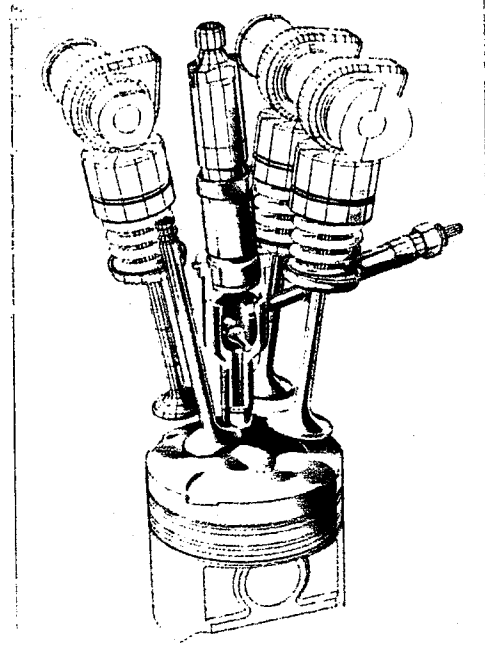
#### 2.1.4.5-Diesel Motoru

Diesel motoru gürültülü çalışmasından ve yüksek devir hızlarına çıkamaması sebebiyle genellikle ağır vasıtalarda, tarım ve hafriyat makinalarında kullanılmakta idi. Ancak 1970 'li yıllarda petrol fiyatlarında meydana gelen astronomik artışlar sebebiyle diesel motorunun otomobillerde kullanılmasını önem kazandı. Son yıllarda ise yüksek devirlere ulaşamama ve gürültülü çalışma problemlerinin kısmen halledilmesi ile otomobillerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Piyasaya yeni çıkan her otomobilin diesel versiyonunda bulunmaktadır. Özellikle diesel yakıtının benzine oranla ucuz olması sebebiyle tercih edilen diesel motorlu otomobillerin şu anda en büyük eksikliği ivmelenme problemi ve kısmen gürültülü çalışmalarıdır.

Mercedes firmasının 4-süpap teknolojisini ve katalitik konvertörü diesel motoruna uygulaması ile çok sıkı emisyon sınırlamaları olan Kaliforniya eyaletinde dahil olmak üzere Kuzey Amerikanın tamamında düşük emisyonu ile talep edilmektedir.1995 Mercedes-Benz E300 Diesel otomobili (Tablo 2.5) yeni dizayn edilmiş silindir başına 4 valfli diesel motoru ile tahrik ediliyor. 3 litrelik 6 silindirli doğal çekişli motor 100KW güç üretiyor ve yerleştirildiği orta sınıf Mercedes-Benz sedan otomobile 1200km lik menzil sağlıyor. Motor yüksek ve düşük oranlı sülfürlü diesel yakıtları kullanımına göre çalışabilen bir katalitik konvertörle teçhiz edilmiş. Bu şekilde Kaliforniya ve Newyork emisyon standartlarına uygunluk sağlanmıştır.

**Tablo 2.5 E300 Diesel Motoru Teknik Bilgileri**

Silindir adedi	6-sıra tipi
Güç	5000 d/d' da 100 kW
Tork	2600 d/d' da 210 Nm
Strok	84 mm
Çap	87 mm
Hacim	2996 cm <sup>3</sup>
Sıkıştırma oranı	21.7:1
Eksoz süpabı çapı	26 mm
Emme süpabı çapı	29 mm
Eksoz süpabı stroku	9.5 mm
Emme süpabı stroku	9.1 mm

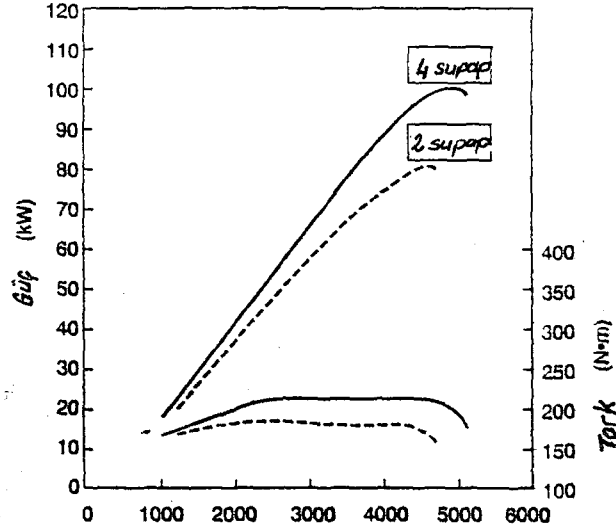


Şekil 2.18- Ön yanma odası ve supap yerleşimi

Volümetrik verimi artırmak için dört valf düzeneği kullanılmıştır. Ayrıca valflerin ortasına, ana yanma odasına asimetrik olarak bir ön yanma odası yerleştirilmiştir (Şekil 2.18). Yakıt dağılımı ön yanma odası saptırıcı iğne ve ön yanma odasının alt kısmında bulunan kanalcık vasıtasıyla iyileştirilmiştir. Ön yanma odasına enjekte edilen yakıt saptırma iğnesine çarparak kanala girmeye zorlanarak bir dönme hareketi sağlanır. Karışım bir kızdırma bujisi ile kızdırılarak ilk çalışmada minimum duman ve emisyon sağlanır. Ön yanma odasının hacmi  $10.4\text{cm}^3$  (toplam sıkıştırma hacminin %43 'ü) ve sıkıştırma oranı 21.7 : 1 dir.

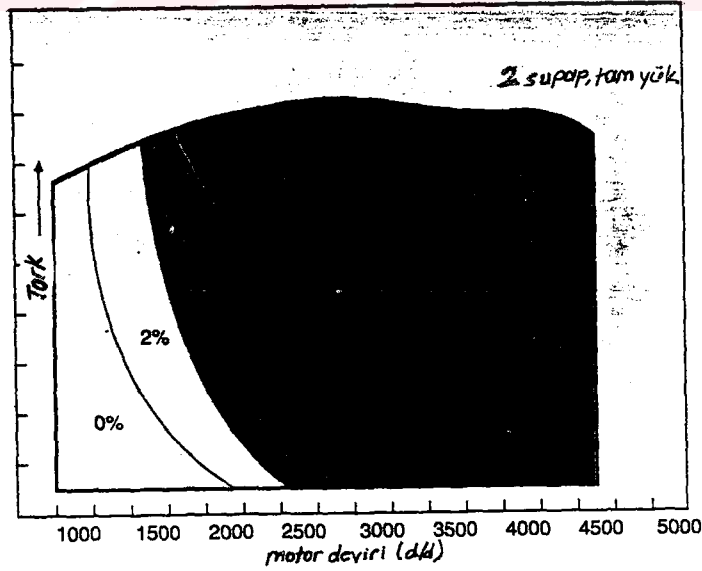
Yakıt ısıtma sistemi soğuk havalarda bile yakıtın akıcılığını ve filtrasyonunu sağlar. Besleme pompası, sıra tipi enjeksiyon pompasına flanşlı bağlanmıştır ve soğuk yakıtı yakıt ısıtma sistemi ve yakıt filtresi üzerindeki tanktan çeker. Bir eşanjör soğuk yakıtı  $18-20^{\circ}\text{C}$  'a kadar ısıtır. Eğer yakıt zaten bu sıcaklıkta ise eşanjöre uğramadan direk yakıt filtresine geçer.

$\text{NO}_x$  ve partikül emisyonunu azaltmak için katalizör kullanılmaktadır. Katalizör çalışma sıcaklığına çabuk erişebilmesi için dış muhafazası ızalasyonlu yapılmıştır. İç kısımda seramik ve metal katalizörler peşpeşe konumlandırılmış ve 4.5 litre hacimlidir. HC ve CO egzoz gazı bileşenleri büyük bir ekseriyetle katalizörde oksitlenir. Ayrıca kurum partiküllerindeki uçucu bileşenlerde oksitlenerek patikül emisyonu %15-20 azaltılmaktadır.

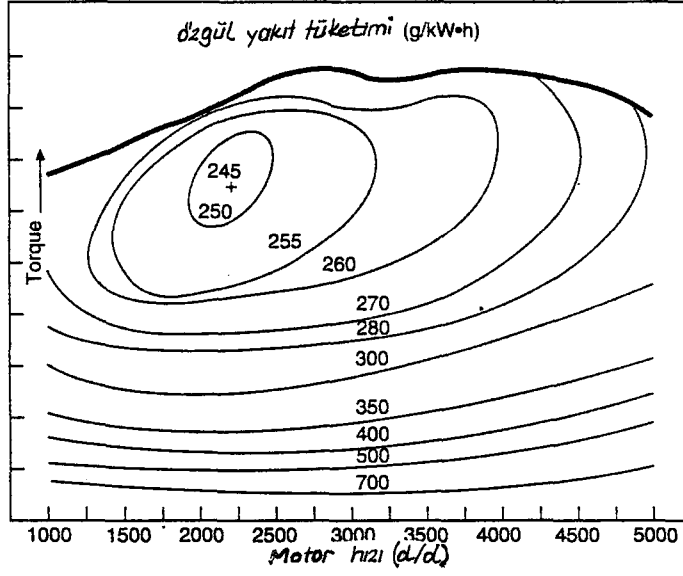


Şekil 2.19 Silindir başına 2 ve 4 supaplı diesel motorlarının güç ve tork eğrileri

Silindir başına 4 sübaplı motor iki sübaplı 'ya oranla %23 daha güçlüdür(Şekil 2.19). Ayrıca 33kW/L lik özgül gücü ile doğal çekişli dizel motorlarında yeni bir standart oluşturmaktadır. 2600-4600 d/d arasında sabit maksimum bir tork elde edilmektedir. İki sübaplı sistemle karşılaştırıldığında 4 sübaplı sistem tam yük çalışmada %8 lik bir yakıt tasarrufu sağlamaktadır(Şekil 2.20 - Şekil 2.21)

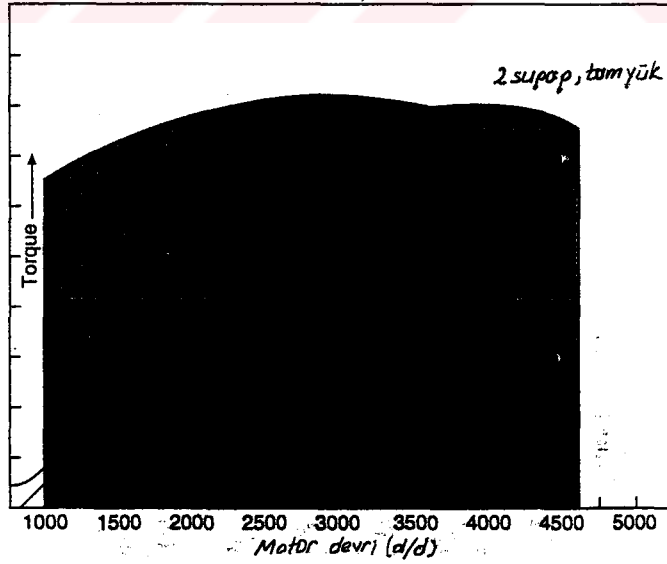


Şekil 2.20 Özgül yakıt tüketimindeki iyileştirme (4 supaplı motorun 2 supaplıya göre)



Şekil 2.21- 4 supaplı diesel motorun özgül yakıt tüketimi

Dört valfli kafa, ön yanma odası, ve yeni oksidasyon katalizörü vasıtasıyla partikül madde emisyonu iki-valfli sisteme göre yaklaşık %40 daha azaltılmıştır(Şekil 6).

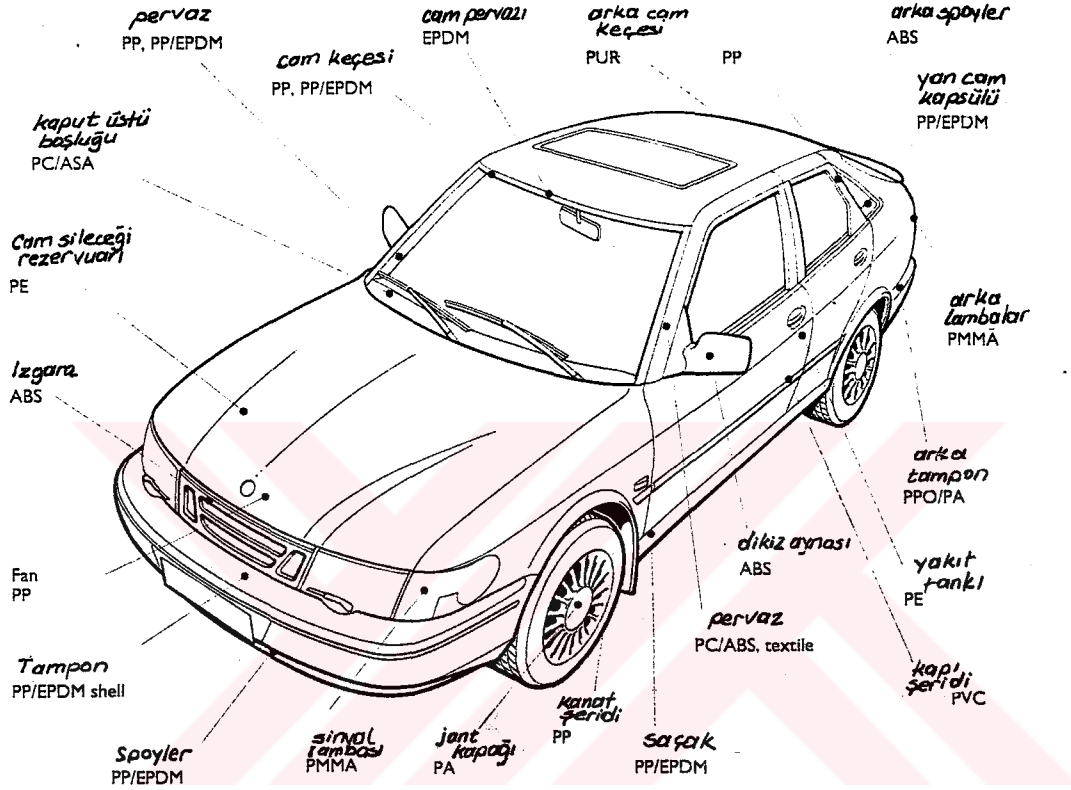


Şekil 2.22 Partikül emisyonundaki iyileştirme (4-supap 2-supap karşılaştırıldığında)

## 2.2 Recycling (Otomobil ve tüm parçalarının yeniden kullanılabilirliği)

Çevre konusundaki bir diğer gelişmede, taşıtı oluşturan malzeme ve elemanların, taşıt ömrü sona erdiğinde yeniden değerlendirilebilecek cinslerden seçilmesi ve böylelikle artıklarla çevrenin kirlenmesinin ve ayrıca kaynak israfının önlenmesidir. Hiçbir ürün söylenildiği gibi "çevre dostu" değildir sadece benzerlerine kıyasla çevreye daha az zarar veriyor olabilir. Dolayısıyla bir otomobil ne kadar az parça içeriyorsa o kadar çevreyi az kirlendirir.

Bir taşıtın genelde % 60~70' i metal, % 10~15' i plastik, % 5'i kauçuk, az miktarda cam, ahşap ve tekstilden oluşur. Bunlardan bazıları oldukları gibi, bazıları ise tekrar prosesten geçirilerek kullanılabilirler. Bir malzemenin tekrar kullanılabilmesi için o malzemenin niteliğinin saptanabilmesi gerekir. Bu bakımdan demir ve çelik daha kolay bir şekilde tekrar kullanılabilir. Günümüzde otomobiller %70' i kayıpsız olarak yeniden kullanılabilen demir ve çelikten oluşmaktadır. Ayrıca otomobilin yapısında bulunan diğer metaller ve plastik malzemenin bir kısmında yeniden değerlendirilebilmektedir. 1. Bölümde incelenen taşıtın hafifletilmesine yönelik olarak demir ve çelik yerine kullanılan alüminyum, magnezyum alaşımları ayrıştırılmaları zor olduğu için yeniden kullanımı daha ileri teknoloji gerektirir. Halen yeniden değerlendirilemeyen en büyük grubu yapay malzemeler oluşturmaktadır. Bu yapay malzemeler günümüz taşıtlarında ağırlık olarak otomobilin %10 kadarıdır (Şekil 2.23). Bu malzemelerin bir kısmının üretim sırasında ortaya çıkan kesinti fireleri yeniden kullanılabilen ancak eski otomobillerden artan malzeme parçaları kullanılamamaktadır. Bu malzemelerin yeniden kullanılabilmesi için gerek malzeme yapısı ve gerekse eski parçaların ayrıştırma, temizlenme, ufalanma yöntemleri ile ilgili araştırmalar sürmektedir. 1989'dan itibaren bazı otomobil üreticileri, otomobillerinde kullandıkları plastik malzemelerin üzerine ne tür plastik olduğunu yazmaktadırlar. Şekil 2.23'de otomobilde kullanılan plastik parçalar ve plastik türleri gösterilmiştir.



**ABS** : acrylonitrile butadiene-styrene plastic

**ASA** : acrylonitrile styrene-acrylate plastic

**EPDM** : ethylene-propylene rubber

**PA** : polyamide plastic

**PC** : polycarbonate plastic

**PUR** : urethane plastic

**PE** : ethylene plastic

**PMMA** : acrylic plastic

**POM** : acetal plastic

**PPO** : propylene plastic

**PP** : propylene plastic

**PVC** : polyvinyl chloride

Şekil 2.23 Otomobilde kullanılan plastik parçalar ve türleri

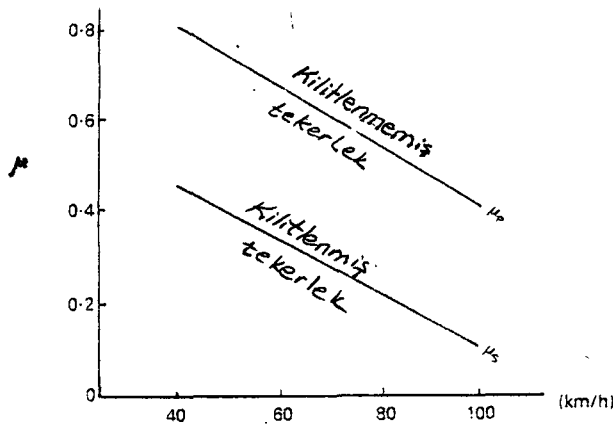
### 3.1 Aktif güvenlik sistemleri

Taşıtta, muhtemel kazaları önlemek için bulunan sistemlerin tümüne aktif güvenlik sistemleri denir. Aktif güvenlik sistemlerinin amacı; taşıtın trafikteki seyri esnasında karşılaşılabileceği ve kazaya sebebiyet verecek tüm olumsuzluklardan taşıtın dolayısıyla sürücü ve yolcuların etkilenmesini engellemektir. Bunların en başta geleni ise fren sistemleridir. Taşıt teknolojisindeki gelişmeler taşıtların süratini de artırmıştır. Kazaların başlıca sebeplerinden olan sürati kontrol etmek ve frenleyebilmek için fren sistemlerinde geliştirilmesi zorunlu olmuştur. Günümüzde taşıtlarda standart ekipman olma yolundaki ABS, TCS gibi sistemlerde bu zorunluluğun bir yansımasıdır. Burada bu sistemlerin amaçları ve çalışma sistemleri açıklanmaya çalışılacaktır.

#### 3.1.1 ABS (Anti-lock Braking System) fren sistemleri

##### 3.1.1.1 ABS 'nin gelişimi

Sürüşte en ciddi ve kazalara sebebiyet veren etmenlerden birisi, kaygan yüzeylerde sert fren durumunda tekerleklerin kilitlenmesidir. Frenleme etkisinin zayıflaması sonucu frenleme mesafesi artacaktır. Aynı zamanda eğer ön tekerlekler kilitlenirse direksiyon hakimiyeti kaybolacak, arka tekerlekler kilitlenirse yön stabilizasyonu kaybolacaktır. Ayrıca araç yol yüzeyinin bozukluklarına ve dışbükeyliğine aşırı hassasiyet gösterecek, böylece küçük kuvvetler bile aracın yol dışına kaymasına sebep olacak, aracın kontrolünü zorlaştıracaktır. Diğer bir deyişle tekerlekler kilitlenme sınırına kadar fren yapılırken tekerlek ile yol yüzeyi arasındaki tutuşta sıfıra doğru azalır. Bunun sebebi yuvarlanma sürtünmesinin, özellikle ıslak ve kaygan zeminlerde kayma sürtünmesinden büyük olmasıdır(Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Tekerlek kayma ve yuvarlanma sürtünmeleri

Tecrübeli sürücüler, bu şartlarda ani fren gereksinmelerinde pompalama tabir edilen tekniği kullanırlar. Bu teknikte direksiyon hakimiyeti kaybedilmeyecek ve duruş mesafesi de mümkün olduğunca kısaltılacak şekilde fren pedalı kademeli ve hızlı olarak basılıp çekilir.

ABS, tekerlek hız sensörleri vasıtasıyla yukarıdakine benzer şekilde otomatik ve periyodik olarak bu olayları tekrarlar. Bu sensörler tekerleklerin kaymasını algılar ve frenleme kuvvetini kapalı - açık frenleme periyodlarını tekrar ettirecek bir kontrol ünitesine gönderir. ABS, pompalama hareketini sürücünden daha hızlı yaparken hem kaygan düz duruş mesafesini kısaltır hem de daha da önemlisi, sürücüye direksiyon hakimiyeti sağlayarak sürücünün cisimlerden kaçmasını sağlar.

Sonradan ABS olarak isimlendirilen kızaklamayı önleyen ilk sistem, Westing-house firması tarafından demiryollarında denendi. Fakat asıl gelişme yine aynı firma tarafından 1940' lı yılların sonlarına doğru bu sistemin uçakların disk frenlerine uygulanmasıyla yaşandı ve büyük talep gördü. 1950 'nin ilk yıllarında uçak sanayisi için benzer Anti-skid sistemler ( Dunlop Maxaret ) geliştirildi. Bu tecrübelerin sonucunda Dunlop firması, maxaret sistemini motorlu taşıtlar üzerine uyguladı ve ilk yol testleri Road Research laboratuvarları tarafından yapıldı. Esasen kilitlenmeyi önleyen ABS 'in uçaklarda ve motorlu taşıtlarda kullanılmasının amaçları farklıydı . Uçaklarda bu sistem inişlerde tekerlek aşınmalarını en aza indirmek ve hayati önem arzeden lastik patlamalarını önlemek için kullanılır. Uçak tekerlekleriyle karşılaştırıldığında motorlu taşıt tekerleklerine çok daha az yük biner ve tekerleklerin kilitlenmesiyle oluşan aşınma önemsenmeyecek kadar küçüktür. Taşıtlarda asıl önem arzeden husus daha öncede değinildiği üzere tekerlek kilitlenmesiyle oluşan direksiyon hakimiyetinin kaybolması ve taşıtın rasgele savrulmasıdır. Bu yüzden ABS 'nin motorlu taşıtlara uygulanması fikri sadece otomobiller için değil aynı zamanda ticari araçlar için de olmuştur. Nihayet Dunlop Maxaret anti-lock prensibi, 1966 yılında Jensen FF dört çekişli bir otomobilin fren sistemine adapte edildi. Bu sistem 1978 'de Robert Bosch tarafından elektronik kontrollü, tekerlek hızlarının elektromanyatik sensörler tarafından denetlendiği Anti-Blokier System (ABS) 'nin öncüsü olmuştur. Mercedes otomobillerinde kullanılan Bosch' un bu ABS sistemi mevcut olan vakum veya hidrolik takviyeli fren sistemlerine eklenebiliyordu. Ardından BMW 'de de kullanılan bu sistem Japon otomobillerinde de 80 'li yılların ortalarından itibaren kullanılmaya başlandı. 1984' de ITT - Teves tarafından üretilen integral ABS sistemi ABD de Lincoln Mark VII , Almanya da Ford Scorpio otomobillerinde standart techizat olarak kullanıldı.1987 yılında Ford, pikaplarında kullandığı Kelsey Hayes arka tekerlekler için geliştirilmiş ABS sistemiyle, pikaplarda

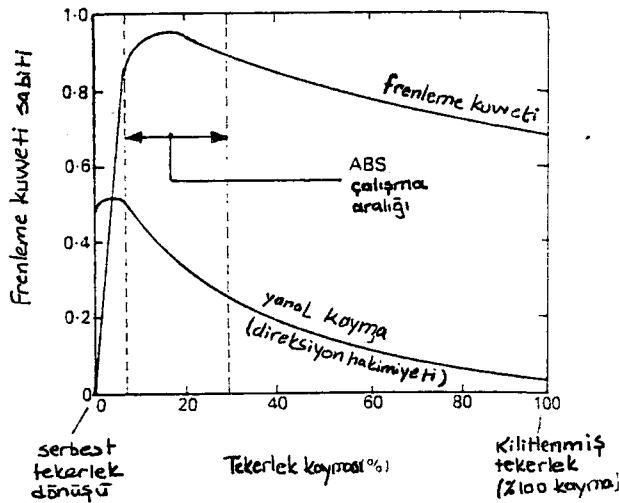
yüksüz halde frenlemelerde oluşan savurulmayı önledi. 1990 ları başında tüm lüks otomobillerde standart olarak kullanılmaya başlandı.

1991 yılında standart veya opsiyonel olarak otomobil üreticilerinde kullanılma oranı şu şekilde gerçekleşti; Crysler %18, GM %33, Ford %43, Toyota %40, Nissan %44, Honda %50, Mazda %25 ve Mitsubishi %27. ABS 'nin orta sınıf otomobillerde kullanılmamasının tek nedeni 800-1300 \$ arasında değişen maliyetidir. Ancak GM 'nin geliştirdiği ABS (ABS-VI) sistemi 350\$ 'lık (1992) maliyeti ile bu yönde de gelecek vaatmektedir. GM bu yeni ABS sistemini Saturn, Oldsmobile Cutlass calais, Buick Skylark ve Pontiac Grand Am kullanmaktadır. Şu anda (1995) üretilen otomobillerin ve hafif kamyonların yaklaşık %50 'si ABS sistemini içermektedir.

ABS sistemlerinin otomobillerden ve özellikle ticari araçlarda kullanımın yaygınlaşması trafik güvenliğini arttıracaktır. Mercedes firmasının ABS 'li otomobilleri ile ABS 'siz otomobilleri arasında yaptığı istatistikde ABS 'li otomobillerin %10 daha az kaza yaptıklarını saptamıştır.

### 3.1.1.2-ABS sistemlerinin özellikleri

Konvansiyonel fren sistemlerinde taşıtların tekerlekleri ile yol arasında sürekli değişen kavrama farklılıklarından dolayı tekerleklerden birisi daima diğerlerinden daha geç kilitlenme eğilimindedir. Tekerleklerin bireysel kilitlenmelerini önlemek için fren pedalına bir kere ve sert bir şekilde basmak yerine ardarda basış bırakışlarla tekerlek silindirlerinde seri darbeler oluşturulmalıdır. Böyle bir tekniğin her sürücü tarafından özellikle de panik anında uygulanması imkansızdır. Oysa bir ABS sisteminde böyle bir işlem saniyede 10~20 kez tekrarlanır.



Şekil 3.2 Frenleme kuvveti sabiti ve tekerlek kayması arasındaki ilişki

Tekerlek ile yol yüzeyi arasında kayma yoksa tekerleğin açısal hızı ile taşıtın hızı birbirine eşittir. Fren pedalına basıldığı anda tekerleğin açısal hızı taşıtın hızından daha azdır. Bu hız farkı lastik ile tekerlek arasındaki kaymayı gösterir. Tekerlerin birbirlerine bağlı hızları eşit iken tüm tekerlekler yola tutunmuş ve yuvarlanma hareketi yapıyordur. Tekerlerin yuvarlanma hareketi olmaksızın taşıtın hareket etmesi %100 bir kaymayı gösterir ki bu da tekerlerin kitlenmesi demektir. Taşıtı optimum şekilde yavaşlatmak için tekerleklerin bir miktar kaymasına müsaade edilir. Maksimum frenleme kuvveti için yaklaşık %15 tekerlek kayması gereklidir (Şekil 3.2). Bu noktada direksiyon hakimiyetini belirleyen lastiklerde oluşan yanıl kayma minimum şekilde oluşur (Şekil 3.2). Artan frenleme kuvveti ile azalan yanıl direnç arasında optimum bir nokta aranır. Bu ABS sistemlerinde %8-30 arasında kaymaya müsaade edecek şekilde dizayn edilir.

### 3.1.1.3 ABS'nin temel parçaları

ABS' lerde kullanılan parçalar ;

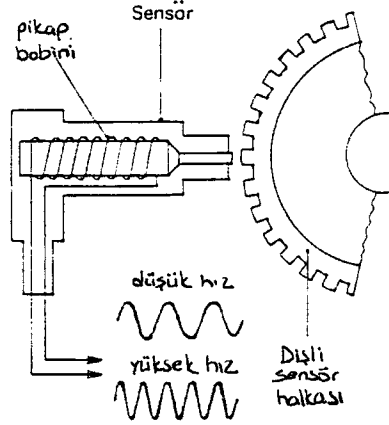
#### 3.1.1.3.1 Hız sensörleri (*wheel speed sensors*)

İsmindende anlaşıldığı gibi hız sensörleri, taşıtın tekerlek hızlarını ölçer ve bunları elektronik nadirende mekanik olarak kontrol ünitesine gönderir.

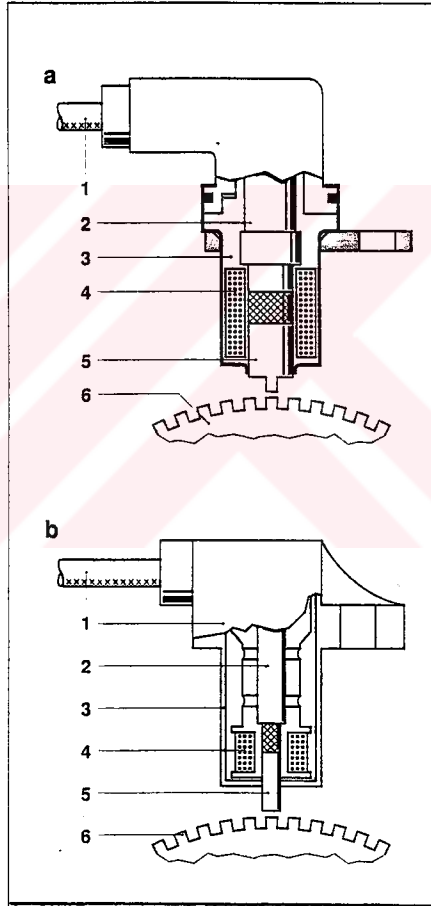
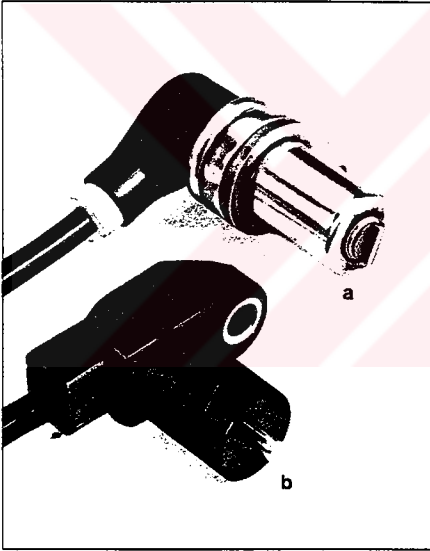
Elektromanyetik sensör , bir mıknatısın üzerine sarılmış bobinden oluşur. Mıknatıs çubuğun bir ucu kutup iğnesidir ve bu iğne dişli sensör halkasıyla radyal veya aksel şeklinde bir hizaya getirilmiştir( Şekil 3.3 ). Kutup iğnesiyle dişliler arasında kritik bir hava boşluğu vardır. Sensör halkası tekerlek göbeğine veya şafta monte edilir. Sensör halkasının dişlileri sinyal jeneratörü gibi çalışır. Dişler kutup iğnesinin hizasından sürekli olarak geçerken değişen magnetik alan sebebiyle sargı üzerinde bir gerilim oluşur. Bu , tekerleklerin dönme hızına bağlı olarak değişen bir sinyal frekansı oluşturur ve bu da kontrol ünitesine iletilir.

Hız sensörleri tekerleğin hızını ölçerek kontrol ünitesini hızlanma veya yavaşlama sinyalleri gönderir. Kontrol ünitesinde tekerlek hızları karıştırılarak bir referans hız elde edilir ki bu da kabaca aracın hızıdır. Her bir tekerlek hızı bu hızla karşılaştırılarak eşitlenir.

Şekil 3.4 'de iki tip hız sensörü ve bu sensörlerin iç yapıları görülmektedir. Şekil 3.5 'de ise hız sensörlerinin aksel ve radyal yerleştirilmeleri görülmektedir.

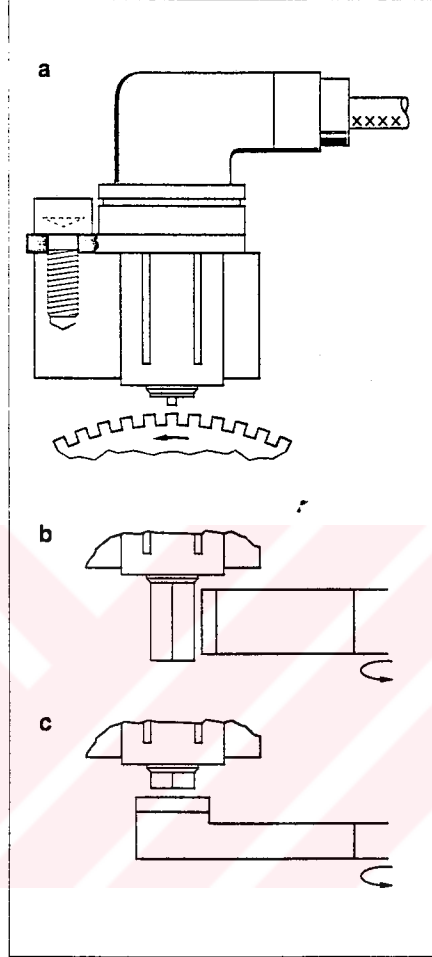


Şekil 3.3 Manyetik hız sensörü ve halkası



- a) DF2 Saplama tipi kutup iğneli tekerlek hız sensörü  
 b) DF3 Yuvarlak kutup iğneli tekerlek hız sensörü
- 1- Elektrik kablosu
  - 2- Daimi mıknatıs
  - 3- Muhafaza
  - 4- Bobin
  - 5- Kutup iğnesi
  - 6- Dişli sensör tekerleği

Şekil 3.4 hız sensörleri ve iç yapıları



- a) Saplama tipi kutup iğneli hız sensörünün radyal yerleştirilmesi
- b) Rombus(eşkenar) tipi kutup iğneli hız sensörünün aksenal yerleştirilmesi
- c) Yuvarlak kutup iğneli hız sensörünün radyal yerleştirilmesi

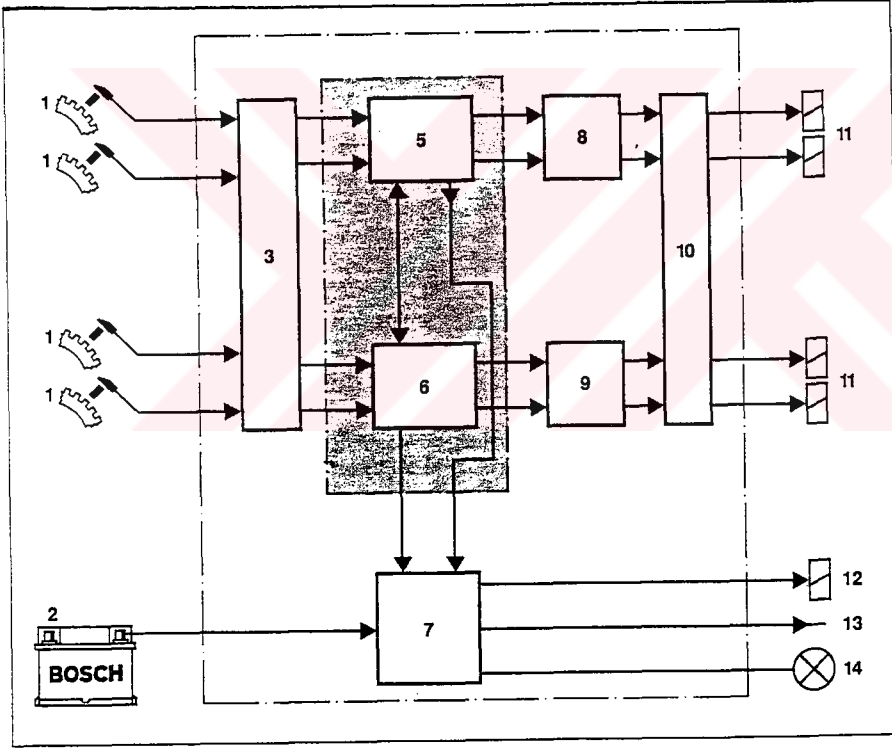
Şekil 3.5 Tekerlek hız sensörleri kutup iğne ve yerleştirilme çeşitleri

### 3.1.1.3.2 Elektronik kontrol ünitesi (electronic control unit)

Hidromekanik ABS 'ler hariç olmak üzere tüm ABS 'lerde hız sensörlerinden gelen sinyalleri alan ve bunları sistem modülatörleri için gerekli komutlara dönüştüren mikroişlemcili bir elektronik ünitesine(Şekil 3.6) gerek vardır. Elektronik kontrol

ünitesi(EKÜ) 'nin amacı ; tekerlek hızlarında aracın hızına bağlı olarak herhangi bir azalma olursa hissetmek ve buna göre frenleme kuvvetini ayarlamaktır. EKÜ 'nin çabukluğu ve hassasiyetiyle frenleme kuvveti yol şartlarına bağlı olarak saniyede oniki kez düzenlenir ve kontrollü bir frenleme sağlanır. Ağır taşıtlarda EKÜ aynı zamanda optimum frenleme kuvvetini minimum hava tüketimiyle gerçekleştirmelidir.

EKÜ 'nin, ABS 'nin ihtiyaçlarını karşılamaktan başka diğer önemli bir özelliğide hem kendi bozuk veya sağlamlığını hem de diğer sistem parçalarının sağlamlığını , sistemin güvenle kullanımı bakımından görüntülemesidir. Eğer sistemde veya sistemin bir parçasında bozukluk olursa bunu göstermeli ve arızanın sebebini servis için hafızasında tutmalıdır. Bir ikaz lambası, sürücüye arıza halinde EKÜ 'nin devre dışı kaldığını bildirir. Bu gibi hallerde ABS devreden çıkar ve normal frenleme tertibatı kullanılır.



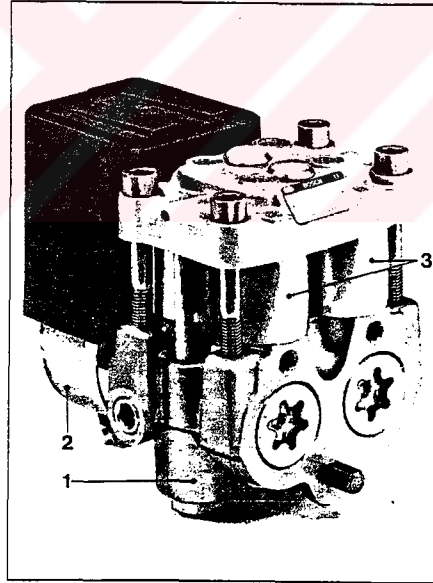
- |     |                      |     |                            |
|-----|----------------------|-----|----------------------------|
| 1   | Tekerlek hız sensörü | 8,9 | Çıkış devreleri            |
| 2   | Batarya              | 10  | Seloid valf sürücüsü       |
| 3   | Giriş devresi        | 11  | Seloid valfler             |
| 4   | Dijital kontrolör    | 12  | Güvenlik rölesi            |
| 5,6 | Mikroişlemciler      | 13  | Regüle edilmiş voltaj      |
| 7   | Voltaj regülatörü    | 14  | Güvenlik lambası(gösterge) |

Şekil 3.6 Elektronik kontrol ünitesi (EKÜ)

### 3.1.1.3.3 Sistem modölatörü (system modulator)

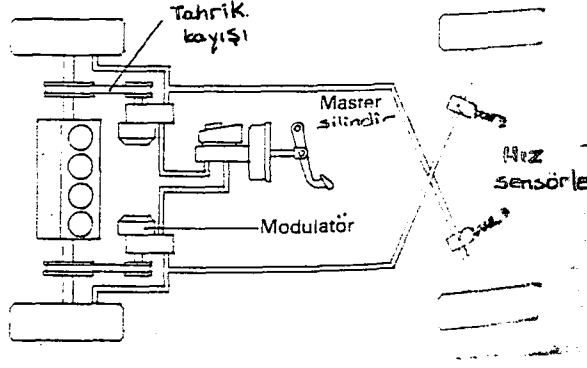
Bu parça elektromekanik versiyonları hariç ABS zincirinin son halkasıdır (Şekil 3.7). Komutları EKÜ 'den alır ve sürücünün hareketlerinden bağımsız olarak ayrı fren hatlarındaki pnömatik veya hidrolik basıncı ayarlar. Önceden de bahsedildiği gibi modülasyon işlemi; fren hattındaki basıncı sabit tutmak, eğer düzeltme gerekiyorsa saniyesel basınç dalgaları oluşturmaktır. Bu sebeple modölatör ayrı bir basınç kaynağından beslenir. Basınç kaynağı elektromekanik sistemlerde, elektrik motoru tahrikli bir pompadır ve 14 - 17.5 MN/m<sup>2</sup> arasında yüksek basınç üretir. Bu pompa bazen depolama amacıyla hidrolik akümülatörle kullanılacak şekilde düzenlenir.

Hidromekanik sistemlerde hidrolik pompa, hız sensörlerini süren aynı kaynakla mekanik olarak tahrik edilir (Şekil 3.8). Ağır vasıtalarındaki elektro pnömatik sistemlerde basınçlı hava, hava tankından sağlandığından bağımsız bir basınç kaynağına ihtiyaç yoktur.



1. Akümülatör
2. Dönüş pompası
3. Selenoid valf

Şekil 3.7 Hidrolik modölatör (Bosch)



Şekil 3.8 Hidromekanik sistemlerde modulâtör tahriki

#### 3.1.1.4- Çalışma prensiplerine göre ABS'ler

Hidrolik ABS'ler, modülasyon prensiplerine göre;

Planger dönüşlü

Güç doldurmalı

Dinamik akışlı, olarak sınıflandırılabilir.

##### 3.1.14.1-Plancer dönüşlü modülasyon prensibine göre çalışan ABS sistemi

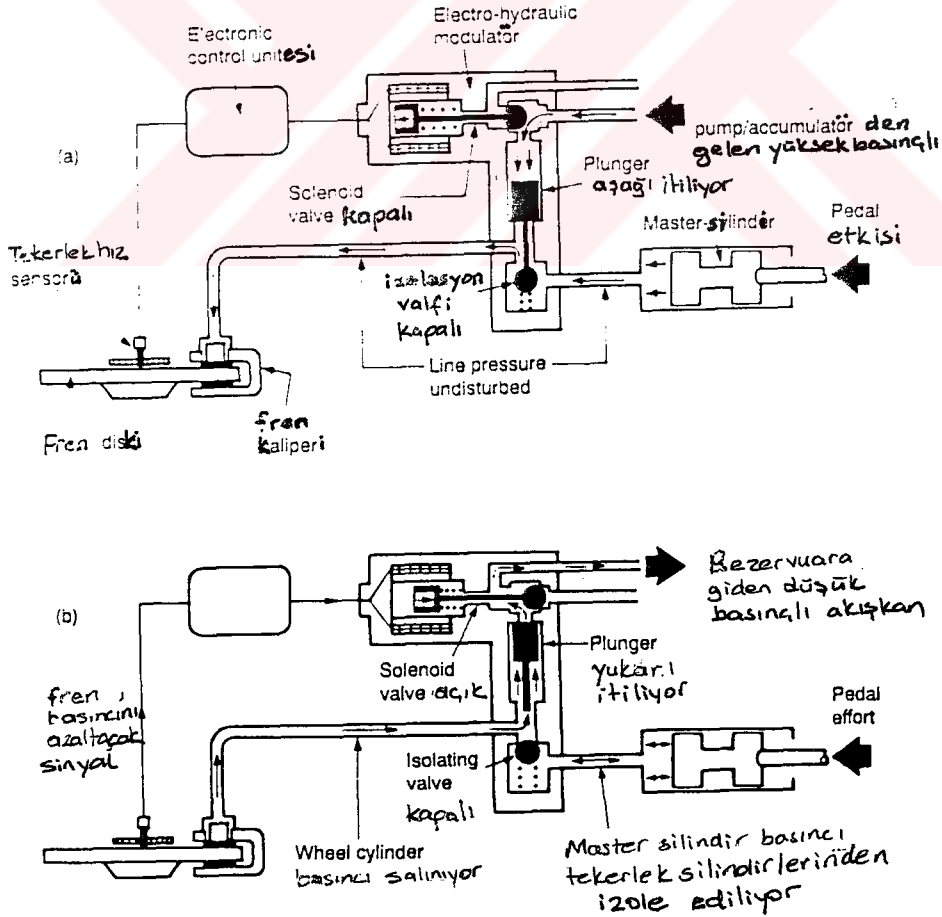
Bu modülasyon prensibi önceleri alışılmış hidrolik frenlerine uygulanmak üzere geliştirildi. Temel olarak sistem, bir silindir ve plancerden oluşur. Bunlar her bir basınç hattında, master silindir ile tekerlek silindiri arasında yerleştirilmiştir. Planceri aşağı yukarı hareket ettirerek o hattaki hacim değiştirilir ve dolayısıyla hattaki basınç düzenlenmiş ve o tekerlek için gerekli frenleme kuvveti üretilmiş olur. İstenmeyen tekerlek kilitlenmesi dışındaki durumlarda, plancerin üzerinde bağımsız pompa veya akümülatörden sağlanan yüksek basınç vardır, bu yüzden plancer silindirdeki en düşük konumundadır. Bu sırada plancerin çıkma tapası, master silindir ile tekerlek silindiri arasındaki sıvı akışına izin verir durumdadır. Bu sebeple maksimum basınca kadar ki normal frenlemeler, en az fren hattı hacmi ile sağlanır. Çünkü plancerin üzerinde yükselmesini engelleyen sürekli yüksek basınç mevcuttur.

Tekerlekler biri kilitlenmeye başladığı zaman EKÜ, alakalı selonoid valfe kumanda ederek plancere uygulanan basıncı keser. Bunun sonucu olarak plancer silindirde yukarıya doğru çıkar. Bu hareketin iki etkisi olur: ilki, izolasyon valfinin master

silindiri kapatmasını sağlar, böylece fren pedalına ne kadar basılırsa basılsın tekerlek silindir basıncında bir artış olmaz. İkincisi, hattaki hacmi artırır ve tekerlek silindirine etkiyen basıncı anlık olarak kaldırarak frenlenmiş tekerleği salar (Şekil 3.9). EKÜ solenoid valfe kumanda ederek tekrar hattaki basıncın eski seviyesine dönmesini sağlar. Çünkü yüksek basınçtaki akışkan planceri aşağıya doğru iterek fren hattının hacmini azaltır ve izolasyon valfini açarak, master silindir ile tekerlek silindiri arasındaki irtibatı tekrar sağlar.

Plancer dönüşlü modülasyon prensibinin modern bir uygulaması Lucas Girling fren kontrol sisteminde (SCS) görülebilir. Bu hidromekanik ABS sisteminde her bir modülator , birleşik vaziyette hız sensörü, mekanik olarak sürülen pompa ve fren basınç denetleyicisinden oluşur (Şekil 3.9 ).

Plancer dönüşlü sistemin avantajları şunlardır : Hat basıncı düşürüldüğünde konvansiyonel fren sisteminden yararlanmak gerekmez, izolasyon valfinin geniş açılma alanına sahip olması, normal frenlemede master silindire minimum sınırlama getirir; ve fiyat açısından daha ucuzdur, çünkü çok gelişmiş valf bağlantı parçaları içermez.



Şekil 3.9 Plancer geri dönüşlü ABS modülasyonu

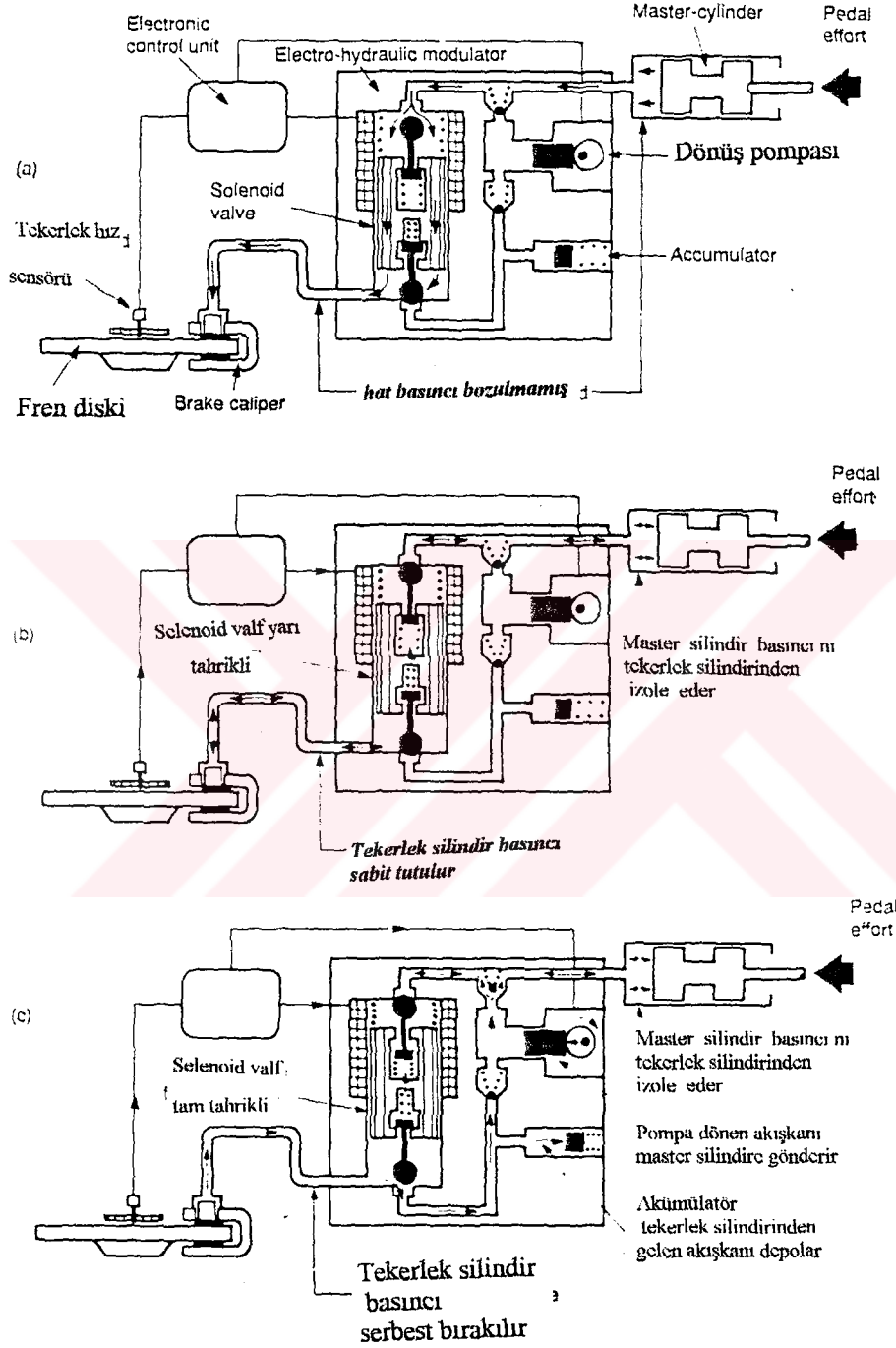
### 3.1.1.4.2-Güç doldurma prensibine göre çalışan ABS sistemi

ABS 'lerde en yaygın olarak kullanılan modülasyon prensibidir. Bu sistem de konvansiyonel fren sistemiyle çakışıktır. Fakat plancer dönüşlü modülasyon ile arasındaki temel fark, kilitlenmemeyi sağlayacak basınç düşüşünün gerçekleştirilmesi için konvansiyonel fren hattının açık tutulması gerekir.

Prensip olarak , selonoid kumandalı, çok fonksiyonlu iki yöllü hidrolik valf vasıtasıyla master silindir ile tekerlek silindiri (tek veya çift) arasındaki basıncın düzenlenmesi olayıdır. Normal frenleme durumunda (maksimum basınca kadar) yay dönüşlü selonoid valf düzeneği kullanılmaz ; yukarıdaki valf açık , aşağıdaki valf kapalıdır. Bu pozisyonda valf düzeneği ana silindir ile tekerlek silindiri arasındaki akışkan için serbest bir geçiş sağlar (Şekil-3.10a). Eğer tekerlek fren esnasında kilitlenmeye başlar ise EKÜ, modülatöre alakalı selonoid valfi maksimum akımın yarısı şiddetindeki bir akımla çalıştırması için komut verir. Bu akım valf düzeneğini orta konuma getirerek hem alt hem de üst valfin kapalı tutulmasını sağlar. Bu durum fren pedalına ne şiddetle basılırsa basılsın, sadece ana silindir tekerlek silindiri ile irtibatını kesmekle kalmaz, aynı zamanda tekerlek silindirine etkiyen basıncı da sabit tutar.

Eğer bu hareket tekerleğin kilitlenmesini önlemede yetersiz kalır ise EKÜ, modülatöre kumanda ederek selonoid valfin maksimum akımla çalıştırılmasını ve valf düzeneğinin de maksimum uzanım yapmasını sağlar. Bu, ana silindir basıncını izole eden üst valfi kapalı tutarken, alt valfi açarak fren akışkanının, akümülatör üzerinden dönüş pompasına akmasını sağlar. Dolayısıyla tekerlek silindiri basıncı düşer ve tekerlek serbest kalır (Şekil 3.10c). Bu sırada modülatöre dönüş pompasını çalıştırması için komut verilir. Böylece tekerlek silindir hattından gelen fren akışkanı, ana silindir hattına gönderilir ve selonoid valfin giriş tarafı doldurularak sistem bir sonraki çevrim için hazır duruma getirilir. Bu modülatörün pompayı kapatıp selonoid akımının kesilmesiyle olur. Selonoid akımının kesilmesiyle valf düzeneği normal frenleme pozisyonuna döner. Her seferinde tekerlek silindiri basıncı kesilir ve ana silindir hattındaki doldurma basıncı, fren pedalının hafifçe yükselip, titreşmesine sebep olur.

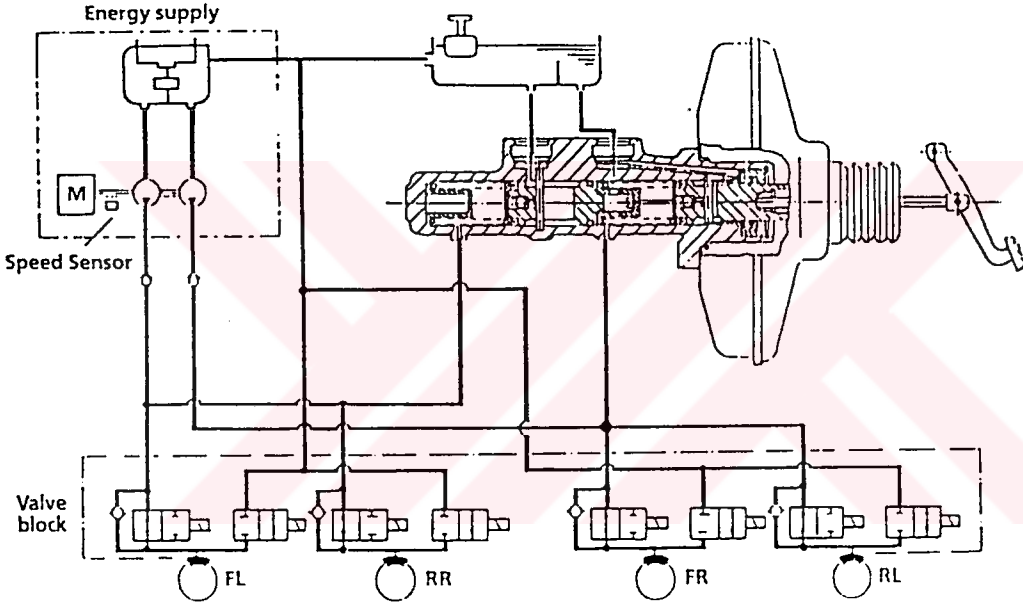
Güç doldurmalı modülasyon prensibi BOSCH ABS 'lerinin belirli versiyonlarında kullanılmaktadır. Daha pahalı bir sistem olmasına rağmen zor fren şartlarında yüksek hassasiyette araç kontrolü sağladığından dolayı tercih edilir.



Şekil 3.10 Güç doldurmalı ABS sistemi

### 3.1.1.4.3-Dinamik akış prensibine göre çalışan ABS sistemi

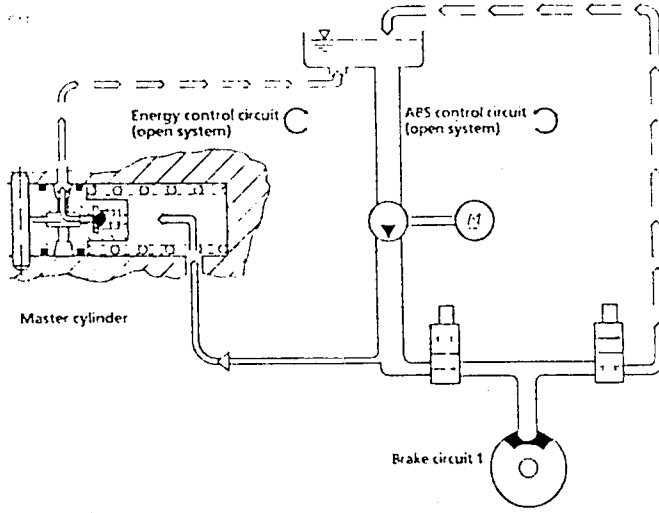
Bu modülasyon prensibi, 1980 'lerin ortasında Alman Alfred Teves ( ATE ) tarafından tanıtılan , fren kumandası , servo kuvvetlendirme ve anti-lock modülasyonun entegre vaziyette toplanmasıyla oluşan yeni ABS 'lerinin temel bir özelliği idi . Bu sistemin ucuz bir versiyonu dinamik akış prensibinin daha çok gelişmesine ve kabul görmesine neden oldu ( Şekil-3.11 ).



Şekil 3.11 Alfred Teves (ATE) ABS sistemi

Eğer EKÜ, herhangi bir tekerlekte bir kilitlenme eğilimi algılayorsa solenoid kontrollü giriş ve çıkış valfleri vasıtasıyla fren hattındaki basıncın düzenlenmesine kumanda eder. Ancak, çıkış valfini açarak fren hattı basıncının düşürülmesi gerektiğinde, fren akışkanının fazla kısmı direk olarak sistem tankına taşınır. Bu sırada bir elektrik tahrikli pompa çalıştırılır ve tandem ana silindir tarafından yürütülen her iki fren devresine düşük basınçta akışkan sağlanır. Bu, ana silindir pistonlarını yavaşça, yay-yüklü küresel valflerin oturmadığı ve basıncı sınırladığı noktaya doğru iter (Şekil-3.12). Dinamik akış modülasyonu prensibinde merkezi valflerin önemi, fren pedalına uygulanan kuvvetle orantılı olarak pompa tarafından basınç üretilmesini sağlar.

sağlamaktır. Bu valfler ayrıca istenmeyen fazla fren akışkanı miktarını tanka göndererek sistemin ayrı bir hidrolik akümülatör ihtiyacını ortadan kaldırır.



Şekil 3.12 Dinamik akış prensibi

### 3.1.2 -Anti-patinaj sistemi (TCS)

TCS(Traction Control System) sistemi ABS sisteminin frenleme anında yaptığı görevi hareket veya hızlanma periyodunda yapar. ABS sistemi nasıl frenleme esnasında tüm tekerlek hızlarının eşit olmasını, dolayısıyla yön stabilizasyonunu sağlıyorsa, TCS sistemi de hareket ve hızlanma sürecinde tekerlek hızlarını eşitliyerek patinajı engeller ve yön stabilizasyonu sağlar. ABS ile aynı teknolojiler kullanılır ve çoğu kez birleşik olarak kullanılır. Bu sistemde Mercedes-Benz firmasıyla işbirliği yapan Robert Bosch firmasının öncülüğünde 1987 yılında ASR (Antriebs-Schupf-Regulung) ismiyle tanıtıldı.

#### *TCS sisteminin temel çalışma özellikleri*

TCS sisteminin yerine getirdiği iki temel görev vardır :

- 1-Eğer tahrik tekerleklerin birisi patinaj tamayülünde ise bu tekerleğin otomatik olarak frenlenmesi.
- 2- Eğer tahrik tekerleklerinin her ikisi birden patinaj tamayülünde ise gaz keleşğini kısarak motora kumanda etmek.

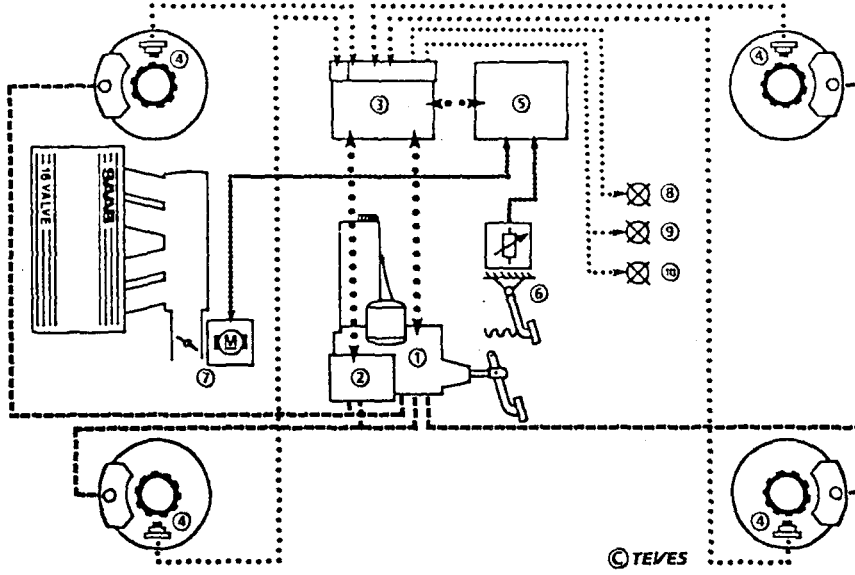
TCS, fren kumandasını sürücüden bağımsız olarak yapar. TCS, tekerleğin yola tutunuşunun sıfırlanıp, patinaja başlamadan, çok hızlı ve hassas bir şekilde durumu

algılayıp frenleme yaparak patinaja geçecek tekerleğin torkunu diğer tekerleğe iletir. Bu durum farklı sürtünme katsayısına sahip farklı yol yüzeylerinde meydana gelir. Yolun bir kısmı ıslak veya buzlu diğer kısmı kuru ise ve bu durum kısmi ise taşıt eğer hızla geçiyorsa savrulacak ve direksiyon hakimiyeti kalmayacak eğer harekete geçecek ise tahrik tekerleklerine iletilen momentin tamamı patinaj durumundaki tekerleğe akacak ve taşıt hareket edemeyecektir. Bu durum klasik diferansiyelin sebep olduğu bir olumsuzluktur. Bu yüzden bazı diferansiyeller kilitli yapılarak bu olumsuzluk kısmi de olsa giderilebilir.

TCS sistemi (Şekil 3.13) ABS sisteminin mevcut parçalarından yararlanır. Bu yüzden bir elektronik kontrol ünitesi (EKÜ) kontrolünde kombine olarak çalışırlar. ABS sisteminin kullandığı elektrohidrolik modülatör sistemi, TCS sisteminin kullanacağı bir kaç valf (frenlemeden çekişe geçişi, basınç modülasyonu ve basınç sınırlamasını sağlayan) ile genişletilir. Tahrik tekerleklerinin sürücüden bağımsız olarak (fren pedalına basmadan) frenlenebilmesi için hidrolik enerjinin sağlandığı yüksek basınçlı bir akümülatör gereklidir. Bu hidrolik akümülatör elektrik tahrikli bir pompa ile şarj edilir.

Tekerlek hız sensörlerinden TCS sistemine ihtiyaç duyulduğuna dair bir sinyal alındığında, elektronik kontrol ünitesi, modülatöre kumanda ederek hidrolik akümülatörden sağlanan yüksek basınçtaki fren akışkanını patinaj yapan tekerleğin fren silindrine gitmesini sağlar. Modülatör valfi, tekerlekteki patinaj temayülü geçinceye kadar fren hattı basıncını sabit tutar. Daha sonra tekerleği serbest bırakır.

Motor torkunun kontrolü, gaz pedalı ile motor arasına yerleştirilen bir devre ile benzinli motorlarda gaz kelebeğinin dizel motorlarında ise dozaj supabının elektronik kontrolü ile sağlanır. Yani sürücü gaz kelebeğine veya dozaj supabına dolaylı olarak kumanda eder. Gaz kelebeğine kumanda etmede elektronik devrenin sürücüye oranla öncelik hakkı vardır. Şöyleki; tekerlek hız sensörlerinden iki tahrik tekerleğinin patinaj temayülünde olduğuna dair bir sinyal geldiğinde, sürücü bunun farkında olmaksızın hızını artırmak için gaz pedalına bassa bile TCS elektronik ünitesi öncelik hakkını kullanarak gaz kelebeğini kontrol ederek (kısarak) motorun devrini düşürür. Böyle bir sistemde gaz pedalının konumu bir potansiyometre ile elektronik kontrol ünitesine iletilir. Gaz pedalı ile sadece potansiyometrenin direnci değiştirilir, direk olarak gaz kelebeğine kumanda edilemez. Gaz kelebeği, elektronik kontrol ünitesinin kumanda ettiği elektrikli bir motor ile hareket ettirilerek motorun uyumlu çalışması sağlanır. Ancak bazı sistemlerde gaz pedalı ile gaz kelebeği bağlantısı eskisi gibi bırakılarak (mekanik) sistemin bozulması durumunda taşıtın sürülebilmesi sağlanabilir. Hatta TCS bir anahtarla devre dışı bırakılarak taşıtın sportif kullanımına da müsaade edilebilir.



- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1- Hidrolik ünitesi                 | 8- ABS ikaz lambası               |
| 2- TCS valf bloğu                   | 9- TCS ikaz lambası               |
| 3- Elektronik ABS/TCS kontrolü      | 10- TCS açma-kapama anahtarı      |
| 4- ABS sensörleri                   |                                   |
| 5- Elektronik gaz kelebeği kontrolü | } Elektronik<br>motor<br>kontrolü |
| 6- Gaz pedalı sensörü               |                                   |
| 7- Gaz kelebeği motoru              |                                   |

Şekil 3.13 TCS/ABS birleşik düzenneği

### 3.2 Pasif güvenlik sistemleri

Taşıtın ani frenlenmesi veya kaza anında, sürücü ve yolcuların bu durumdan etkilenmemesi veya en az zararla atlatabilmesi için gerekli sistemlerdir. Aktif güvenlik sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda bunları destekleyici nitelikteki sistemlerdir. Bu sistemler özellikle 1980' li yılların başından itibaren aktif güvenlik sistemlerinin kazaları engellemede başarılı olamaması ve trafik kazalarında insan ölümleri ve yaralanmalarının önüne geçmek için geliştirilmeye başlandı. Emniyet kemeri ile başlayan ve kırılabilir direksiyon, darbe emici bölgeler, çelik çubuklar, hava yastığı ile devam eden pasif güvenlik sistemleri, bu konuya büyük önem veren ve bu alanda öncü olan Volvo, Saab, Mercedes gibi firmaların geliştirdiği sistemlerin zamanla diğer firmalar tarafından da otomobillerine uygulaması ile yaygınlaştı. Bu firmalar, gerçek bir kazada pasif güvenlik sistemlerinin etkisi ölçülebilmek ve gerekli iyileştirmeleri yapmak için mankenler kullanarak çeşitli kaza testleri yapmaktadırlar.

### 3.2.1 Hava yastığı

Hava yastıkları, otomobilin çarpma bölgelerine yerleştirilmiş bir veya birkaç sensörün uyarısı ile açılır.

Darbe sensörleri, hava yastığı sisteminin en önemli parçasıdır. Bir çarpışma anında, sürücü veya yolcuların yaralanma veya ölmesini önlemek için darbe sensörlerinin tam zamanında görevini yapması gerekir. Diğer taraftan hava yastıkları tam zamanında şişmelidir. Bir hava yastığı sistemi, çarpışmanın başlangıcından itibaren yaklaşık 1 sn içerisinde darbeyi algılama, şişme ve sönme işlemlerini gerçekleştirmiş olur. Böyle bir sistemin çalışması şekil 3.14' de görülmektedir.

Şu anda kullanılan darbe sensörleri elektromekanik tip sensörlerdir. Bir tüp ve bunun içinde mıknatısla tutulan bir bilye vardır. Bir çarpma veya darbe etkisi olduğunda bu bilye serbest kalarak mekanik bir anahtar açar. Şu anki sistemlerde en az iki sensör aracın ön çarpma bölgelerine yerleştirilir. Bunların bir uzantısında yolcu kabineye yerleştirilmiştir. Buradaki sensör bir patlayıcıyı ateşler. Oluşan yanma gazları hava yastığının içine dolarak şişmesini sağlar. Elektromekanik sensörlerin verimli çalıştığı birçok çarpışmayla kanıtlanmıştır, fakat fiyatlarının yüksek oluşu otomobil endüstrisini daha ucuz seçenekler aramaya itmiştir.

İlk hava yastığı 1985 Ford Tempas otomobiline uygulandı. Bunda kazanılan tecrübeler ışığına 1989' da Ford firması tarafında Lincoln Continental otomobilinde çift (ön koltuklar) hava yastığı standart olarak sunuldu. Şu anda üretilen otomobillerin çoğunda hava yastığı standart geri kalanda ise opsiyonel durumdadır.

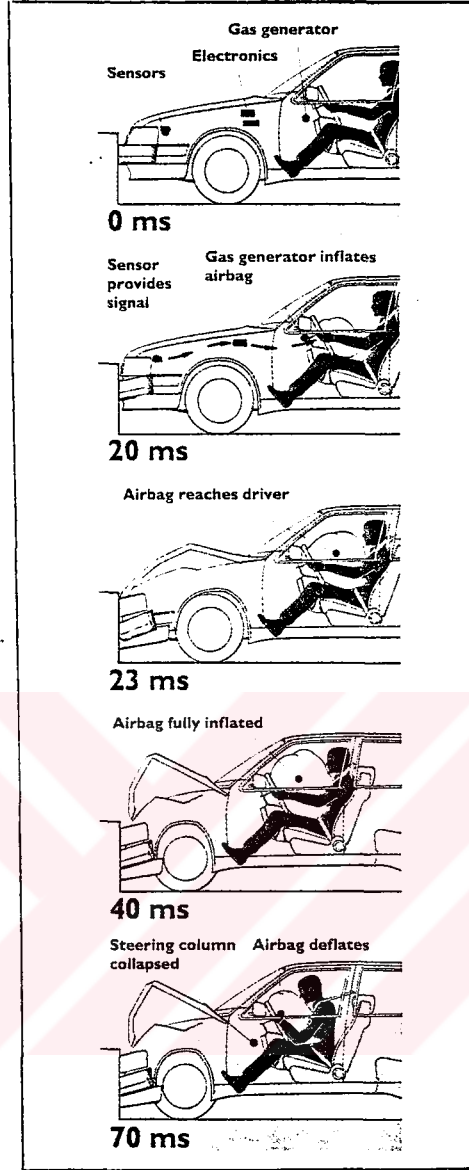
Şu ana kadar hava yastığı olan taşıtların yaptığı kazalar incelediğinde hava yastığının yalnız kullanımından ziyade emniyet kemeri ile birlikte kullanımının maksimum güvenlik sağladığı sonucuna varılmıştır.

Hava yastığı sistemini üç ana parçadan oluşur( Şekil 3.15 ).

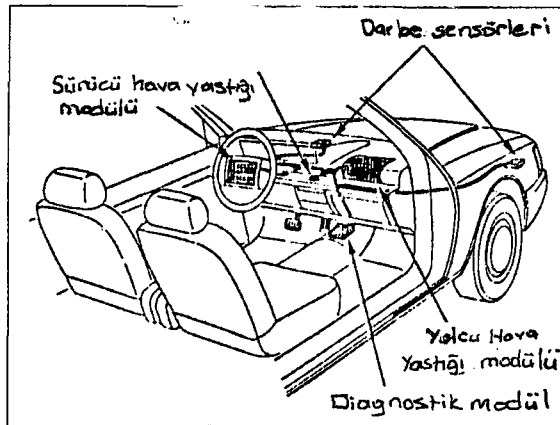
- darbe sensörü
- hava yastığı ve şişiricisi
- elektronik modül

Hava yastığı sisteminin temel parçaları aynı olamakla birlikte her otomobilde çeşitli çalışma şartları mevcuttur. Bunu oluşturan sebepler ;

- Farklı darbe sensörleri ve yerleşimi
- Farklı gaz-jenaratörleri (şişirici) ve şişirme oranları
- Farklı hava yastığı boyutu
- Farklı elektronik modül
- Patlama için farklı darbe hızı



Şekil 3.14 Hava yastığının çalışma süreci



Şekil 3.15 Hava yastığı sistem elemanları

Farklı elektronik modüle örnek verilecek olursa; çoğu otomobilde hava yastığı motorun çalışmasıyla otomatik olarak aktif konuma geçerken Ford otomobillerinde kontak anahtarından bağımsız olarak çalışan bir anahtarla isteğe bağlı olarak kapatılabilir.

Hava yastığının patlaması için gerekli olan minimum darbeye patlama eşiği denir. Bu değer firmadan firmaya değişmektedir. Örneğin Ford firmasının dizaynında bu eşik; 22 km/h lik hızla bir bariyere önden çarpılmasıdır. Buna 22km/h lik bariyer eşdeğer hızı (BEV-Barrier Equivalence Velocity) denir. Bu değerler firmadan firmaya patlamanın gerçekleşmesi istenen duruma göre değişir. Patlamanın bu eşiklerin sonra olması istenir. Bir de kesinlikle patlaması istenen bir değer (13 km/h) vardır. Bu iki değer arası "patlayabilir" alanı oluşturur. Bu azlığı veya çokluğu kullanılan sensörlerin hassasiyet ve yerleşimi ile alakalıdır. Gerçek çalışma şartlarında ise 90° bir bariyere çarpmak nadiren gerçekleşeceğinden, eşik değerlerinde değişir. Burada müşteri talepleride rol oynar. Yüksek eşik değerlerine sahip bir taşıtta bir çarpışmada emniyet yeterli güvenliği rahatlıkla sağlanmasına rağmen sürücü hava yastığının patlamasında şikayet edebilir. Diğer taraftan daha fazla şikayet, hava yastığının müşteri arzu etmediği durumlarda patlaması sebebiyledir. Bu tür şikayetler hem yüksek eşik değerlerinde, hem düşük eşik değerlerinde olmaktadır. Oysa hava yastıkları her çarpışmada patlayacak şekilde dizayn edilmezler. (yan ,arka, yantakla, az hasarlı ön çarpışmalar)

### **3.2.1.1 Yan hava yastıkları**

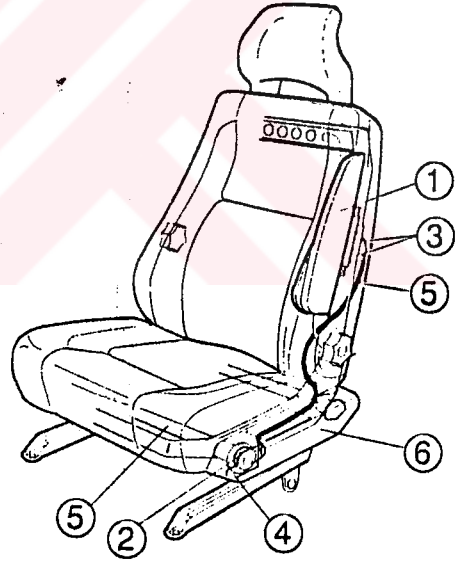
Hava yastığının özelliği; kaza anında göğüs kafesini koruyarak göğüs kafesinin korumuş olduğu hayati organların (kalp, akciğer) zarar görmesini engellemektedir. Aynı zamanda kafa yaralanmasını azaltması ikinci bir fayda sağlamaktadır. Yan hava yastıkları, ön hava yastıklarından bağımsız olarak çalışır. Yan hava yastıklarını uyarıcı sensörler koltuğun kapağına bakan kenarına yerleştirilirler. Yandan bir darbe olduğunda ve kapı içeri doğru girdiğinde sensör aktif duruma geçer. Mekanik bir sensör kullanılır. Bir ateşleme iğnesi ve patlayıcı bir kapsülden oluşur. Darbe esnasında ateşleme iğnesi patlayıcı kapsülü ateşler. Oluşan alev 2000m/s hız ile iki hat üzerinden hava yastığını şişiren gaz jeneratörlerine iletilir. İki tane gaz jeneratörü vardır. Bir tanesi 3ms gecikme ile çalışarak hava yastığının daha çabuk şişmesini ve daha uzun süre şişik kalmasını ve bu sayede maksimum korumayı sağlar.

Volvo firmasının trafik kazaları üzerine yapmış olduğu bir istatistikte ağır yaralanmaların %40 'ı önden, %25 'i yandan darbelerle olduğu tesbit edildi.

Otomobillerin dışında darbe emici bölgeler olduğu gibi iç dizaynında (konsol, paneller, pedallar) deforme olabilir parçalar kullanılması kazaların daha az yaralanma ile atlatılması sağlanacaktır.

Volvo' nun SIPS(yan darbe koruma sistemi)de, darbenin şiddetini azaltmaya yönelik malzemeler kullanılıyor. Buna ek olarak kapı panelleri darbe emici şekilde dizayn edilmiştir. Farklı profilli hava yastıkları üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Volvo 1995 800 serisi otomobillerinde yapısal SIPS sistemini tamamlamak için ön koltuklar yan hava yastığı ile desteklenmiştir. Yan hava yastığı koltuğu sırtlık kısmına, döşemenin içine yerleştirilmiştir(Şekil 3.16 ). İlk yanal hava yastıkları kapılara yerleştiriliyordu fakat kişiye göre koltuğun konumu değiştiği için verimli bir şekilde çalışmıyordu. Hava yastığı koltuk kenarına yerleştirilerek koltukla birlikte hareketi sağlandı. Bu şekilde ideal bir konumlandırma sağlandığından 35-40 litrelik hava yastığı kapasitesi 12 litreye düşürülmüş oldu.



- 1- SIPS hava yastığı
- 2- Sensör ünitesi
- 3- Ateşleme hattı
- 4- Basınç plakası
- 5- Ateşleyici hat muhafazası
- 6- Koltuk çerçevesi

Şekil 3.16 Yan hava yastığı yerleşimi ve sistem parçaları (Volvo 850)

### 3.2.2-Emniyet kemeri

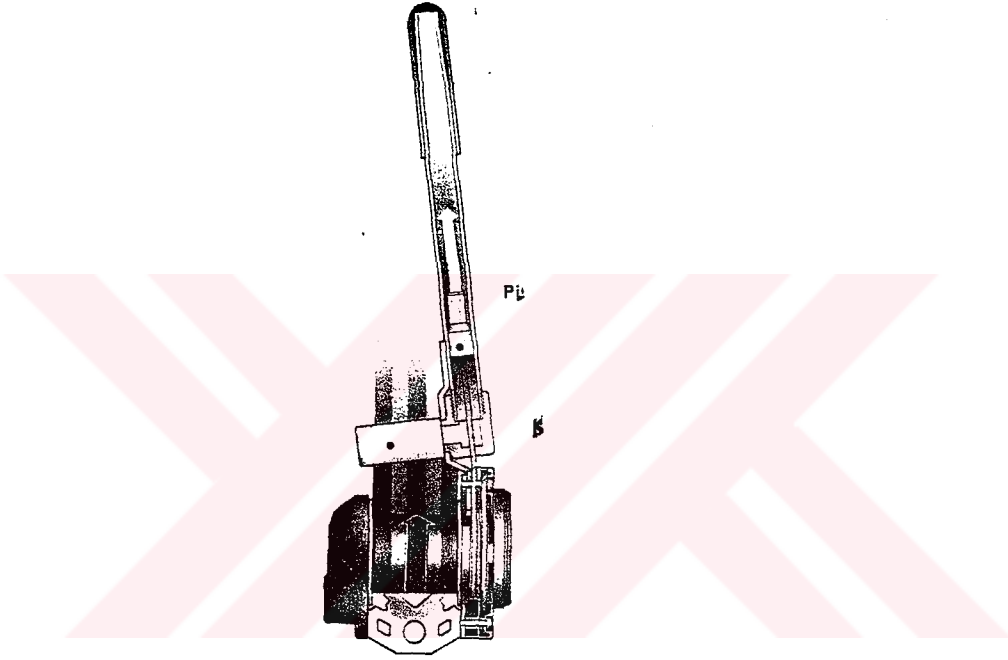
Emniyet kemeri halen pasif güvenlik sistemlerinin en güvenilir ve yaygın şekilde kullanılanıdır.Maliyeti ucuz ve yasal olarak zorunlu olduğu için en pahalısından en ucuzuna kadar tüm otomobillerde standart olarak bulunur.Yapılan test ve istatistiklerde, kazalarda çok etkin bir koruma sağladığı kanıtlanmıştır.Otomobile binildiğinde yapılması gereken ilk iş emniyet kemerini takmak olmalıdır. 'Darbe emici bölgeler' bahsinde de değinildiği üzere düşük hızlarda bile ani durma ve çarpmalarda insan vücuduna itici yönde çok büyük bir kuvvet etkimektedir.Bu kuvvet önlenmediği zaman sürücü ve yolcular kafa ve göğüslerini otomobilin muhtelif yerlerine(direksiyon ,ön cam) çarpılmaktadırlar.Bu da ölümcül kazalara sebebiyet vermektedir.Bu yüzden ön koltuklarda hem şehir içinde hem de şehir dışında kullanılması ABD ve Avrupa da yasal zorunluluktur. Arka koltuklarda da emniyet kemerinin bulundurulması yasal zorunluluk haline getirilmiştir.Bu sebeple otomobil üreticilerinin emniyet kemeri üzerine çalışmaları devam etmektedir.

Atalet makaralı emniyet kemerleri hemen hemen tüm otomobillerde standart teçizat durumundadır.Bu kemerlerin özelliği normal durumlarda takan kişiye hareket serbestisi sağlarken kaza anında da gerginleşmektedir.

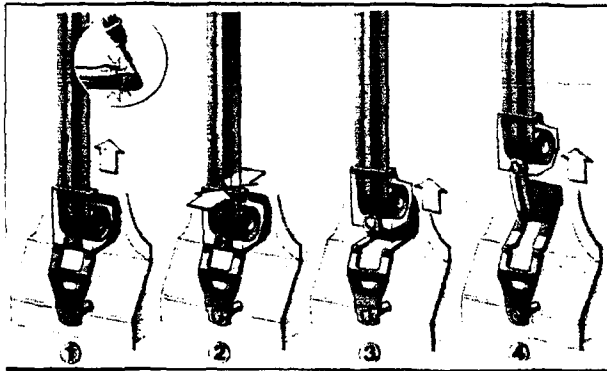
Saab 900 ve 9000 otomobillerinde standar olarak kullanılan otomatik kemer gerici, atalet makaralı kemerlerde güvenliği artırıcı olarak eklenmiştir.Bir darbe anında, aniden gerilerek kullanan kişiyi koltuğa doğru çekmektedir.Bu küçük bir patlayıcı şarj tarafından sağlanmaktadır(Şekil 3.17).Şekilde görüldüğü gibi pistonun altına bir halat bağlanmıştır.Bir çarpışma anında patlayıcı şarj patlayarak pistonu ileri doğru iter.Bir ucu pistonu bağlı olan halatın diğer ucuda kemere bağlanmıştır, dolayısıyla kemer sıkı şekilde gerdirilir.

Renault' un otomobillerinde standart olarak kullanmayı düşündüğü yeni ön koltuk emniyet kemeri Şekil 3.17' da görülmektedir. Bu emniyet kemeri ile ciddi kazalarda emniyet kemerinin vücuda yaptığı basınç bir yük sınırlayıcısı tarafından kontrol edilerek kazaların daha hafif yaralanmalarla atlatılması hedefleniyor. Yük sınırlayıcısı aynı zamanda pre-tensioner olarakta kullanılacak. Renault programlı gergi sistemi (PRS) olarak adlandırdığı çalışmasının patentli olmayıp tüm diğer otomobil üreticileri tarafından kullanılmasına müsaade edecek. Bir kaza anında, darbenin ilk fazında, kemer (ataleti hisseden) gergi düzeneği tarafında gerilir. Kemer hareketi 20mm 'ye sınırlandırılır. Kemerdeki gergi kuvveti yırtılıp ayrılan bir çelik tel (yük sınırlayıcısı) vasıtasıyla sönmölenir. Yırtılıp ayrılma olayı çok dikkatli bir şekilde hesaplanmıştır. Çelik şeridin

yırtılarak ayrılması buna bağlı olan gergi makarasında yukarı doğru hareket ettirir. Bu hareket kemerdeki gergiyi azaltarak göğüs üzerine yapılan tazyiki azaltır.



Şekil 3.17 Saab otomatik gergi sistemi



Şekil 3.18 Renault PRS sisteminin çalışması

### 3.2.3-Darbe emici bölgeler

Son yıllarda, yol güvenlik araştırma organizasyonlarını ve otomobil üreticilerinin artan bir eğilimle uğraştıkları konu otomobilin pasif güvenliğidir. Bu terim kaza oluşumu esnasında sürücü ve yolcuları en az yaralanma ile kurtarmaya yönelik tedbirler içerir. Otomobilin kaportasında yapılan pasif güvenlikte; taşıtın ön ve arkasında darbe emici bölgeler oluşturularak darbenin yolcu kompartmanına girmesi engellenir (Şekil.3.19 ).

Fiziğin temel bilgilerinden olan Newton'un hareket kanunlarından; bir kütleye bir kuvvet uygulandığında, bu kuvvet o kütleye kuvvetin büyüklüğü oranında bir ivme kazandırdığını biliyoruz.

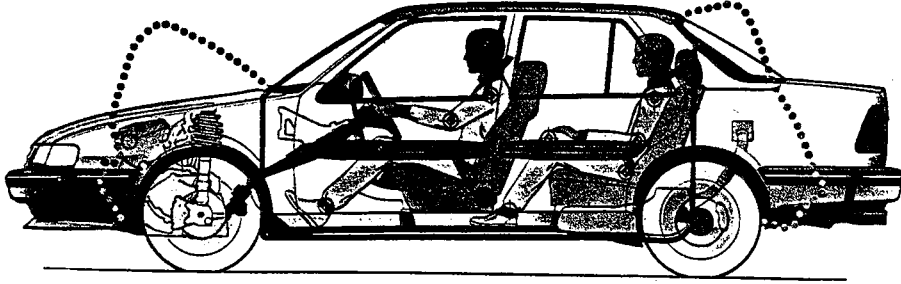
Kuvvet = kütle x ivme (veya yavaşlama)

3.1

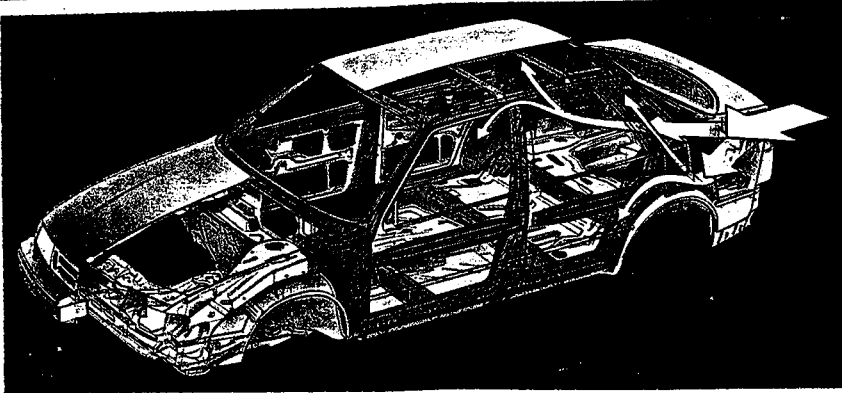
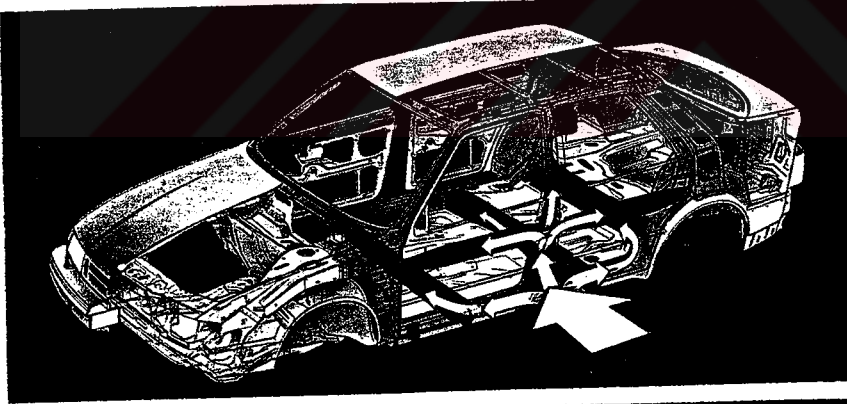
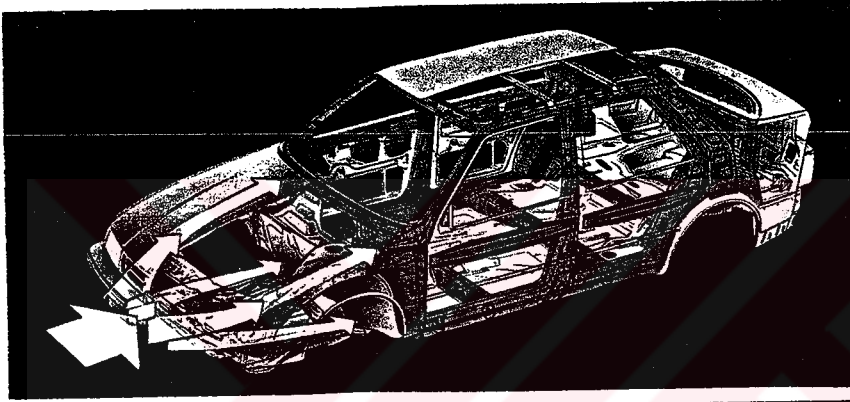
Bir taşıtın içindeki yolcular o taşıtın hızıyla hareket ederler. Ani bir durma veya çarpma esnasında hız çok kısa bir sürede sıfırlanacak yani ivmesi eksi yönde çok büyük mertebelere ulaşacaktır. İvmedeki büyüklük kuvvetide artıracaktır. Örneğin 72 km/h(20 m/s) hızla giden bir aracın hızı bir bariyere ani çarpma sonucu 1 saniyede 0 'a iniyorsa, bu taşıtın içindeki bir yolcu ağırlığının 20 katı bir kuvvetle öne itilecektir. Bütün pasif güvenlik sistemleri bu kuvveti azaltmaya yöneliktir. Pasif güvenlik tedbirlerinden biride otomobilin ön ve arka kısımlarında ezilebilir bölgeler oluşturmaktadır.buradaki amaç darbe etkisini daha uzun bir periyoda yayarak sönümlemektir. Yukarıdaki örnekte süre 1.5 saniyeye çıkarıldığında yolcuya etkiyen kuvvet ağırlığının 13 katına inecektir.

Eskiden bir kazada otomobilin zarar görmesi istenmezdi. Bunun için otomobiller rijit bir yapıda tabiri yerinde ise tank gibi yapırlardı. Ama bu yapı bir çarpışma anında darbe etkisini olduğu gibi yolculara iletirdi. 1950 'lerde Daimler-Benz firmasının öncülüğünde başlatılan ezilebilir bölgeler oluşturma fikri, bir çok evrelerden geçerek bugün bir çok otomobil üreticisinin kullandığı bir pasif güvenlik sistemi oldu. Bugün bir taşıt ne kadar çok sönümleme yeteneğine sahipse o kadar güvenli sayılmaktadır.

Şekil 3.19 da görülen Saab 900 otomobilinde enerji akışı görülmektedir. Otomobilin ön ve arka kısmındaki ezilebilir bölgedeki metal paneller deforme olarak çarpma anında oluşan kinetik enerjinin büyük kısmını sönümleyecek şekilde dizayn edilmiştir. Yakıt deposu ezilebilir bölgenin dışına çıkartılarak kaportanın altına doğru, arka aksın önüne alınmıştır. Böylelikle çarpışmada hasar görmesi azaltılmıştır(Şekil 3.19). Diğer taraftan motor bloğuda enine doğru yerleştirilerek önden çarpışmalarda ekstra bir bariyer oluşturulmuştur.



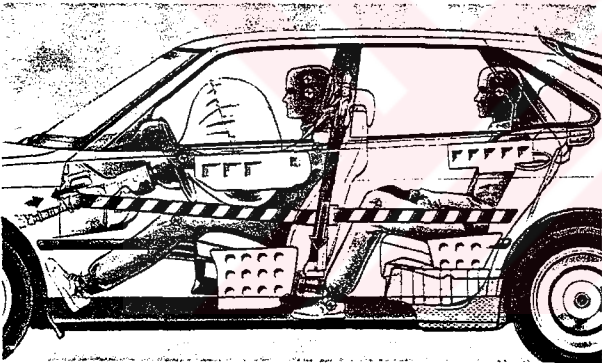
Şekil 3.19 Ön ve arka darbe emici bölgeler



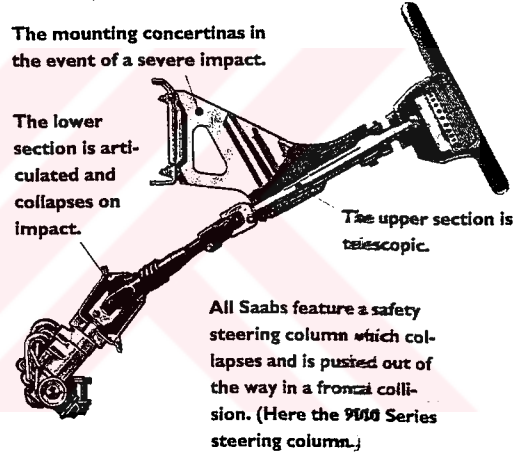
Şekil 3.20 Saab 900 iskeleti darbe akış yolları

### 3.2.4-Çelik çubuklar

Yolcu kabini , ezilebilir bölgelerin aksine olabildiğince sağlam bir yapıda olması gerekir. Burası çarpışma anında kendisine gelen kuvvetleri başka taraflara dağıtacak şekilde dizayn edilir(Şekil 3.21 ).Bunun için kapılardan çelik kuşaklar geçirilerek bir kafes oluşturulur. Çelik kuşaklar hem yandan hem de önden çarpışmalarda darbenin yolcu kompartımanına girmesine engel olur.Yolcu kompartımanının rijitliğini sağlar.Aynı zamanda kapıları koruyarak kazadan sonra kapıların açılabilmesini sağlar.Ayrıca tavan çıtalarının içine yerleştirilen çelik çubuklar, otomobilin devrilmesi halinde tavanın çökmesini önler.



Şekil 3.21 Çelik çubuklar



Şekil 3.22 Teleskobik direksiyon

### 3.2.5-Teleskobik direksiyon

Kontrollü ezilebilir bölgeler oluşturulmuş modern otomobillerde bu sistemin bir parçası da katlanabilir direksiyon milleridir.Bu miller, çeşitli firmaların kendilerine has geliştirdikleri mekanizmalarla, kaza anında içeri doğru çökerek direksiyon simidinin sürücüyü saplanması engellenir.Enerji sönmüleyen bu miller; helisel metal bölge, japon feneri gibi kırılabilir veya teleskobik olabilir.

Saab 9000 serisinin direksiyon mili şekil 3.22' de görülmektedir. Direksiyon milinin üst kısmı teleskobik, alt kısmı helezoniktir. Böylelikle çift etkili bir sönmüleme hedeflenmiştir.

## 4-Konfor

Taşıt konforu, taşıtın kullanımı esnasında sürücü ve yolculara rahat bir seyahat imkanı sağlamasıdır. Taşıt, sürücü ve yolcuları değişik yol şartlarından minimum etkilenmesini sağlamalı, sürücü ve yolcuları yormamalıdır. Taşıt konforunu etkileyen en önemli faktör süspansiyon sistemidir . Ayrıca ergonomik dizayn da son yıllarda önem kazanmış, konforu etkileyen bir faktördür.

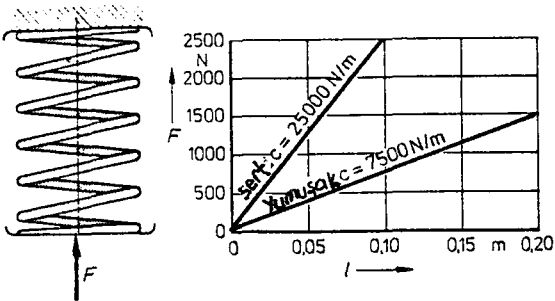
### 4.1-Süspansiyon Sistemleri

Süspansiyon sistemleri, taşıtın titreşimlerinin sürücü ve yolcular üzerindeki rahatsız edici etkilerini azaltan düzeneklerdir. Bu düzeneği oluşturan elemanlar yay ve amortisördür. Burada yay tipleri, amortisör çeşitleri, bunların kombinasyonları ve taşıta monte şekilleri üzerinde durulmuştur.

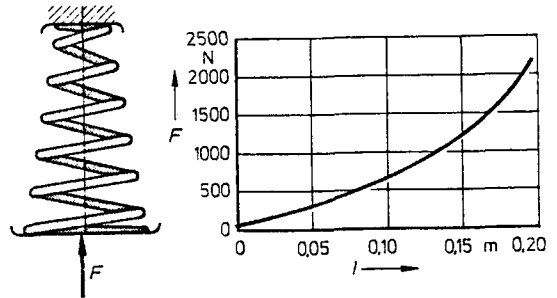
#### 4.1.1-Yay tipleri

##### 4.1.1.1-Çelik yaylar

Motorlu taşıtların çoğunda konvansiyonel çelik yaylar kullanılır.Yaylanma etkisi, çelik yayın esneklik sınırı altındaki elastik deformasyonundan sağlanır. Yayların karakteristiği normalde lineerdir(Şekil-4.1) fakat uygun dizaynlar ile bu eksptansiyel bir karakteristiğe çevrilebilir(Şekil-4.2).



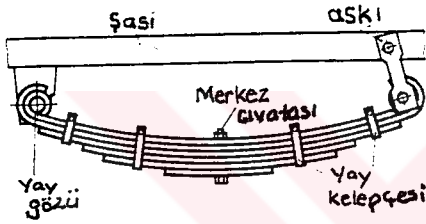
Şekil 4.1 Lineer karakteristik



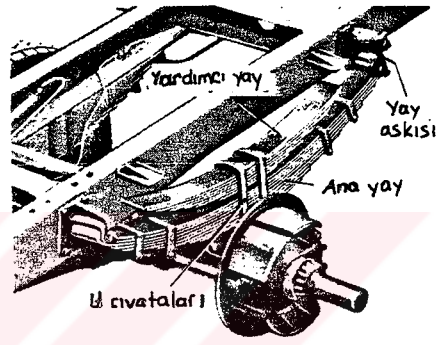
Şekil 4.2 Eksptansiyel karakteristik

#### 4.1.1.1-Yaprak yaylar

Yaprak yaylar (Şekil 4.3), çelik levhaların üst üste bağlanarak yarı eliptik bir şekil verilmesiyle oluşur. Çelik levhalar tam merkezlerinden delinip bir saplamayla birbirlerine tutturularak uzunlamasına kaymaları engellenir. Kelepçelerle bağlanarak yan kaymaları önlenir.



Şekil 4.3 Yaprak yay



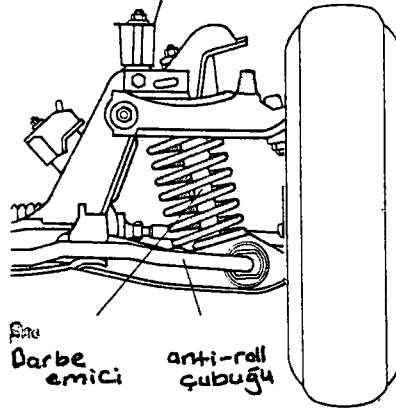
Şekil 4.4 Ana ve yardımcı yaylar

Yaprak yaylar aksa U civatalarla, şasiye ise göz şekli verilmiş en üst yaprağın bir ucundan bir saplama ile bağlanır. Diğer ucundan ise askılı olarak bağlanır (Şekil 4.3, Şekil 4.4). Bu askı, yaylar sıkıştığı zaman uzunlamasına bir serbesti sağlar. Ağır taşıtlarda ana yaprak yay grubuna yardımcı bir yay grubu da eklenebilir (Şekil 4.4).

Yaprak yaylar, yağlanmadan önce yükten çıkartılması gerekir. Otomobillerde çoğunlukla yapraklar arasına plastik tabakalar konarak çok az bakım gerektiren bir yapı oluşturulur.

#### 4.1.1.2-Helezon yaylar

Otomobil ve hafif taşıtlarda genellikle helezon yaylar (Şekil-4.5) kullanılır. Lineer karakteristik taşırlar (Şekil-4.1) ve kendi kendine sönümlenme etkileri yoktur. Yay hatvesi değiştirilerek, konik şekil verilerek ya da azalan çaplı çelik tel kullanılarak eksponansiyel karakteristiğe sahip helezon yaylar elde edilebilir. Helezonun içindeki boş alana yardımcı bir yay veya teleskobik amartisör yerleştirilebilir.

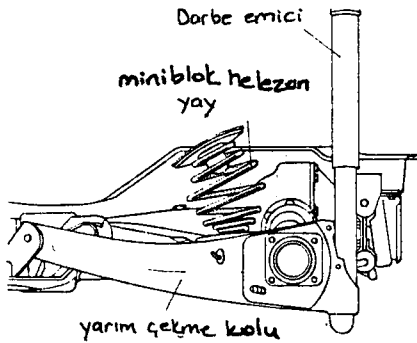


Şekil 4.5 Helezon yay

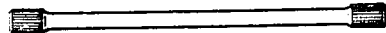
Miniblok helezon yaylar (Şekil 4.6) fiçi şeklindedir. Yay sıkıştırıldığı zaman helezonlar üst üste binmez, iç içe geçer. Bu özellik büyük yük kapasitelerinde yaylanma etkisini azaltmadan yay uzunluğunun kısa tutulabilmesini sağlar.

#### 4.1.1.1.3 Torsiyon çubuk yaylar

Torsiyon çubuğu (Şekil 4.7), tekerleğe veya süspansiyon sistemine bağlı bir manivela tarafından bükülmeye zorlanak yaylanma etkisi oluşturulur. Torsiyon çubukları genellikle daire kesitlidir fakat çember, kare kesitli olanları ya da demet haline getirilmiş ince levhalardan yapılmış olanı da vardır. Torsiyon çubuğu çok az bir yer kapladığı için kolaylıkla yerleştirilebilir ve hiç bir bakım gerektirmez. Uzunlamasına veya enine yerleştirilebilir. Eğilmeye karşı korumak için genellikle bir tüp içine yerleştirilir (Şekil-4.8).

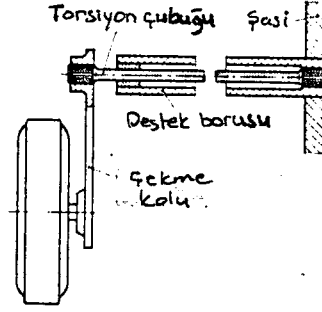


Şekil 4.6 Miniblok helezon yay



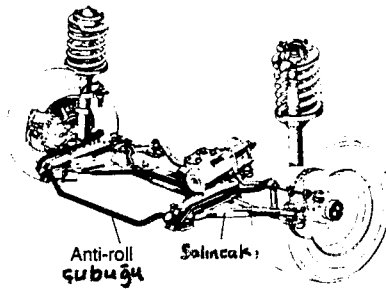
Şekil 4.7 Torsiyon Çubuğu

Bağlantı uçları genellikle yivlidir. Bu yivler sayesinde yay ön gergi kuvveti, taşıtın her iki tarafında eşit olacak şekilde kolayca ayarlanır.



Şekil 4.8 Torsiyon çubuk süspansiyon

Stabilizerler (anti-roll çubukları) taşıtın yol tutuşunu iyileştiren süspansiyon elemanlarıdır. Genellikle U şeklindedir (Şekil 4.9) ve her iki ucundan süspansiyona kauçuk contalarla bağlanır. Tekerleklerden biri yükseldiğinde, kaldırma hareketi diğer tekerleğe, yayının ön gergi kuvvetini artıracak şekilde transfer edilir. Bu otomobilin devrilmesini engeller.



Şekil 4.9 Anti-roll çubuğu

#### 4.1.1.2-Gazlı yaylar

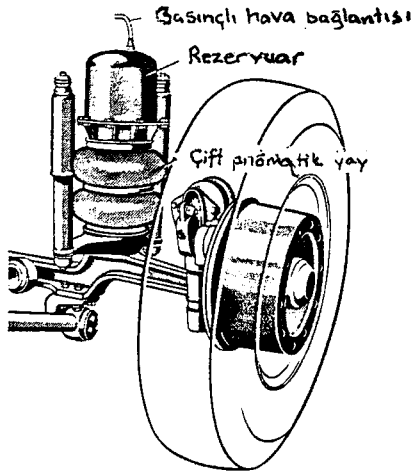
Gazlı yaylar, belirli bir hacme sıkıştırılmış gazın (hava veya azot) yaylanma etkisi oluşturmasından ibarettir.

##### 4.1.1.2.1-Pnömatik yaylar

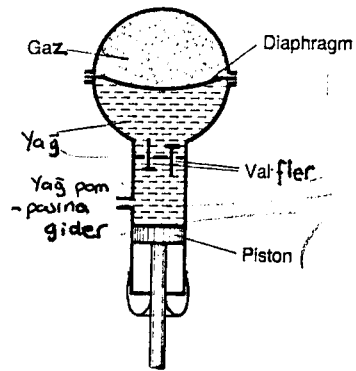
Pnömatik yaylar(Şekil 4.10) önceleri genellikle hali hazırda bir hava kompresörünün (frenler için) bulunduğu otobüs ve kamyonlarda kullanılırdı, fakat bugün otomobillerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pnömatik yaylar ekspotansiyel bir karakteristiğe sahiptirler. En önemli avantajları yükte alakalı olarak hava basıncı değiştirilerek yaylanma etkilerinin değiştirilebilmesidir. Bu tam otomatik olarak da yapılabilir.Bu sistemler viraj dönülürken otomobil gövdesinin viraj alınan tarafa doğru yatması engeller. Sistemin her türlü yol şartına göre sönümlemesini ayarlayabilmesi için kademe kontrol valfleri gerekir.

##### 4.1.1.2.2-Hidropnömatik yaylar

Hidropnömatik yay (Şekil 4.11) gazlı yay prensibine göre çalışır.Sabit hacimdeki gaz, (genellikle azot) yağ pompalanarak sıkıştırılır.Gaz ile yağ bir diyafram ile ayrılırlar.Her ikiside aynı basınçtır(100-200 bar arası).Hidropnömatik yay aynı zamanda amortisör olarakta görev yapar.Bir yağ pompası, yağ basıncını yol şartlarına göre ayarlayarak gerekli süspansiyon etkisini düzenler.



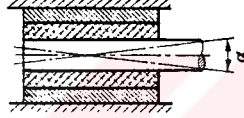
Şekil 4.10 Pnömatik yay



Şekil 4.11 Hidropnömatik yay

#### 4.1.1.3-Kauçuk yaylar

Doğal ve sentetik kauçuk oldukça elastik bir malzemedir ve yüksek derecede sönümlenme özelliğine sahiptir. Birçok kauçuk yay (Şekil 4.12) modeli vardır, fakat bunlar motorlu taşıtlarda nadiren ana yay elemanı olarak kullanılır. Yüksek sönümlenme kabiliyeti ve mükemmel elastikiyeti yüksek frekanslı titreşimlerin ve gürültünün sönümlenmesi için idealdir. Ana yaylara yardımcı olarak veya süspansiyon elemanlarının taşıta montajında bağlantı elemanı olarak kullanılır.



Şekil 4.12 Kauçuk yay

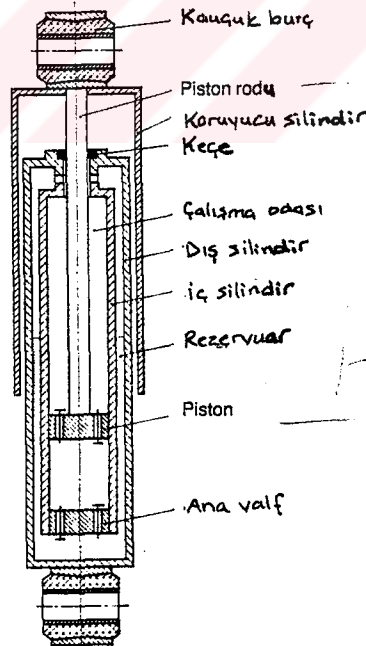
#### 4.1.2-Amortisörler

Damper ( darbe emici ) olarakta isimlendirilen amortisörler, yayın osilasyon hareketlerini daha çabuk bastırmak için kullanılırlar. Bu taşıtın güvenliği ve konforu için zorunludur. Tekerlek ve iskelet farklı rezonans frekanslarına sahiptirler ve bunun için iyi bir amortisörün her iki hareketin frekansını da hafifletip, sönümleyecek ayarda olması gerekir.

Motorlu taşıtlarda genellikle teleskobik hidrolik amortisörler kullanılmaktadır. Amortisörler, bir silindir ve bu silindirin içinde hareket eden bir pistonun, silindir içinde bulunan yağı küçük valflerden geçmeye zorlayarak titreşimden oluşan enerjiyi ısı enerjisine çeviren düzeneklerdir. Pistonun her iki istikametinde hareket eden yağın akış direnci değiştirilerek, amortisörün taşıtın süspansiyon karakteristiğine uyması sağlanır.

#### 4.1.2.1-Çift silindirli amortisörler

Çift silindirli amortisör (Şekil-4.13) de, piston rotu ve buna kaynak edilmiş koruyucu silindir karöseriye, iç ve dış silindirlerin bulunduğu blok aksa bağlanır. Asıl çalışma odası iç silindiridir. İki silindir arasındaki orta boşluk, akışkan rezervuarı olarak görev yapar ve piston aşağıya doğru hareket ederken iç silindirdeki yağ buraya kaçarak bir sönümlenme sağlanır. Asıl sönümlenme ise piston yukarı giderken (tepki stroku) sağlanır. Piston yukarıya hareket ederken yağ, pistonun üzerinde bulunan çok küçük valflerden çalışma odasına doğru akmaya zorlanır. Bu kuvvetli bir sönümlenme etkisi doğurur. Bu hareket esnasında piston deplasmanından oluşan boşluğu doldurmak için ana valf üzerinden rezervuardan yağ çekilir. Burada yağ akışında fazla bir direnç oluşmadığından amortisör eski pozisyonuna rahatlıkla gelir.



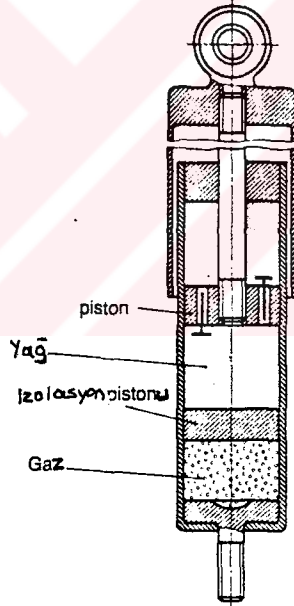
Şekil 4.13 Çift silindirli amortisör

#### 4.1.2.2-Tek silindirli amortisörler

Tek silindirli amortisör (Şekil-4.14) gazlı amortisör veya gazlı damper olarak bilinir. Çalışma prensibi bakımından çift silindirli amortisör ile bir farkı yoktur. Tek fark çift silindirli damperdeki rezervuar hacminin yerini tek silindirli amortisörde gaz hacmi almıştır. Daha az yağ akışı olduğundan daha az ısınır.

Amortisörün alt kısmında bir gaz yastığı oluşturulmuştur. Gaz bir izolasyon pistonu ile yağ hacminden ayrılmıştır. Gaz yastığı basınca imalat sırasında belli bir basınca ayarlanmıştır ve piston yukarıya doğru hareket ederken bile yağ hacminden daha az bir hacim kaplar. Gaz ve yağ basıncı daima aynıdır. Bu amortisör çalışırken yağın köpürmesini önler.

Gazlı amortisörler bozulduğunda taşıttan sökülürken dikkat edilmesi gerekir. Eğer ısıtılırsa gazın patlama olasılığı vardır.



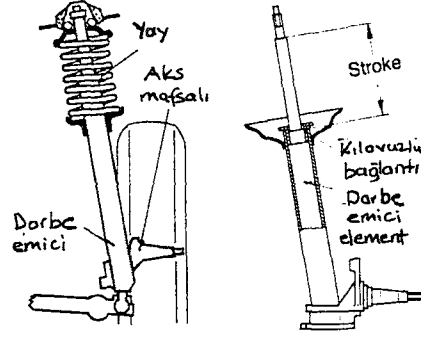
Şekil 4.14 Tek silindirli amortisör

#### 4.1.2.3-Kombine yay-amortisör düzenekleri ve yerleştirilmesi

##### 4.1.2.3.1-Birleşik yay-amortisör süspansiyon (Mc-Pherson süspansiyon)

Teleskobik bir amortisör ile helezon bir yayın birleşik hale getirilmesi Mc-pherson süspansiyon olarak adlandırılır. Bu sistemler bir aks mafsalı yardımıyla tekerleğin yerleştirilmesini de sağlar (Şekil-4.15). Bir müddet kullanımdan sonra sönümlenme etkisi

azalır, silindirin üst ucunda bulunan kılavuzlu yatak sökülerek sönümlenme elementi değiştirilebilir.



Şekil 4.15 McPherson süspansiyon

#### 4.1.2.3.2-Yükseklik kontrollü amortisörler

Bir çok otomobilde, sürüş konforu ve yükü hafifleterek iyi yol tutuşu sağlamak için süspansiyon ayarlamasına gidilir. Otomobilin toplam yük limitine yaklaştık arka kısmı çöker. Taşıtın yere olan mesafesi ve verimli süspansiyon hareketi azalır. Bu da otomobilin sürüş özelliklerini bozar; direksiyon kontrolü azalır, yan rüzgarlara karşı hassasiyeti artar hatta far ayarını bozarak gece sürüş güvenliğini azaltır. Süspansiyon yüksekliğinin otomatik olarak kontrol edildiği sistemlerde, toplam yük limitine kadar olan her türlü yüklemde, otomobilin kuyruğunun yere mesafesi sabit kalır.

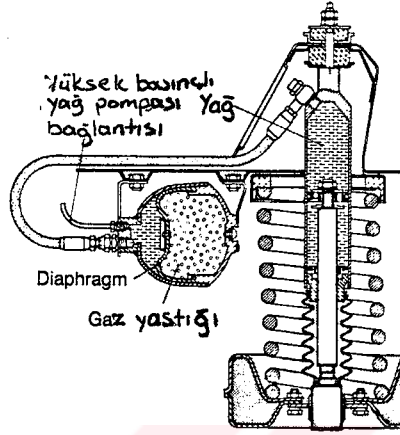
#### 4.1.2.3.3-Pnömatik yay-amortisör düzeneği

Pnömatik yay amortisörün üzerine monte edilir. Ana yay ile paralel olarak çalışır ve onların üzerindeki yükü azaltarak aracın gövdesini yüksektir. Basınç küçük bir hava kompresöründen veya bir el pompasından sağlanır. Uygulanan yükü kompanse etmek için gereken değer bir göstere ile kontrol edilir. Otomatik süspansiyon ayarında ek bir düzenele sağlanabilir.

#### 4.1.2.3.4-Hidro-pnömatik yay-amortisör düzeneği

Yükseklik kontrollü, amortisörün çalışma odasına pompalanan yağ ile sağlanır. Piston ve rotu, pompalanan yağ hacmine göre yer değiştirir ve aracın gövdesi

eşit bir miktar yükseltilir. Bu tip bazı sistemlerde (Şekil- 4.16), gaz yastığı ve bir diyafram ile gazdan izole edilen yağ, borularla amortisöre bağlanmış ayrı bir haznede muhafaza edilir. Yükseklik kontrol valfleri, arka aks anti-roll çubuğuna bağlanmış manivelalar ile kumanda edilir. Yüksek basınçlı yağ pompası, krak şaftından V-kayışı ile tahrik edilir.



Şekil 4.16 Hidro-pnömatik yay-amortisör düzeneği

#### 4.1.3-Tekerleğin yerleştirilmesi

Yay sisteminin özelliğine ve tekerleğin tahrikine göre değişik aks ve süspansiyon (tekerlek yerleşimi) sistemi dizaynları yapılmıştır. Sabit akslar hala bazı otomobillerin arka tekerlekleri için kullanılmaktadır, fakat özellikle ön tekerleklerde, motorun iki tekerlek arasına yerleştirilmesini sağlayan bağımsız süspansiyon kullanımı yaygınlaşmıştır. Kamyonlarda güç ve yük taşıma kapasitelerinden dolayı ön ve arkada sabit akslar kullanılmaktadır. Otomobillerde önde bağımsız süspansiyon standart haline gelmişken, ufak boyutu, hafifliği ve konforu nedeniyle arka tekerleklerde de kullanımı yaygınlaşmaktadır.

##### 4.1.3.1- Sabit aks

Sabit aks iki tekerleği, yaylarla şasiye asılmış bir boru veya döküm muhafaza ile birleştirir.

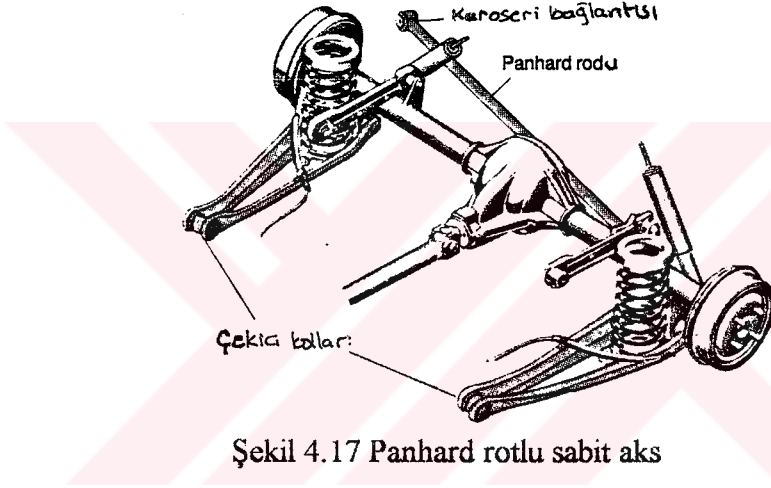
Sabit aksın en önemli özelliği sabit tekerlek geometrisini (toe-in ve kaster açıları) sağlamasıdır.

Ancak tekerleklerden biri bir tümsekten geçerken tüm aks titreşir ve tekerlek kamber açıları değişir.

#### 4.1.3.1.1-Tahrikli sabit akslar

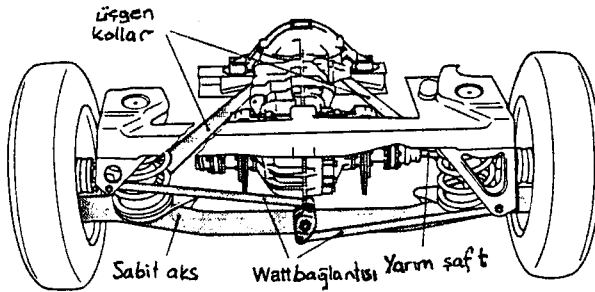
Eğer tahrik sabit akstan yapılıyorsa, şanzuman, difransiyel ve yarım şaftlar dökme çelik bir kılıf içine alınır. Dolayısı ile ağır bir yapı oluşur.

Otomobillerde hafif *banjo aksı* kullanılır. Burada kullanılan muhafaza, iki tane derin çekilmiş çelik levhanın birbirine kaynak edilmesi ile oluşmuştur. Böyle bir aksı askıya almanın en kolay yolu iki yarı eliptik yaprak yayın uzunlamasına yerleştirilmesidir. Eğer torsiyon çubuğu, helezon veya pnömatik yay kullanılmışsa, tekerleklerden gelen kuvvetler şasiye çekme kollar vasıtasıyla iletilir (Şekil-4.17). Yanal kuvvetler, çapraz bağlantı veya Panhard rotu ile karşılanır (Şekil-4.17)



Şekil 4.17 Panhard rotlu sabit aks

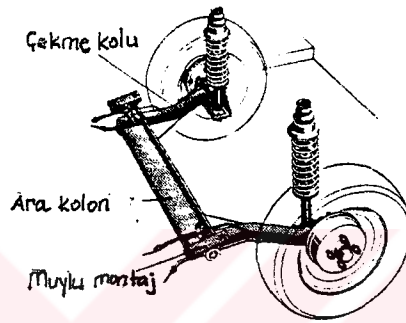
**De Dion arka aks:** Tahrik edilen aksın yaylanmayan kütesinin ağırlığını azaltmak için kullanılan metodlardan biri; şanzumanı akstan ayırmak, şasiye veya karosere monte etmektir. Hareket kardan kavraması ile iki yarım şaft üzerinden tekerleklerle iletilir. Arka aks gövdesi veya borusu, iki çapraz bağlantı ile muylu koluna tutturulur (Watt bağlantısı). De Dion aksı tekerlekleri tüm yol şartlarında (viraj) yola dik tutar. (Şekil-4.18)



Şekil 4.18 De Dion aksı

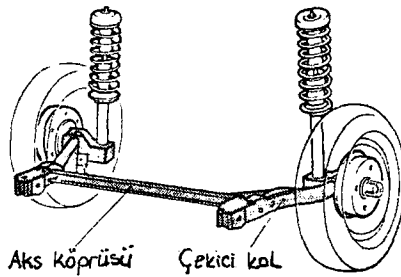
#### 4.1.3.1.2-Tahriksiz sabit akslar

Önden çekişli otomobillerde arka aks çok hafif ve sabit bir şekilde dizayn edilebilir. Örneğin uzunlamasına çekme kollu aksta (Şekil-4.19) tekerleklerin bağlandığı çekme kolları ara bir kolon ile birleştirilmiştir. Bu kolon karosere kauçuk veya metal burçlarla civatalanır. Eğer tekerleklerden biri yukarı çıkarsa ara kolon bükülmeye zorlanır ve anti-roll çubuğu olarak görev yapar.



Şekil 4.19 Çekme kollu arka süspansiyon

*Akuple çekme kollu aks* (Şekil-4.20) da, iki çekme kolu birbirine yumuşak burkulmaya izin veren U profilli ara kolon ile kaynaklanmıştır. Kolon, çekme kollarının tam ucunda değil ortalarına yakındır.



Şekil 4.20 Akuple çekme kollu arka süspansiyon

#### 4.1.3.2-Bağımsız süspansiyon

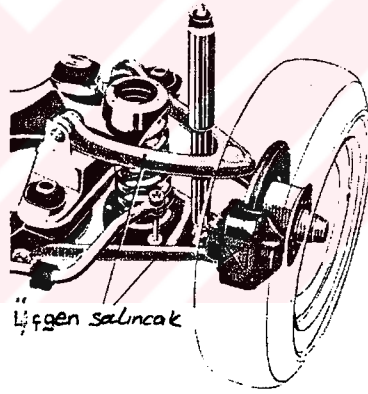
Bağımsız süspansiyon hafiftir ve bir tekerleğin yol bozukluklarından etkilenmesi diğer tekerlekleri etkilemez.

Bağımsız süspansiyon ön tekerlekler için kullanılırsa; çift salıncak, alt salıncağa bağlı Mc Pherson süspansiyon veya çekme kolları kullanılabilir.

Bağımsız süspansiyon arka tekerlekler için kullanıldığında tekerlekler çekme kolları, yarı çekme kolları veya swing aksı vasıtasıyla yerleştirilir.

#### 4.1.3.2.1-Tekerleğin salıncaklar vasıtasıyla yerleştirilmesi

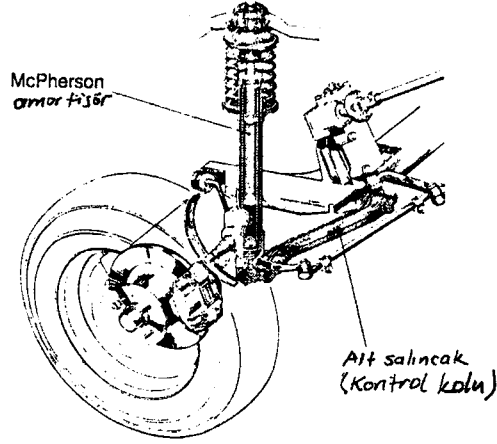
Eğer tekerlek çift salıncak ile yerleştirilirse, süspansiyon sıkıştırıldığında aks genişliği ve kamber açısı değişimi ya çok az olur veya sabit kalır. Alt ve üst salıncak uzunluğu eşit (parallelogram hareketi) ise kamber açısı değişmez fakat aks genişliği değişir. Eğer alt ve üst salıncak eşit uzunlukta değilse (trapezoidal hareketi, Şekil-4.21) hem kamber açısı hem de aks genişliği az da olsa değişir. Salıncakların sabitliği artırılması bakımından genelde üçgen bir yapıya sahiptirler. İki saplama ile şasiye veya karoseriye tutturulur. Çift salıncaklı bağımsız süspansiyon, tahrik ve yönlendirmenin aynı akstan yapıldığı durumlar için uygundur. Arkadan tahrikli varış otolarında sıklıkla kullanılır.



Şekil 4.21 Çift salıncaklı süspansiyon

#### 4.1.3.2.2-Tekerleğin alt salıncak vasıtasıyla yerleştirilmesi (McPherson prensibi, Şekil-4.22)

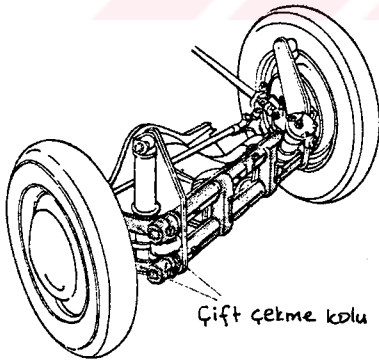
McPherson bağımsız ön süspansiyon düzeneği orjinal çift salıncak düzeneğinden türetilmiştir. Üst salıncağın görevini, aks mafsalına sıkı tutturulmuş amortisör borusu yapar. Amortisör piston rotu karosere esnek kauçuk bir burç ile tutturulur. Üstteki bu burç ile piston borusunun üzerindeki kılavuzlu yay oturma yüzeyinin arasına bir helezon yay yerleştirilir (Şekil-4.15). Frenleme, hızlanma ve yanal kuvvetlerin oluşturduğu etkileri sönmölemek zorunda olan piston rotu ve kılavuzunun sağlam bir yapıya sahip olması gerekir. Bu tip bağımsız süspansiyonun avantajı; üretiminin ekonomik olması, çok az yer kaplaması ve montajının az parça gerektirmesidir.



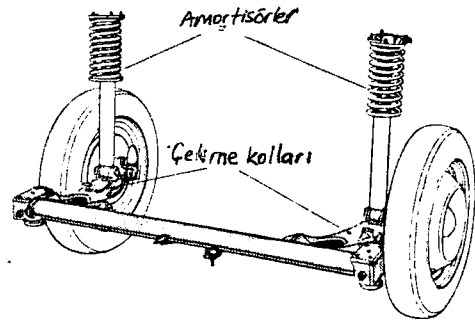
Şekil 4.22 McPherson düzeneği

#### 4.1.3.2.3-Çekme kollu süspansiyon

Çift çekme kolu süspansiyon (Şekil-4.23) da tekerlekler paralel çubuk takımı vasıtasıyla yerleştirilir. Kamber ve kaster açılarını ve dingil mesafesi değişmediğinden özellikle ön tekerlekler için uygundur. Süspansiyon genellikle torsiyon çubukları ile sağlanır.



Şekil 4.23 Çift çekme kollu süspansiyon

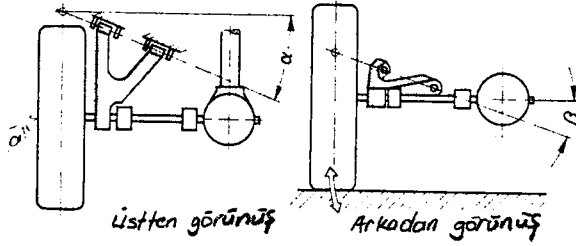


Şekil 4.24 Tek çekme kollu süspansiyon

Tek çekme kollu süspansiyon(Şekil-4.24) genellikle önden çekişli otomobillerin arka tekerleklerinde kullanılır.Çünkü bagaj zemini iki tekerlek arasından yere daha fazla yaklaştırılarak bagaj hacmi büyütülebilir. Bu süspansiyon iyi bir konfor sağlar fakat virajlarda savrulmaya daha meyillidir.

#### 4.1.3.2.4-Yarım çekme kollu süspansiyon

Bu tip, çekme kolu ve çift-mil swing aks süspansiyon prensiplerinin avantajlı yanlarının birleştirilip, dezavantajlı taraflarının bertaraf edilmesiyle oluşmuştur. Yarım çekici kollar, üçgen salıncak kollarına benzer. Bunlar taşıtın enine eksenine  $\alpha=10^{\circ}\sim 20^{\circ}$  lik açılarla, yatay veya hafif eğimli( $\beta$ ) muylu ile bağlanmışlardır(Şekil-4.25).

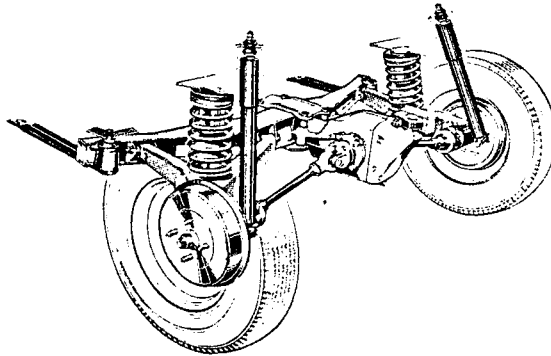


Şekil 4.25 Yarım çekme kollarının yerleştirme açıları

Muylu yatakları genellikle yardımcı şasiye, o da kauçuk izolasyon elementleri ile ana şasiye monte edilir.

Tekerlek açıklığı ve kamber açısındaki değişimler  $\alpha$  ve  $\beta$  açılara bağlıdır ve taşıtın performansına ve kullanım karakteristiğine göre tasarımcı tarafından ayarlanır. Eğer  $\alpha$  ve  $\beta$  açıları büyürse, süspansiyon sıkıştığında tekerlekler belirli bir negatif kamber açısı alır. Böylece viraj(açısı) arttıkça yanıl kuvvetlerde artmış olur.

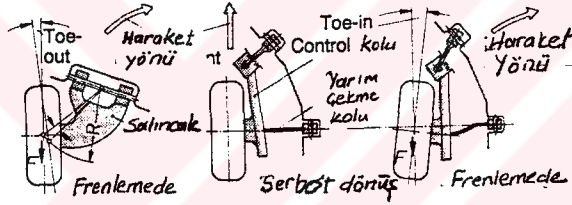
Her bir yarım şaftta uzunluk değişimlerini kompanse etmek için iki kardan (üniversal) mafsalı eklenmiştir(Şekil-4.26).



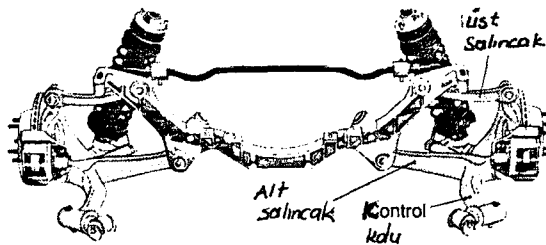
Şekil 4.26 Yarım çekme kollu arka süspansiyon

#### 4.1.3.2.5-Elastikiyet kontrollü salıncak süspansiyon(Weissach arka süspansiyon )

Yarım çekici kollar karosere iki esnek muylu-kovan ile bağlandığından, frenlama esnasında veya gazdan ayak çekilince  $\alpha$  açısı değişerek toe-in açısı ya azalır veya toe-out açısına dönüşür (Şekil-4.27). Eğer taşıt viraj dönerken yavaşlarsa dıştaki tekerlek dışarı doğru yönelir ve kayma riskini artırır. Alt salıncak ve üst kontrol kolu taşıta esnek bağlanmasına rağmen Weissack aksı toe-out açısının artmasını engeller. Alt salıncağa ek bir kontrol kolu bağlanmıştır. Bu kol taşıt yavaşlarken, esnek bağlanmış alt salıncak üzerinden tekerleklere yönlendirici bir kuvvet uygular. Bu kuvvet tekerleğe toe-in yönünde uygulanır ve viraj dönülürken savrulma veya kayma riskini önler(Şekil 4.28)



Şekil 4.27 Süspansiyonun kendini yönlendirme etkisi



Şekil 4.28 Weissach arka aks

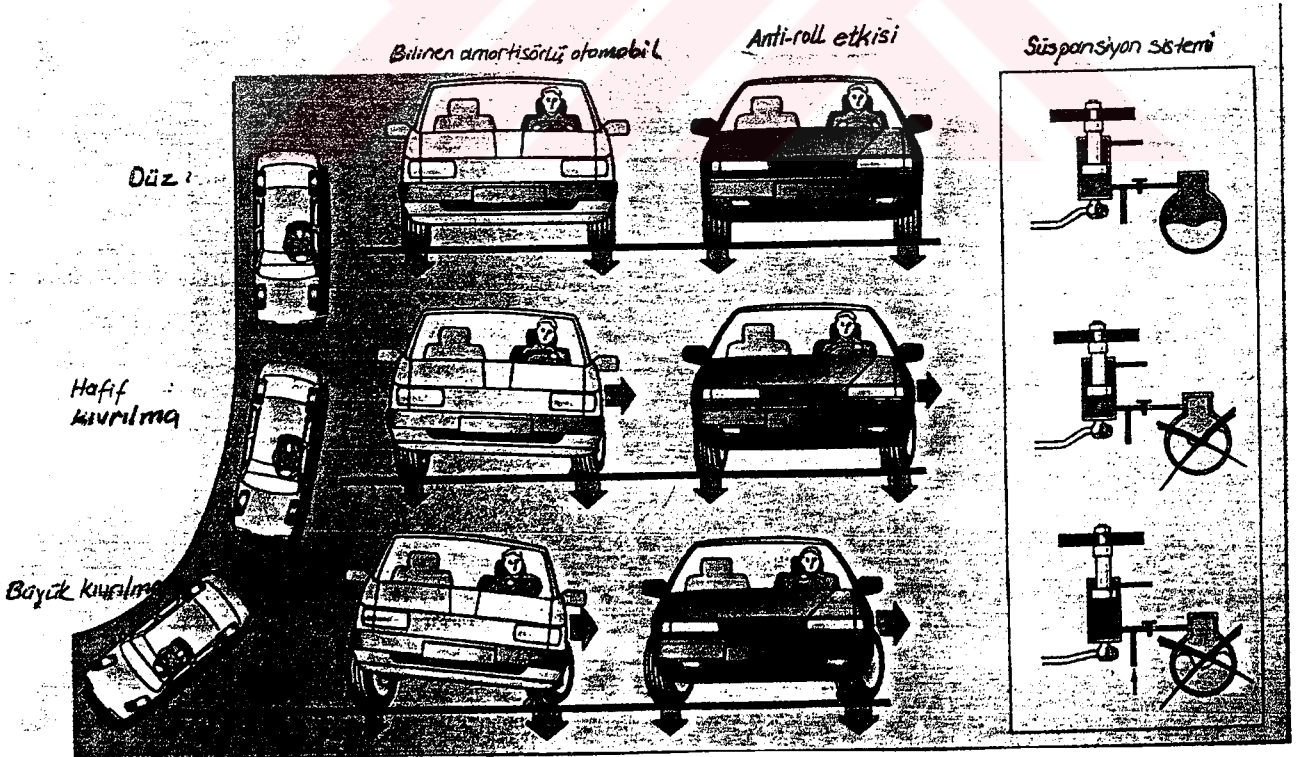
#### 4.1.4-Uygulamalar

##### 4.1.4.1-Citroen anti-roll sistemi

Hidroprömatik süspansiyon sistemlerinin öncülerinden olan Fransız Citroen Firması 1993' de Xantia Activa otomobilinde anti-roll sistemi adını verdiği bir süspansiyon sistemi kullanmıştır. Tamamen bilgisayar kontrollü olan bu sistem taşıt viraja girdiğinde dış taraftaki tekerleklere kayan taşıtın ağırlığını dengeleyerek taşıtın savrulmasını engellemektedir.

Bükülme açısı  $0.5^\circ$  yi aştığında sistem aktif konuma geçiyor ve bilgisayar süspansiyon sistemine kumanda ederek otomobili yere paralel (düz yol konumu) hale getiriyor (Şekil-4.29).

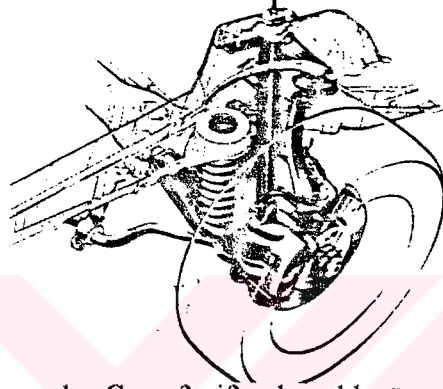
Sistemde taşıt hızını ve direksiyon hareketini algılayan sensörler bulunmaktadır. Viraj dönülürken sensör bunu algılar ve amortisör yağ haznesi gibi görev yapan anti-roll küresininin amortisörle ilişkisini keser.Yüksek basınç pompasından taşıtın yere paralellliğini sağlayacak şekilde dıştaki tekerlek amortisörüne yağ pompalanır.



Şekil 4.29 Citroen anti-roll sistemi

#### 4.1.4.2-Mercedes C sınıfı süspansiyonu (Şekil-4.30)

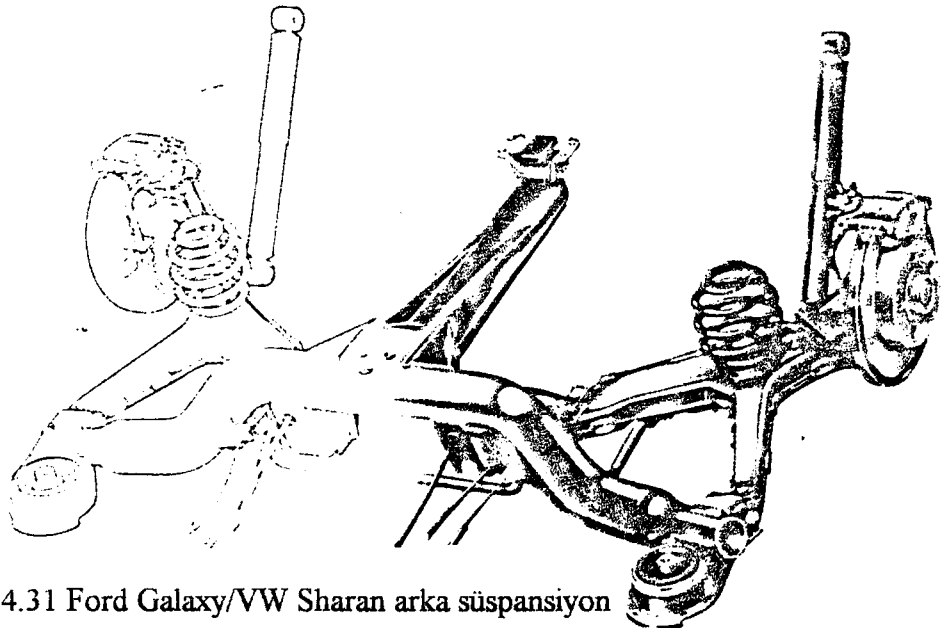
Ön süspansiyonda, üçgen üst ve alt salıncak kullanılmıştır. Bunların arasına helezon yay gaz-basınçlı darbe emiciler yerleştirilmiştir. Ayrıca anti-roll çubuğu mevcuttur. Kontrol kolları, büyük kauçuk takozlarla karoseriye monte edilmiştir. Alt salıncak çift katlı, üst salıncak tek kat çeliktir. Üst salıncağa bozulma veya sökülme durumları için sıçrama miktarını ayarlayan bir pim kaynaklanmıştır.



Şekil 4.30 Mercedes C sınıfı çift salıncaklı süspansiyon

#### 4.1.4.3-Ford Galaxy

Ön süspansiyonda MacPherson amortisör ve helezon yay kullanılmıştır. Arkada ise yarı çekici kollu aks kullanılmıştır(Şekil-4.30). Ara kolon silindirik bir yapıya sahiptir. Yaylar mimiblok helezon yaylardır. Otomatik yükseklik kontrolü seçenek olarak sunulmuştur.



Şekil 4.31 Ford Galaxy/VW Sharan arka süspansiyon

## 4.2 Ergonomi

Ergonomi kelime anlamı olarak (eski Yunanca) kelime anlamı olarak işbilimi demektir. Bu bilimdeki çalışmalar insan-makina ilişkilerini inceler. İnsanın yaptığı işte verimliliği artırmak, daha az yorulmak, daha az hata yapmak gibi önemli işlevleri ortaya çıkarır. İnsanın biyolojik bir varlık olarak doldurabileceği hacim, erişebileceği ve başarı ile denetleyebileceği uzaklık, optimum hareket yeteneklerinin sınırları bellidir. Bu nedenle otomobil kullanırken tükettiği enerji, ürettiğini aşarsa yorgunluk başlar. Önce organ ve yapı taşları zorlanıp fizyolojik olarak yıpranma ortaya çıkarken, yorgunluk ile psikolojik özellikler de yitmeye, yaptığı işe işe karşı bıkkınlık, bitkinlik, isteksizlik, beceriksizlik başlar. Bu da çeşitli kazalara sebebiyet verir.

Antropometrik (insan bedenine ait ölçülerin, sistemli biçimde derlenip aralarında ilişkilerin saptanması) verilere uygun tasarlanmış sürücü mahalli yol emniyeti ve sürücü rahatlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar antropometrik verilerin otomobil tasarımında kolaylıkla kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Kısa süreli yolculuklarda sürücü, tasarım aksaklıklarının yol açabileceği rahatsızlıkları pek hissetmemektedir. Ancak uzun süreli yolculuklarda (şehirler arası, taksi şoförleri) bu rahatsızlıklar daha belirgin olmaktadır. İmalat sırasında bu tür aksaklıkların giderilmesinin maliyeti oldukça düşük olduğundan üretici firmalar açısından bu tür bilgileri toplamak önemli fayda sağlar.

Ülkemizdeki otomobiller genellikle Avrupa standartları temel alınarak üretilmekte ve bunun Türk kullanıcı nüfusuna uygunluğu incelenmeden kabul edilmektedir. Ülkemizdeki trafik kazalarının yüksek oranlarının genellikle sürücü dikkatsizliği ile açıklanmakta ve bunların bir bölümünün tasarımla ilişkili olabileceği göz ardı edilmektedir.

Otomobilin sürücü ile uyumlu olup olmadığını anlamak için aşağıdaki sorulara verilen cevaplar belirleyici olabilir :

- 1- Bilek ve ayaklarda bir rahatsızlık hissetmeden kontrol pedalları rahatlıkla kullanılabilir mi ?
- 2- Pedala basılmadığında ayağın rahatlıkla konabileceği boşluk var mı ?
- 3- Yanlışlıkla aynı anda gaz ve fren pedalına basıldığı oluyor mu ?
- 4- Diz ve bacağın direksiyona çarptığı oluyor mu ?
- 5- Bütün göstergeler ve kontrol elemanları görülebiliyor mu ?
- 6- Her hangi bir göstergesi veya kontrol elemanını görmek için başı çevirmek gerekiyor mu ?

- 7- Direksiyonun kısmen veya tamamen engellediği bir gösterge veya kontrol elemanı var mı ?
- 8- Öne eğilmeden bütün göstergeler okunabiliyor mu ?
- 9- Eğilmeden bütün kontrol elemanları kumanda edilebiliyor mu ?
- 10- Otururken baş, arabanın tavanına dokunuyor mu ?
- 11- Emniyet kemeri bağlandığında rahatsız ediyor mu ?
- 12- Direksiyon rahatlıkla tutulabiliyor mu ?
- 13- İki saat veya daha fazla araba kullanıldığında vücudun herhangi bir yerinde ağrı veya tutukluk hissediyor mu ? Evet ise hangi kısımlar ?
- 14- Arabanızla hiç kaza yaptınız mı (küçük çizikler de dahil ) ? Evet ise kaza sebebi düşünülmeli.
- 15- Geri gidişlerde arka yeterince rahat olarak görülebiliyor mu ?

Otomobil gövdesinin birçok önemli rolü vardır. Mümkün olan en iyi doğrultu dengesini sağladığı gibi aynı zamanda yoldaki engebeleri sönmüleyerek sürücüye yüksek seviyede konfor sağlamalıdır. Bunlara ek olarak sürücünün, tüm yol şartlarında, taşıt üzerinde maksimum kontrole sahip olabilmesi için gerekli sinyalleri önceden algılayıp sürekli bir şekilde sürücüye iletmelidir. Bunu başarmak için otomobiller, sürücü ile makina arasındaki etkileşimi optimize edecek şekilde yapılandırılmalıdır.

Otomobil dizaynerleri otomobil gövdesini şekillendirirken insan faktörünü baz almalıdırlar; sürücüyü sürüş esnasında ilgilendiren her bir parça sanki otomobilin değil insanın bir parçasıymış gibi tasarlanmalı ve yerleştirilmelidir. Sürücü, gaz, fren, debriyaj pedalları, vites kolu sanki vücudunun bir parçasıymış gibi kullanabilmelidir. Kumanda elemanları rahatlıkla görülebilmeli ve ulaşılabilirdir (Şekil 4.34-4.35).

Yol ve otomobil arasındaki ilişki, doğal olarak otomobil ve sürücü arasındaki ilişkiyi yansıtır. Sürücüye sürekli olarak değişik kaynaklardan küçük fakat hayati sinyaller iletilir. Örneğin; Ön tekerleklerden direksiyon dişlisine, direksiyon simidinden parmaklara aynı şekilde ABS sisteminden fren pedalına, sağ ayağa, komple olarakta otomobil koltuğundan sürücünün sırtına doğru bir sinyal akışı vardır. Doğal olarak göz ve kulaklar vasıtasıyla da sinyaller alınır.

Koltuktan sürücüye iletilen sinyaller hayati önem arzeder. İnsan vücudu yanal kuvvet ve açılal hız değişmelerine karşı çok hassastır. Bu hassasiyet bize, otomobilin yola tutunmasının limit değere ulaştığı, artık rotasını koruyamayacak duruma geldiğini algılamamıza yarar. Bu sebepten sürücünün kalçası otomobilin ağırlık merkezine yaklaştırılmalıdır. Bu otomobilin hareketinin daha kolay hissedilmesini ve reaksiyon zamanının kısaltılmasını sağlar.

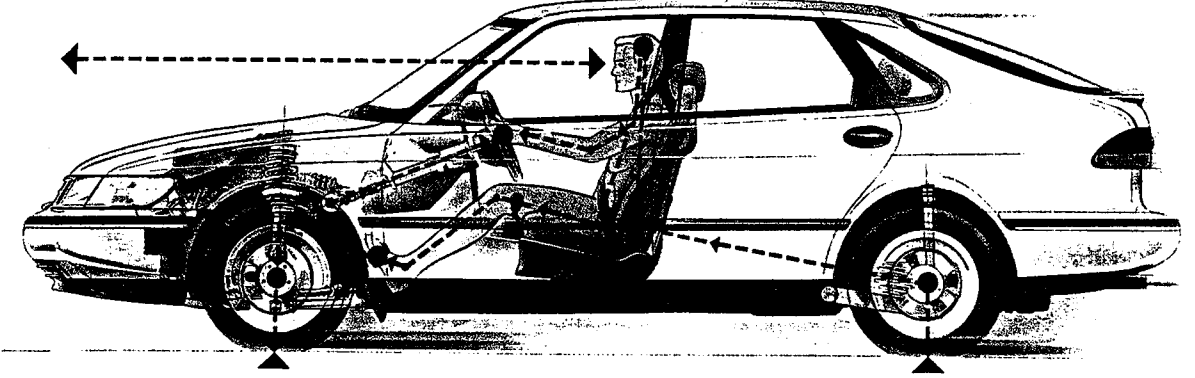
Şasinin dinamik reaksiyonlarının sürüş konforu ve aktif güvenlik bakımından büyük önemi vardır.Otomobilin sürüş karakteristikleri, sürücünün hoş olmayan sürprizlerle karşılaşmaması için belirgin, sürekli ve önceden tahmin edilebilecek şekilde olmalıdır.

Ağırlık dağılımı burada önemli rol oynar.Örneğin Saab'ın 900 ve 9000 serilerinde ağırlığın yarıdan fazlası ön tekerleklere gelecek şekilde dizayn edilmiştir(Tam yüklü halde %50 nin biraz üzerinde, sadece sürücü varken %60).Bu Saab otomobillerine değişken sürüş koşullarında hatta güçlü yan rüzgarlarda dahi mükemmel yön dengesi sağlar.

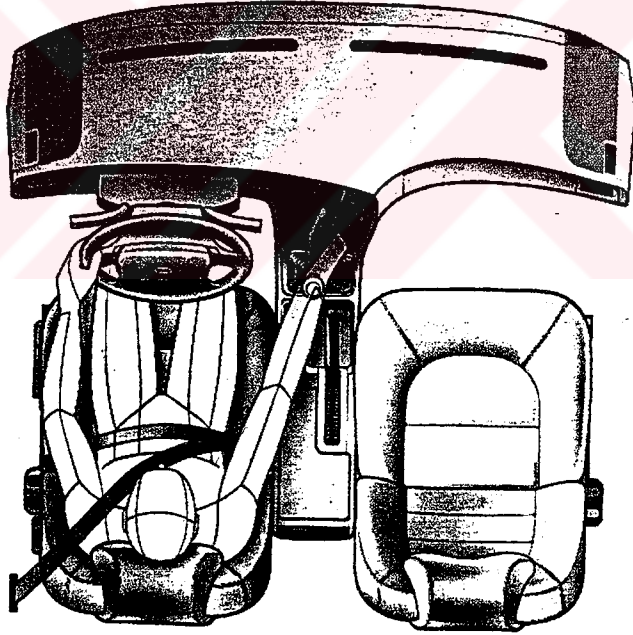
Sessizlik konforlu bir otomobilin belirleyici faktörlerinden biridir fakat bu sessizlik sürücüyü her türlü sestten izole edecek şekilde olmamalıdır.Çünkü seste sürücüyü bilgilendiren ve ikaz eden bir araçtır.

Sürücü koltuğu, özellikle uzun otomobil kullanımında büyük önem arzeder. Bu yüzden tasarımı, mühendisler, ergonomi uzmanları, doktorlar ve test sürücülerin ortak çalışmalarıyla yapılmalıdır. Koltuk ayarları fonksiyonel olmalıdır;sürücü oturduğu zaman kendi ölçülerine göre tam ve rahat bir konumlandırma yapabilmelidir (şekil 4.37 ).

Takometre, hız saati ve ikaz lambalarının bulunduğu kontrol paneli gündüz ve gece rahatlıkla okunabilmelidir.Sürüş esnasında dikkat dağıtmadan okunabilmesi için mümkün olduğunca göz hizasına yaklaştırılmalıdır.Direksiyon simidi kontrol panelinin görünüşünü engellememelidir.Şekil 4.36' de görülen Saab 9000 serisinde "black panel" sistemi kullanılmıştır. Bu sistem bir anahtarla aktif konuma geçirilebiliyor ve çalışırken kontrol panelini, hız ölçerden başka hiçbir şey gözükmeyecek şekilde karartıyor.Böylelikle sürücü yola daha iyi konsantre olabiliyor.İkaz edilecek bir durum olduğunda mesela devir aşırı şekilde yükseldiğinde takometre beliriyor.



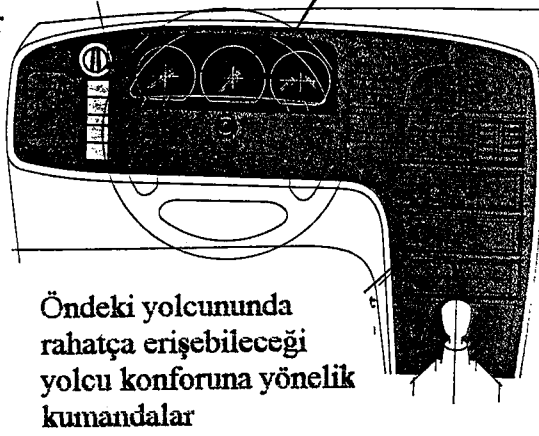
Şekil 4.34 Taşıt - insan uyumu



Şekil 4.35 Yardımcı kumanda düğmeleri (radyo-teyp,ısıtıcı vs.) rahatlıkla ulaşılabilir mesafeye getirmek için ön konsola kavis verilmektedir.

direksiyon simidinin solundaki bölgede çeşitli aydınlatmaları sağlayan düğmeler

Dikkat dağıtmamak için Göz hizasına yaklaştırılmış kontrol paneli



Öndeki yolcunun rahatça erişebileceği yolcu konforuna yönelik kumandalar

Şekil 4.36 Ön konsol

Yumuşak, ayarlanabilir başlık

Her bir koltuk için farklı sıcaklıklara ayarlanabilen ısıtıcılar

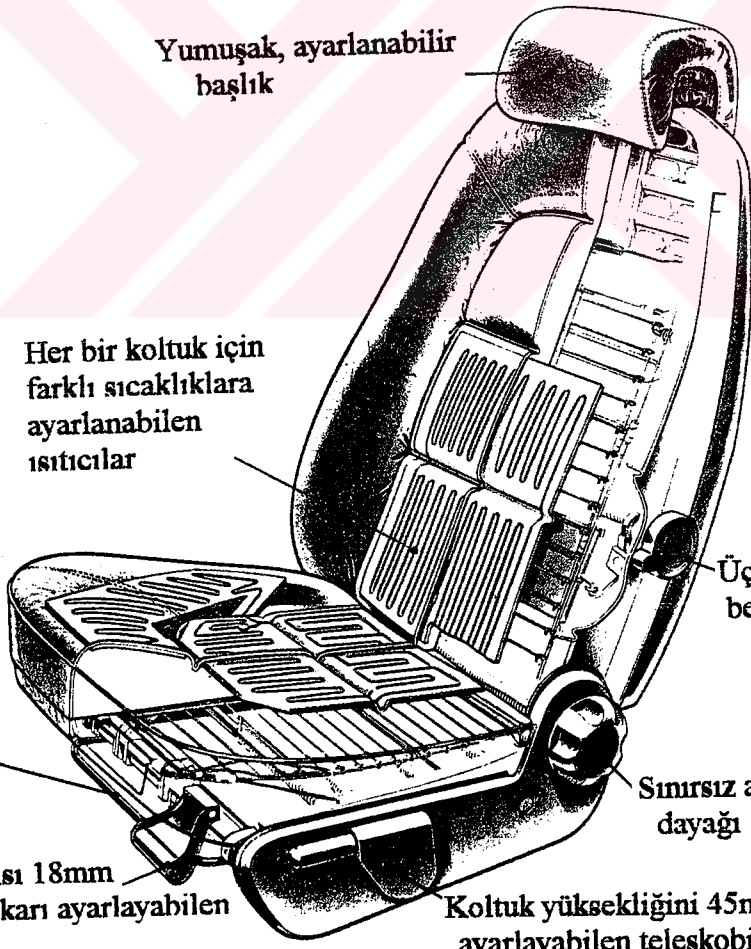
Üç konumlu bel desteği

Koltuğun 212mm boyunca hareket etmesini sağlayan ray

Sınırsız ayarlı sırt dayacağı

Koltuk ön açısı 18mm aşağı veya yukarı ayarlanabilen kol

Koltuk yüksekliğini 45mm ayarlanabilen teleskobik kol



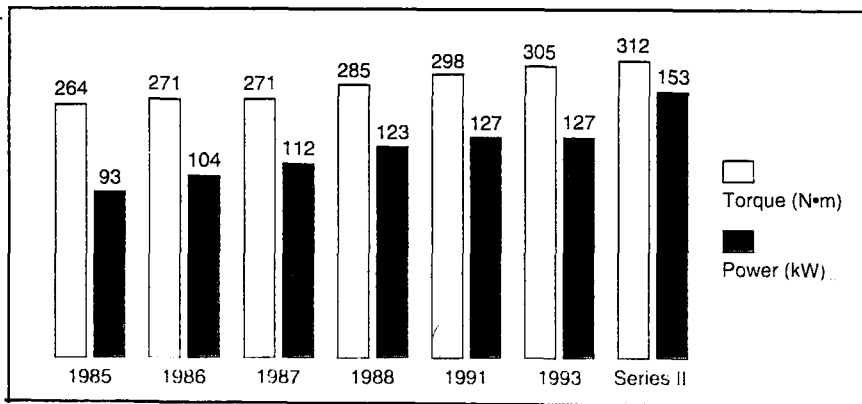
Şekil 4.37 Sürücü koltuğu

### 5-Motor performansında olan gelişmeler

Motor teknolojisindeki gelişmeler yine müşteri talepleri doğrultusunda daha çabuk ivmelenebilen, daha sessiz çalışan ve daha iyi yakıt ekonomisi sağlayan motorların geliştirilmesini sağladı. Ayrıca malzeme teknolojisindeki gelişmelerin yansması olarak motor boyutları küçüldü ve ağırlığı azaldı. Daha düşük emisyon miktarı ve yakıt ekonomisi sağlayan silindir dizaynları, volümetrik verimi artırmak için emme ve eksoz süpape sayılarının artırılması da genel bir eğilim olarak gerçekleşti. Yine motor gücünü artırmak için sıkıştırma oranı artırıldı. Bunların yanında kontrol edilmesi zor olan karbüratör sisteminden ve ateşleme sorunları oluşturan bataryalı, distribütörlü ateşleme sistemlerinden vazgeçildi. Bunların yerine, silindire giren hava miktarının ölçülmesi, yakıt püskürtülmesi, ateşlemenin yapılması, vuruş eğiliminin saptanması ve giderilmesi gibi motorun tüm olarak kontrolünü sağlayan elektronik motor yönetim sistemleri geliştirildi.

Tüm bu gelişmelerin paralelinde motor performansını belirleyen motor gücü ve torkuda arttı. Şekil 5.1' de bu gelişimi gösteren bir grafik bulunmaktadır. Genaral Motors firmasının 1985 yılından bu yana Buick marka otomobillerinde kullanmakta olduğu 3800 V6 motorunun güç ve torkunda meydana gelen artışlar görülmektedir. 1985 de 264 Nm olan tork 1995 de 312 Nm ye artarken gücü de 93 kW dan 153 kW a artmıştır. Gürültü seviyesi ise 69 dB den 62 dB ye düşürülmüştür. 81-129 km/h akselasyonu 14.5 sn den 8.7 sn 'yeye düşürülmüştür. Performans bu şekilde artırılırken yakıt ekonomisinde 7.6 km/L den 9.3 km/L şeklinde iyileştirilmiştir.

Yine 3800 V6 motoru örnek olarak alındığında 10 senelik bir zaman periyodu sonucu %25 daha az yer kaplayan, %15 daha hafif, hacmine oranla %45, ağırlığına oranla %30 daha fazla güç yoğunluğuna sahip, %35 daha az parça içeren versiyonu geliştirilmiştir. Bu motora turboşarj ünitesinin de eklenmesiyle 185 kW lık bir güce ulaşılacaktır.



Şekil 5.1 3800 V6 motorunun güç ve tork evrimi

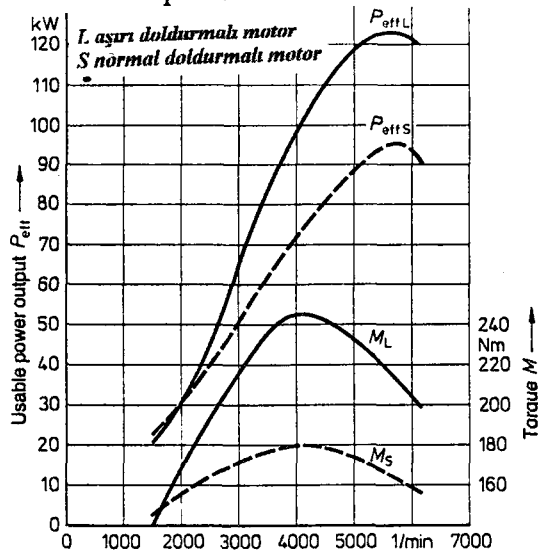
### 5.1-Aşırı doldurma

İçten yanmalı bir motordan alınacak güç silindire sokulan karışım miktarına bağlıdır. Motordan alınacak gücü artırmak için silindire giren karışım miktarını artırmak gerekir. Doğal çekişli bir motorun gücünü artırmak için ya silindir hacmini veya silindir sayısını artırmak gerekir yahut da motoru yüksek devirlerde çalıştırmak gerekir. Motor hacmini artırmak motor ağırlığını ve büyüklüğünü artırmak demektir. Motoru yüksek devirlerde çalıştırmak ise çabuk aşınma, gürültülü çalışma, soğutma problemleri gibi daha kompleks neticeler verir. Bu sebeplerden dolayı aşırı doldurmaya gidilir. Aşırı doldurma, motor boyutlarında ve çalışma hızında bir değişiklik yapmadan motordan daha fazla güç alınmasını mümkün kılar. Aşırı doldurmalı motorda hava-yakıt karışımı veya hava (diesel) silindire girmeden sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi iki şekilde yapılabilir:

Silindire sokulan dolgu miktarı artırılarak motor gücü artırılır. Şekil 5.2' de aynı motorda aşırı doldurma yapılarak doğal çekişli 'ye göre güç ve tork eğrilerindeki değişim gözükmektedir. Motorun hem gücü hem de torku belirgin bir şekilde artmaktadır. Bu da daha iyi bir ağırlık/güç oranı sağlar. Özgül yakıt tüketimini orta ve yüksek motor hızlarında azalmaktadır. İyileştirilmiş homojen bir karışım sağlandığından vuruş eğilimi azalmakta emisyon miktarı düşmektedir. Ayrıca turboşaj ünitesi yardımcı bir susturucu gibi görev yapar ; egzoz gazını, susturucu sistemine gitmeden düzgün ve yumuşak bir şekilde genişletir.

Normal çekişli motorda deniz seviyesinden her 1000m yukarı çıkıldığında %10 güç kaybı olmaktadır. Oysa aşırı doldurmalı bir motorda bu kayıp %1-2 civarındadır. Ancak artırılabilecek güç miktarı termal ve mekanik zorlamalardan dolayı sınırlı kalmaktadır.

- 1- Egzoz gazı ile tahrik edilen bir gaz türbini-kompresör grubu (turboşaj)
- 2- Mekanik tahrikli bir kompresör ile



Şekil 5.2 Normal ve aşırı doldurmalı motorların performans özellikleri

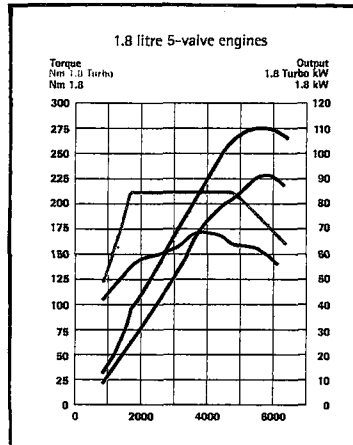
### 5.1.1-Turboşarj

Aşırı doldurma işini turboşarj ile yapmak, yakıt enerjisinin yaklaşık %30 'unu teşkil eden ve egzoz gazı olarak dış ortama atılan enerjinin büyük bir kısmının geri kazanılmasını sağlar.Bu şekilde aynı hacimdeki bir motordan yaklaşık %30 daha fazla güç alınabilir.Saab 900 SE 2.0i (133 HP) modeline turboşarj ünitesi eklenerek (900 SE 2.0i turbo (185 HP)) aynı hacimden(2 litre), aynı yakıt harcamı ile 53 HP daha fazla güç alınmaktadır.

Turboşarj işleminin güç ve tork eğrilerinde yaptığı değişim Şekil 5.3' de görülmektedir. Audi firmasının A4 otomobilinde kullandığı 1.8 litrelik motorun normal ve turbo versiyonlarının güç ve tork eğrileri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Güç 92 kW' tan 110 kW' a çıkmıştır.Daha göze batan bir değişimse tork eğrisinde meydana gelmiştir.Normalde 3800 d/d' da 170 Nm olan tork, turboşarj ile 1800-4900 d/d arasında sabit 220 Nm tork verebilmektedir.Bunun yanında Tablo 5.1' de görüldüğü üzere yaklaşık aynı yakıt tüketimi ile taşıtı daha fazla hızlandırabilmekte ve iyi ivmelendirebilmektedir.

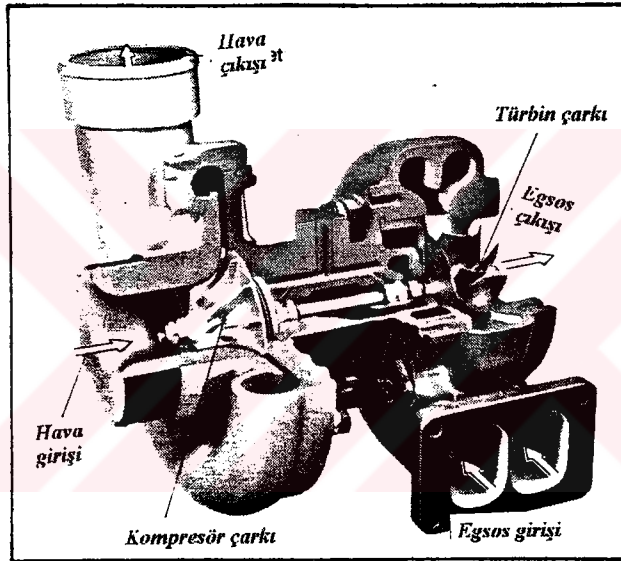
Tablo-5.1 Audi A4 1.8 litre 5- supap motorlar

	<u>1.8</u>	<u>1.8 Turbo</u>
Taşıtlı ağırlığı (kg)	1225	1235
Maksimum hız (km/h)	205	222
İvmelenme (s)		
0-80 km/h	7.0	5.8
0-100 km/h	10.5	8.3
Yakıt tüketimi (100 km/L)		
Şehir içi	10.1	9.8
90 km/h	5.8	5.8
120 km/h	7.5	7.6



Şekil 5.3 Normal ve turboşarjlı motorların performans eğrileri (Audi )

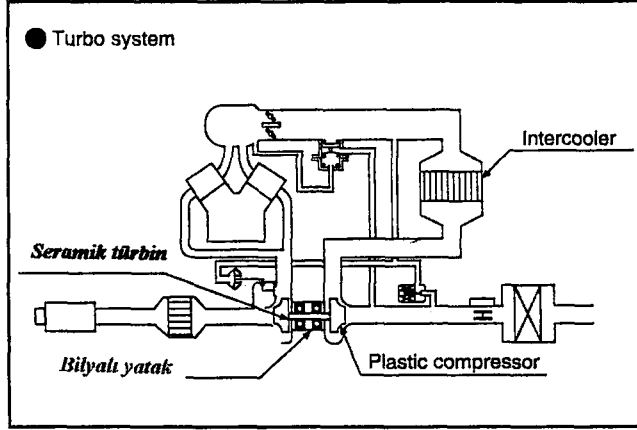
Tipik bir turboşarj ünitesi (Şekil 5.4) dört ana parçadan oluşur ; rotor, yataklama ve muhafaza, türbin ve kompresör. Rotor, aynı şaftın bir ucuna türbin tekerleği (çarkı) diğer ucunda kompresör tekerleğinin sabitlenmesiyle oluşur. Türbin tekerleği ısıya dayanıklı ostenit alaşımdan hassas döküm olarak veya seramikten imal edilir. Şaftta sıkı geçme olarak tutturulur. Kompresör tekerleği hassas alüminyum alaşımı dökümünden veya kompozit malzemedan imal edilir, rotora bir somun ile kelepçelenir. Turboşarj ünitesinin dizaynına bağlı olarak rotor 50000-100000 d/d sabit hızda döner. Rotorun boyutsal hassaslığı, yüzey işleme hassasiyeti, dengeleme ve yağlanması çok yüksek standartlarda olması gerekir.



Şekil 5.4 Bir turboşarj ünitesi

Şekil 5.5' de Nissan firmasının VQ-DET modelinde kullanılan bir turboşarj sistemi görülmektedir. Bu sistemde kompresör fiber takviyeli plastikten yapılarak alüminyuma göre %50 hafiflik sağlamıştır. Türbin ise seramikten yapılarak ısıya dayanıklı çeliğe göre %40 bir iyileşme sağlanmıştır. Türbin-kompresör şaftı bilyalı yataklanarak düşük hızlarda sürtünme %30 kadar azaltılmıştır. Bu turbonun kendini toparlama süresinin %15 azaltılmıştır.

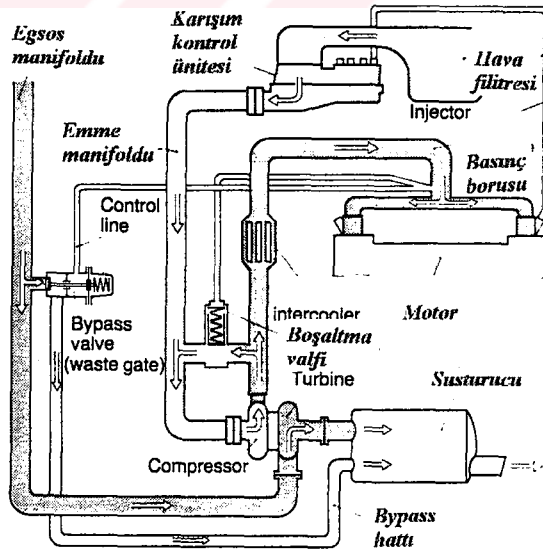
Saab firması ise otomobillerinde iki tip turboşarjör kullanmaktadır. Yüksek basınçlı turboşarjör kullanılarak motordan maksimum güç alınmasını sağlanmaktadır. Düşük basınçlı turbo(Ecopower) kullanılarak güç artışını daha geniş bir çalışma kademesine yaymaktadır. İkincisi daha yumuşak ve sessiz çalışmakta ve emisyon miktarını azaltmaktadır.



Şekil 5.5 Turbo ünitesinin yerleşim şeması (Nissan VQ-DET)

### Turboşarj sisteminin çalışması (Şekil 5.6)

Normalde motor temiz havayı hava filtresinden çeker, karışım teşkil edilir ve emme kanalından silindirlere sokulur. Turboşarj da ise ekzos gazı türbinde genişler ve susturucudan dış ortama atılır. Türbinin hareketi aynı şaftta bulunan kompresör tekerleğini döndürür, hava filtresinden çekilen hava kompresörde sıkıştırılır bu sıkıştırma esnasında havanın ısınmasıyla oluşan yoğunluğunun artması bir arasoğutucudan geçirilerek soğutulur, yoğunluğu düşürülür ve silindirlere tevzi edilir.



Şekil 5.6 Turboşarjlı bir motorun şematik diyagramı

Turboşarj ünitesinin performansının motor işletme şartlarını karşılayabilmesi için doldurma basıncının regüle edilmesi gerekir. Bu iş için egzoz manifoldu üzerine yerleştirilmiş doldurma basıncı valfi (Bypass veya waste gate) kullanılır. Bu valf, doldurma basıncı aşırı (Normalde 0.4- 0.8bar ) yükselirse bir kontrol hattı ile bu yükselişi algılar, bypass kanalını açarak egzoz gazının direk susutrucuya gitmesini sağlar ve kompresör doldurma basıncını düşürür. Ani ivmelenme durumlarında turboşarj ünitesinin motora çabuk uyum sağlayabilmesi için kompresör giriş ve çıkışı bir hat ile birleştirilmiş ve bu hat blöf valfi (blow-off) ile kontrol edilir. Blöf valfi kısmi bir vakum anında açılarak, kompresör hızını sabit tutmak için taze havayı kompresör üzerinde sirküle eder.

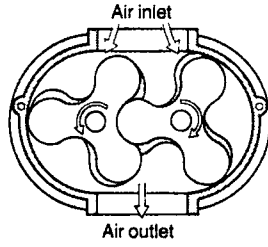
### **5.1.2-Mekanik aşırı doldurma**

Motorun mekanik (tahrikli) larak aşırı doldurması motor hareketinin bir dişli veya kayış mekanizmasıyla bir kompresörün tahrik edilmesi esasına dayanır. Motorun üretmiş olduğu gücün bir kısmını tüketmesi turboşarj ünitesine göre dezavantajını oluşturur. Kompresör olarak Roots tipi (Şekil 5.7 ) en yaygın kullanıma sahip olanıdır. Yağ pompalarında da kullanılan bir prensibe göre çalışır. İki veya üç yumruğu bir şekle sahip iki rotor oval bir muhafaza içinde eşlenik olarak dönerek emme havasını sıkıştırır. Sıkıştırılan hava yine bir arasoğutucuda geçirilerek silindirlere gönderilir.

Mercedes firmasının C sınıfında Kompresör ismiyle piyasaya sürdüğü otomobiller mekanik aşırı doldurmalıdır. Burada da temel amaç küçük motor hacminden daha fazla güç almaktır. Bir de olayın müşteri talep boyutu vardır ki o da ; bilindiği gibi taşıt vergileri motor hacimlerine göre alınmaktadır dolayısıyla aynı motor gücüne daha az vergi ödemek isteyen müşteriye hitap etmektedir.

Mercedes C sınıfı 1994 yılından itibaren eski 190 serisinin yerini almıştır. Diesel versiyonları da bulunan C sınıfı motorları 4 silindir, 16 sübap teknolojisi ile üretilmektedir. Kompresörlü aşırı doldurma C180, C200, C220, C230, C280 benzinli ve C200D, C250D diesel modellerine uygulanmaktadır. Roots tipi kompresör kullanılmaktadır. Kompresörsüz C200 modelinin 2 litrelik motorundan 136 Hp güç alınmakta iken aynı motorun kompresörlü versiyonundan 180 HP güç alınabilmektedir.

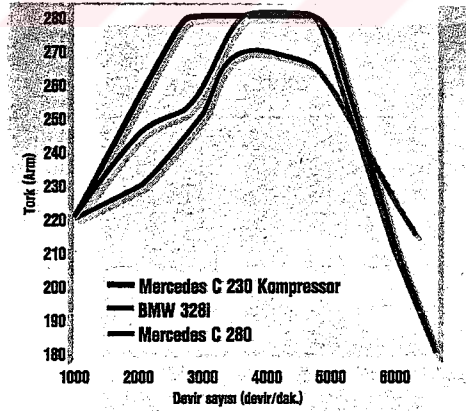
Diğer bir karşılaştırma BMW 328i ve Mercedes C 230 Kompresör motorlarında yapılabilir( Tablo-5.2 ). BMW motoru 6 silindirli, 2.8 litre ve Mercedes motoru 4 silindirli, 2.3 litre hacminde olmasına rağmen her iki motorda 193 HP gücündedir.Bu iki motor ile yine aynı (193 HP) güçte Mercedes C 280 (6-silindir, 2.8 litre) motorunun tork eğrileri Şekil 5.8' de verilmiştir.Şekilden de görüleceği gibi C 230 Kompresör motoru daha düzgün bir tork eğrisi vermekte, 2800-5000 devirleri arası sabit 280 Nm tork sağlayabilmektedir.Bu da sık sık vites değiştirme zorunluluğunu ortadan kaldırır.



Şekil 5.7 Roots tipi kompresör

Tablo 5.2 Aşırı doldurmasız ve mekanik aşırı doldurmalı motorların karşılaştırılması

	<i>BMW 328i</i>	<i>Mercedes C 230 Kompresor</i>
Silindir adedi :	V-6	4-sıra tipi
Motor hacmi :	2793 cc	2295 cc
Çap x strok :	84.0x84.0 mm	90.9x88.4 mm
Sıkıştırma oranı :	10.2:1	8.8:1
Maksimum güç :	5300 d/d'da 193 HP	5300 d/d'da 193 HP
Maksimum tork :	3950 d/d'da 280 Nm	2500 d/d'da 280 Nm
Süpap mekanizması :	üstten çift eksantrikli silindire başına 4 süpap	üstten çift eksantrikli silindire başına 4 süpap
Karışım teşkili :	elektronik benzin püskürtmeli	elektronik benzin püskürtmeli



Şekil 5.8 BMW 328i, Mercedes C 230 ve C 280' in tork eğrileri

### *Turboşarj ve mekanik aşırı doldurma sistemlerinin karşılaştırılması*

Aşırı doldurma işini turboşarj ile yapmak, yakıt enerjisinin yaklaşık %30'unu teşkil eden ve egzoz gazı olarak dış ortama atılan enerjinin büyük bir kısmının geri kazanılmasını sağlar. Mekanik tahrik edilmediği için motor gücünü düşürmez ve yakıt harcamasını artırmaz.

Turboşarj ünitesi mekanik aşırı doldurmalı sisteme göre daha kompleks bir sistem olduğu için maliyetide daha pahalıdır.

Turboşarj ünitelerinin genel bir olumsuzluğu, ani ivmelenmelerde turbo ünitesinin motor hızına uyumda gecikmesidir. Bu sebeple otomobilde çekişte bir düşüklük (turbo gecikmesi) olur, akabinde turbo ünitesinin toparlanması ile çekiş ani bir artış gösterir. Bu gecikme süresinin azaltılması rotor şaftının yataklama sürtünmesinin azaltılmasına bağlıdır. Bunun için üretici firmalar çeşitli yataklama teknikleri kullanmaktadırlar. Saab firması su soğutmalı yataklama ile bu problemi kısmi de olsa halletmiştir. Nissan firması ise türbin-kompresör şaftını bilyalı yataklayarak düşük hızlarda sürtünmeyi %30 kadar azaltılmıştır. Bu turbonun kendini toparlama süresinin %15 azaltmıştır.

Turboşarj sisteminde düşük devirlerde oluşan turbo gecikmesi mekanik aşırı doldurma sistemidende oluşmamaktadır. Kompresör sürekli hava basabildiği için motordan her devirde yüksek güç alınabilmektedir.

Turbo şarjlı bir motor (Volvo 850 T-5) ile mekanik aşırı doldurmalı bir motor (Mercedes C200 Kompresör) karşılaştırıldığında (Tablo 5.3) ise aynı hacim ile turboşarjlı motordan daha fazla güç alınabilmektedir.

**Tablo 5.3 Turboşarj ve mekanik aşırı doldurmalı motorların karşılaştırması**

	<i>Volvo 850 T-5</i>	<i>Mercedes C200 Kompresör</i>
Silindir sayısı	5-sıra tipi	4-sıra tipi
Motor hacmi	1984 cc	1998 cc
Çap x strok	81x77 mm	89.9x78.7 mm
Sıkıştırma oranı	8.4:1	8.6:1
Süpap mekanizması	DOCH 20 süpap	DOCH 16 süpap
Maksimum güç	5000 d/d 'da 210 HP	5300 d/d 'da 180 HP
Maksimum tork	2200-4900 d/d arası 300 Nm	2500-4800 d/d arası 260 Nm
Karışım teşkili	elektronik benzin püskürtmeli	elektronik benzin püskürtmeli
Taşıtlı ağırlığı	1350 kg	1410 kg
Yakıt tüketimi (100 km 'de 90km/s sb. hızla):	6.9 litre	6.2 litre

### 5.2-Süpap sayısının artırılması

Emme periyodunda silindirlere, normal sıcaklık ve normal basınç (15°C , 760 mm civa sütunu) altında girmiş olan karışım hacminin, silindir strok hacmine oranına volümetrik verim denir. Volümetrik verim ; emme ve egsos süpap kesitlerine, süpapları tertip şekline, süpapların açılma ve kapanma avanslarına, manifold kesitlerine, sıkıştırma oranına, yanma odası şekline, yanma odasında kalan artık yanma ürünleri miktarına, motorun sıcaklığına, atmosferik basınca, motor devir sayısına bağlıdır. Basit olarak formüle edilecek olursa ;

$$\eta_v = \frac{m_t}{m_o} = \frac{m_e - m_r}{m_o} \quad (5.1)$$

$m_e$  : Emme sürecinde silindire giren taze dolgu miktarı [kg]

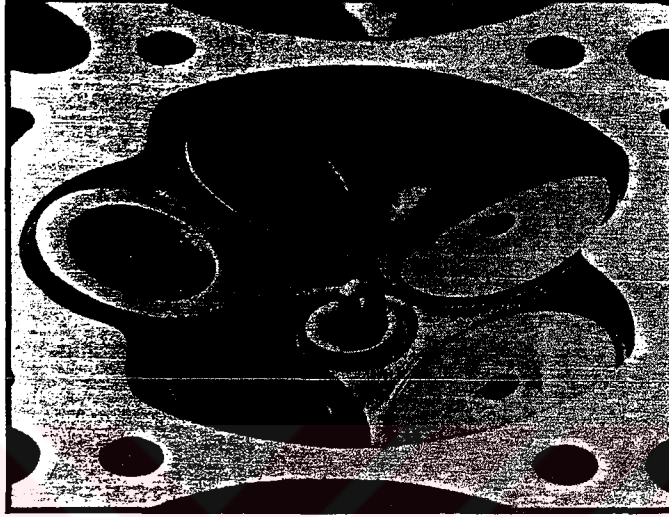
$m_o$  :  $P_o$  ,  $T_o$  şartlarında silindir strok hacmine ( $V_{II}$ ) girecek hava miktarı [kg]

$m_r$  : silindirde kalan artık yanma ürünleri kütlesi [kg]

Volümetrik verim ne kadar artırılabilirse motor gücü de o oranda artar. Volümetrik verimi dolayısıyla motor performansını artırmak için gidilen yollardan biriside süpap sayısını artırmaktır. Belirli bir silindir kafa yüzeyine süpap kesiti küçültülerek daha fazla süpap sığdırılabilir. Süpap sayısı artırılarak toplam süpap kesit alanı artırılabilir ve dolayısıyla taze dolgunun silindirlere daha rahat girmesi ve yanmış gazların silindirde daha rahat atılması sağlanabilir.

Önceleri yarış otomobillerinde kullanılan çok süpaplı sistemler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Silindir başına 2 süpaplı sistemler artık yerini silindir başına 4 süpaplı sistemlere bırakmaktadır. Silindir başına 5 süpap teknolojisi ise ilk olarak Audi firması tarafından 1995 den itibaren A4 modellerinde seri olarak piyasaya sürüldü. Süpap sayısı ile süpap başı kesitinin çarpımı olarak belirlenen süpap kesit alanı iki süpaplı motorlar için %100 alınırsa, her silindiri 4 süpaplı motorlarda bu değer emme süpabı için %130 , egsos süpabı için %170 , her silindiri 5 süpaplı motorlarda emme süpabı için %170, egsos süpabı için %182 olmaktadır. Silindir başına 6-süpaplı motorlarda ise bu kesit alanı düşmeye başlamaktadır.

4,5,6 süpaplı motorlarda süpap kesit alanını artırmak ve süpapların kolay yerleşimini sağlamak aynı zamanda hava hareketleri sağlayarak karışımın homojenleşmesini dolayısı ile yanmanın iyileşmesini sağlayan Pentroof silindir kafaları kullanılmaktadır. Pentroof silindir kafasında (Şekil 5.9), süpaplar silindir kafasına yatay ile belli bir açı yapacak şekilde yerleştirilmişlerdir.



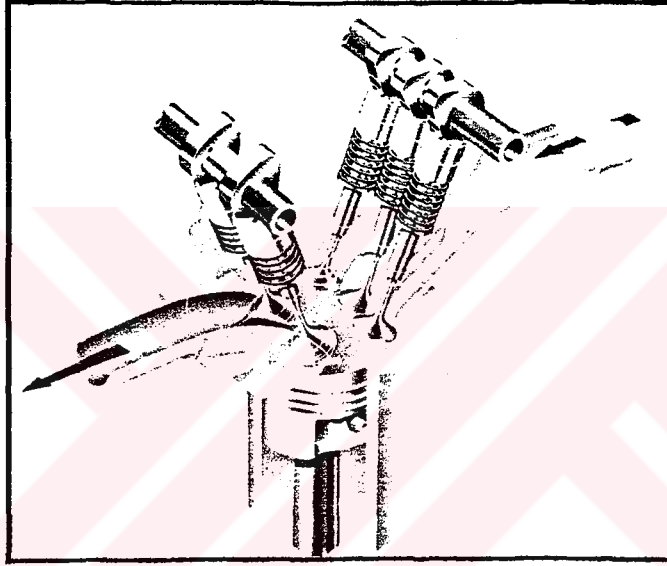
Şekil 5.9 Pentroof silindir kafası (Audi)

Her bir silindiri 4 supaplı motorlarda 2 emme, 2 egsoş supabı bulunmaktadır. Yukardaki oranlara bakıldığında 4 küçük supap 2 geniş supaba oranla silindire dolgu değişimi için daha büyük bir kesit alanı sağlar. Böylelikle volümetrik verim artırılır. Daha az süperpozisyon oluşturacağından emisyon miktarını azaltır. 2 supap yerine dört supap kullanımı supap başına düşecek basıncı düşüreceğinden sağlamlık ve kullanım güvenliği sağlar. Silindir başına 4 supaplı motorlarda supap mekanizmasının tahriki ve yataklanması silindir başına 2 supaplı motorlara göre iki kat daha fazla parça ile gerçekleştirilir. Bu sebepten yağ pompası kapasiteside 2 supaplı motorlara göre 1.5 kat daha fazladır. Dört supabın silindir kafasının çevresine sıralanmasıyla ortada kalan boş alan da bujinin merkezi olarak yerleştirilmesini sağlar ( Şekil 5.9 ).

Her bir silindiri 5 supaplı motorların yarış otolarının haricinde bir otomobile seri olarak uygulanması ise Audi firmasının A4 modeli ile gerçekleşti. Bu on yıllık ciddi bir araştırma-geliştirme çalışması ile gerçekleşti. Aynı firma 5-supap teknolojisini daha önce 1986 da Audi 200 Turbo modeline uygulamış ve tatmin edici sonuçlar almıştı. 2.2 litrelik bu motor 478 kW güç üretebiliyordu ve 1000 km' yi 326.4 km/h ortalama hız ile tamamlayarak rekor kırmıştı. Bu çalışma ile, 5-supap teknolojisinin 2 ve 4 supap teknolojisine göre yakıt tüketimi, egsoş emisyonu, tork, güç bakımından daha iyi sonuçlar

verdiğinin açığa çıkması 1991 yılında bu teknolojinin seri üretime geçirilmesine karar verildi. Macaristan'da 1992 yılında kurulan fabrikadan 5-supaplı, seri üretim ilk motor Temmuz 1994' de piyasaya sürüldü.

20 supaplı, 1.8 L -doğal emişli A4 motoru 92 kW güç verebilmektedir. Sistem üç emme ve iki egzos supabı kullanmakta, buji ise merkezi olarak yerleştirilmektedir. Bu şekilde alev boyu kısaltılarak hızlı ve efektif bir yanma sağlanmaktadır. Vuruntu riski azaltılmış ve böylelikle sıkıştırma oranı artırılarak (10.3:1) yakıtın bünyesindeki enerjiden maksimum şekilde faydalanmak mümkün olmuştur. Supaplar, hareketini krank milinden dişli kayışla alan, üstten iki kam mili ile tahrik edilmektedir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Audi A4 5 her silindiri supaplı motorun supap yerleşimi

### 5.3-Değişken kam profilli motorlar

Emme ve egzos supapları kam milleri tarafından tahrik edilirler. Kam mili, krank milinden hareket alarak silindirde dört zamanın sırası ile oluşmasını sağlar. Kam mili üzerinde herbir supap için ayrı bir kam profili mevcuttur. Bu kam profilleri sabittir ve daha önceden hesaplanmış zamanlarda ait olduğu supabı hareketlendirir. Örneğin emme supabı egzos periyodunda, piston üst ölü nokta (Ü.Ö.N) ya gelmeden belirli bir krank mili açısı ( $^{\circ}$ KMA) önce açılır, sıkıştırma periyodunda da piston alt ölü nokta (A.Ö.N) dan belirli bir  $^{\circ}$ KMA sonra kapanır. Egzos supabı ise genişleme periyodunda, piston A.Ö.N ya gelmeden belirli bir  $^{\circ}$ KMA önce açılır, emme periyodunda Ü.Ö.N dan belirli bir  $^{\circ}$ KMA sonra kapanır. Bu açı değerleri motor yüksek devirde de, alçak devirde de çalışırken aynı kalmaktadır. Motorun devri arttığında bu değerler yeterli olmamakta volümetrik verim

düşmektedir. Bu da motorun torkunu belirli bir devirden sonra düşmesine sebep olmaktadır.

Değişken kam profilli motorlarda aynı supapları kontrol eden iki tane kam mili vardır. Bunlar; düşük devir kam mili ve yüksek devir kam milidir. Motor düşük devir devirde çalışırken supapları düşük devir kam mili tahrik etmekte, yüksek hızlarda ise yüksek devir kam mili tahrik etmektedir.

Değişken kam milli motorlara bir örnek olarak Mitsubishi firmasının MIVEC-MD ( Tablo 5.4 ) sistemidir. Bu sistemde emme ve egzos supapları için iki farklı kam profili mevcuttur; düşük hız kam profili ve yüksek hız kam profili. Bu iki kam profili, motor hızına göre motor kontrol bilgisayarı tarafından hidrolik olarak aktif veya pasif duruma getirilir. Düşük motor devrinde emme supapı açılma avansı Ü.Ö.N'dan 15 °KMA önce iken yüksek devirde yüksek kam profili tarafından bu değer 37.5 °KMA çıkarılır. Böylelikle düşük motor devrinde 236 °KMA (15+180+41) olan emme süreci yüksek motor devrinde 300 °KMA (37.5+180+82.5)' na çıkmaktadır. Böylelikle volümetrik verim artırılmaktadır. Aynı şekilde düşük motor hızında 236 °KMA (41+180+15) olan egzos süreci de 292.5 °KMA (75+180+37.5) 'na yükseltilmektedir. Bunun sonucu olarakta silindirde bulunan egzos gazları silindirden daha yüksek bir oranda atılmaktadır.

**Tablo 5.4 MIVEC-MD ve Konvansiyonel 6A12 motorlarının karşılaştırılması**

	<i>MIVEC-MD 6A12</i>	<i>Konvansiyonel 6A12</i>	
Motor tipi		60° V6	
Çap x strok (mm)		78.4 x 60	
Hacim (cc)		1998	
Maksimum güç (kW & d/d)	149 & 7500	127 & 7000	
Maksimum tork (Nm & d/d)	200 & 6000	186 & 4000	
Yakıt sistemi	Elektronik, sıralı benzin püskürtme		
Supap mekanizması	DOCH, silindir başına 4 supap		
Supap zamanlaması ve stroku	MIVEC değişken	sabit	
	Düşük-hızda	Yüksek hızda	
Emme açılması(° Ü.Ö.N'dan önce)	15	37.5	11
Emme kapanması(° A.Ö.N'dan sonra)	41	82.5	53
Egsoz açılması(° A.Ö.N'dan önce)	41	75	53
Egsoz kapanması(° Ü.Ö.N'dan sonra)	15	30	15
Supap stroku			
Emme (mm)	6.8	10	9.0
Egsoz (mm)	6.8	9.0	8.5

### *Sonuçlar*

Birinci bölümde taşıt tasarımında yakıt tasarrufuna yönelik olarak aerodinamik yapı, hafif malzemelerin kullanımı ve yuvarlanma direncinde sağlanan gelişmelere değinilmiştir.

Bilindiği gibi bir taşıta hareket kazandırabilmek için hareketi engelleyen dirençlerin (Hava direnci, yuvarlanma direnci, yokuş direnci, ivme direnci, yokuş ve çeki direnci) yenilmesi gerekir. Dolayısı ile bu dirençler ne kadar azaltılabilirse taşıtı tahrik etmek için harcanan enerjide o oranda azaltılabilir ve yakıt tasarrufu sağlanır. Bu dirençlerden genelde azaltılabilecek olanlar hava ve yuvarlanma direncidir.

Hava direncini azaltmak için taşıtın aerodinamik bir yapıya sahip olması gerekir. Taşıtta aerodinamik yapıyı hava direnç katsayısı (Cd) belirler. Otomobil üreticileri bu katsayıyı düşürebilmek için otomobillerini daha yuvarlak hatlarda yapmaktadırlar. Daha önceleri pek yaygın olmayan şekilde bu katsayı artık taşıtın temel özellikleri arasında verilmektedir. Yapılan gelişmeler sonucu bu sayı 0.30 değerinin altına çekilmiştir. Bundan sonrada bu değerin çok fazla aşağıya çekilmesi mümkün gözükmemektedir.

Yuvarlanma direncinin azaltılmasına yönelik çalışmalar iki yoldan yapılmaktadır. Birincisi taşıt ağırlığının azaltılmasıdır. Bunun için daha düşük yoğunluktaki malzemelerin kullanımına geçilmektedir. Demir ve çelik malzemeler yerine alüminyum ve magnezyum alaşımları hatta plastik malzemeler kullanımına ağırlık verilmektedir. Bu eğilimin malzeme teknolojisine paralel olarak gelişim imkanları mevcuttur.

Yuvarlanma direncinin azaltılmasına yönelik diğer çalışma ise otomobil lastiği üreticileri tarafından daha düşük yuvarlanma direnci katsayısına sahip lastikler yapılmasına yönelik olarak devam etmektedir.

İkinci bölümde incelenen emisyonların azaltılmasına yönelik değişik güç kaynaklarının kullanılmasına yönelik olarak kısa vadede doğal gaz kullanan taşıtlar ve elektrik tahrikli sistemler uzun vadede ise hibrit ve hidrojen kullanan taşıtlar gelecek vedetmektedir. Otto ve diesel motorlarında yapılan iyileştirmelerle yanma daha verimli gerçekleştirilerek te emisyon miktarları büyük oranda azaltılabilmektedir. Emisyon miktarını en etkin olarak azaltan katalitik konvertörler ise artık diesel motorlarına da uygulanabilmektedir.

Güvenlik sistemlerindedeki incelenen ABS fren sistemleri, özellikle kaygan zeminlerde frenlemeyi en etkin şekilde yaparak aracı muhtemel kazalardan korumaktadır. Pasif güvenlik sistemleri ise kaza anında sürücü ve yolcuları

korumaktadır.Bunların içinde hava yastığının yaygınlaşması ile birlikte emniyet kemerleri hala en etkin korumayı gerçekleştirmektedir.

Süspansiyon sistemlerinde son yıllarda yapı olarak değişmemekle birlikte elektronik kontrollü süspansiyon sistemleri yaygınlaşmaktadır.Taşıt tasarımında ise ergonomik dizaynlar sayesinde sürücü ve yolcular özellikle uzun yollarda en az yorulularak daha fazla mesafe katedebilmektedirler.

Motor performansındaki artış son yıllarda büyük gelişme kaydetmiştir. önceleri yarış otolarında kullanılan aşırı doldurma ve çok supaplı motorlar daha küçük motor hacimlerinden daha fazla güç alınabilmesine imkan vermiştir.



## KAYNAKLAR

- 1-Automotive Engineering, January 1993
- 2-Automotive Engineering, February 1993
- 3-Automotive Engineering, May 1993
- 4-Automotive Engineering, July 1993
- 5-Automotive Engineering, September 1993
- 6-Automotive Engineering, January 1994
- 7-Automotive Engineering, March 1994
- 8-Automotive Engineering, June 1994
- 9-Automotive Engineering, August 1994
- 10-Automotive Engineering, September 1994
- 11-Automotive Engineering, October 1994
- 12-Automotive Engineering, December 1994
- 13-Automotive Engineering, January 1995
- 14-Automotive Engineering, March 1995
- 15-Automotive Engineering, April 1995
- 16-Automotive Engineering, May 1995
- 17-Automotive Engineering, June 1995
- 18-Automotive Engineering, August 1995
- 19-Automotive Engineering, September 1995
- 20-Automotive Engineering, October 1995
- 21-Automotive Engineering, November 1995
- 22-Automotive Engineering, December 1995
- 23-Auto Show, Sayı 51, Aralık 1995
- 24-Auto Show, Sayı 52, Aralık 1995
- 25-Bali, E., 1994, Motorların Neden Olduğu Hava Kirleticileri, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- 26-Bosch, 1994 Handbook
- 27-Deniz O. 1990-1991 Yakıtlar Ders Notları
- 28-Durak R., 1990-1991 Motorlar Ders Notları
- 29-Gersher, H., Technology for the Automotive Trade, Volume 2, Verlag Europa-Lehrmittel Nourney, Vollmer GmbH & Co., Haan, Federal Republic of Germany, 1980
- 30-Göktan A., Taşıt Tasarımı Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, 1992
- 31-Ferguson R., Internal Combustion Engines, Purdue University, 1985
- 32-Yavaşlıoğlu İ., İçten Yanmalı Motorlar, Eğitim yayınları A.Ş., Merter, İstanbul 1988

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Murat AHLATÇI  
Doğum Tarihi : 13-2-1971  
Doğum Yeri : Çorum  
Mezun Olduğu Lise : Avcılar Endüstri Meslek Lisesi -Elektronik Bölümü  
Mezun Olduğu Üniversite : Yıldız Teknik Üniversitesi  
Ana Bilim Dalı : Makina Mühendisliği  
Programı : Enerji