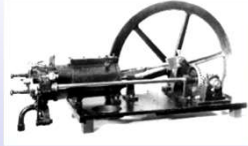


## İçten Yanmalı Motorların Tarihsel Gelişimi



Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

## Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi

1673 : Huygens (Hollanda'lı) ilk pistonlu içten yanmalı motor olarak kabul edilen barutlu pistonlu motoru yaptı.

1700'ler: Buhar makinaları, motorları

1848: İlk modern petrol kuyusu Bakü'de Rus mühendis F. N. Semyenov tarafından açıldı.

1858: İlk ticari petrol kuyusu Kanada'da açıldı.

2

## Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

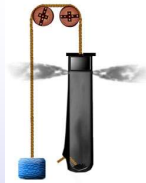
1854: Padre Eugene Barsanti ve Felix Matteucci (İtalyan) "Gazların patlaması ile Hareket Gücü" adlı buluşlarının patentini Londra'da aldılar (O dönemde İtalya'da yasaların yeterince patent koruma garantisini yoktu). Prototip 1856'da tamamlandı. Barsanti ve Matteucci'nin motoru iki silindireli, vakum prensipli ve serbest pistonlu idi.

1860: J. J. E. Lenoir (Belçika'lı) ilk içten yanmalı motoru yaptı ( $\eta = 5\%$ ).

1862: Beau de Rochas (Fransız), pistonlu içten yanmalı motorun ekonomik çalışmasını sağlayan prensipleri açıkladı.

1867: Otto-Langen motoru ( $\eta = 11\%$ , 90 1/min maks.) geliştirildi.

## Huygens'in iki-stroklı barutlu motoru



Christiaan Huygens, 1666 yılında barutun patlatılmasıyla pistonu yukarıya itmeyi planladı. Piston en alt konumunda iken barut ateşlenir.

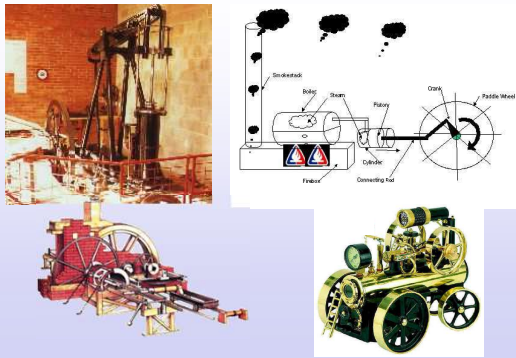
Artan sıcaklık ve basıncın etkisi ile piston yukarıya itilir.

ÜÖN'ya gelindiğinde, silindirdeki gazlar üst kısımdaki valflerden dışarıya çıkar ve soğumanın etkisiyle oluşan vakum, valflerin kapanarak pistonun atmosferik basıncın etkisi ile aşağıya inmesini sağlar.

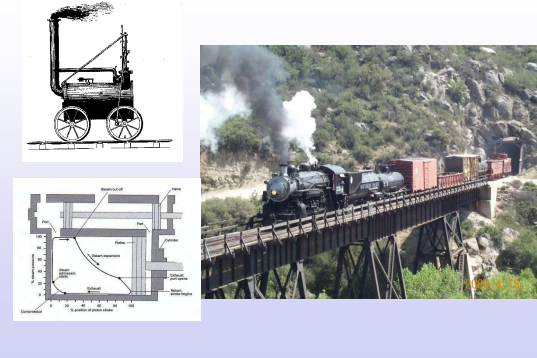


Christiaan Huygens 1629 – 1695  
Hollanda'lı matematikçi ve fizikçi

## Buhar gücü: 1700...



## Ulaşım- demiryolu



## Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

1858: Kanada'daki ilk ticari petrol işletmesi



## (Jean-Joseph-) Étienne Lenoir

(12 Ocak 1822 - 4 Ağustos 1900)

Dünyanın ilk başarılı içten yanmalı motorunu yapan Belçikalı mucit.

Paris'e taşındı ve elektro kaplama çalışmaları onun demiryolu telgrafı gibi elektrikle ilgili başka buluşlar yapmasını da sağladı.

İlk motorunun patentini 1860 yılında aldı.

Bu motorlardan biri 1865 yılında bir karayolu taşıtını, diğeri de bir botu güçlendirdi.

Motorlarından 500 tane kadar üretildi, ancak verimsiz olduklarından Otto'nun ve diğer mucitlerin geliştirilmiş tasarımlarıyla rekabet edemedi.

Lenoir bu yüzden yoksulluk içerisinde öldü.



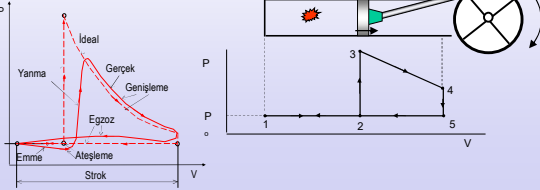
## İki-stroklı Lenoir motoru

İşlem 1-2: Yakıt hava karışımı atmosferik basınçta silindire alınır.  
İşlem 2-3: Stroğun yarısında emme supabı kapanır ve pistonun ağır olması nedeniyle yanma sabit hacimde gerçekleşerek yüksek basınçta ürünler oluşur

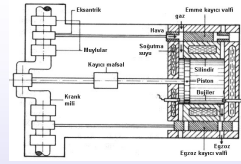
İşlem 3-4: Ürünler genişler iş üretir.

İşlem 4-5: Birinci stroğun sonunda egzoz supabı açılır ve gazlar dışarı çıkar.

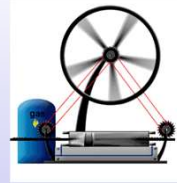
İşlem 5-1: Egzoz stroğu



## İki-stroklı Lenoir motoru...

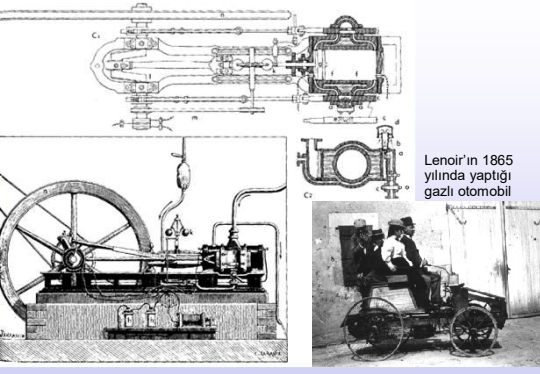


Lenoir gaz motoru



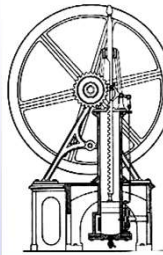
10

## İki-stroklı Lenoir motoru...



Lenoir'ın 1865 yılında yaptığı gazlı otomobil

## Barsanti ve Matteucci motoru



Piston silindirin tabanına indiğinde, yanma ürünleri baypas kanalından pistonun üst kısmına geçer.

Silindirin üst kısmı atmosfere açılır. Böylece, yanma ürünleri pistonun aşağıya iniş sırasında silindire dolmuş olan taze hava ile karışır.

Patent başvurusu, iki silindir gereğini belirtiyordu.

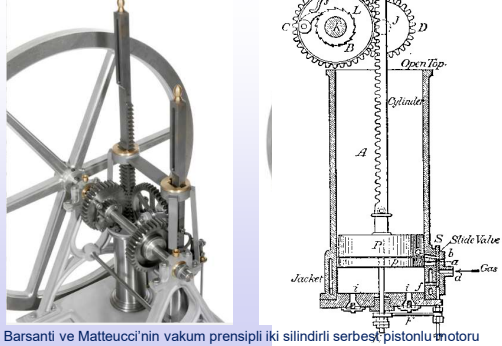
Böylece, ikinci pistonun dönüşü sırasında, birinci pistonun yukarı hareketi başlar ve hava egzoz için kullanılan geçiş yolundan içeriye emilir.

Silindirin sağ tarafındaki üçüncü delik, hidrojenin silindire akmasını sağlamak içindir.

Sağ taraftaki valf mekanizmasının hareketi, valf kapandığında gazları ateşleyen geçici bir kıvılcım üretir.

Barsanti ve Matteucci'nin vakum prensipli serbest pistonlu motoru

### Barsanti ve Matteucci motoru...



Barsanti ve Matteucci'nin vakum prensipli iki silindri serbest pistonlu motoru

### Otto ve Langen'in motoru

Piston (~50 kg) kendi ağırlığı ile düşerken gaz-hava karışımı sıkıştırılır.

Pistonu alt konumundan biraz yükseltmek ve taze dolguyu içeriye almak için volanın ataletinden yararlanılmaktadır.

Yaklaşık 30°'lik dişli dönüşünden sonra, bir eksantrik tarafından hareket ettirilen valf, alev ve yanma odası arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır.

Alev, silindire girerek sıkıştırılmış karışımı ateşler ve pistonu yukarıya iter (iş stroğu). Yanma başladıktan sonra bağlantı kapanır.

Kömür gazı kullanıldı.

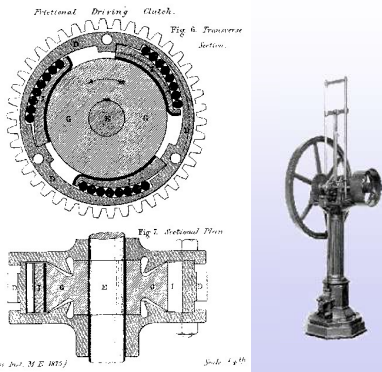
Atmosferik gaz makinesi de denen, su pompalamada kullanılan bu türdeki ilk motorun yüksekliği 2 metre kadardı ve 0,7 kW güç üretti.

Bu motorlar yıllar sonra yaklaşık % 9 ısı verimle 2,2 kW'lık maksimum güç sınırına kadar ulaştı.

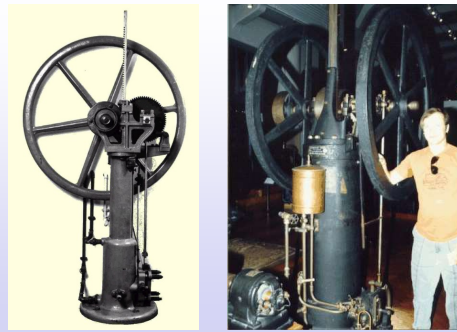


### Otto ve Langen'in motoru...

Tek yönlü sürtünmeli kavrama



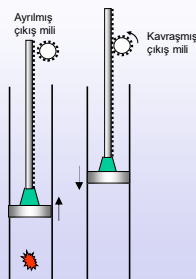
### Otto ve Langen'in motoru...



Otto ve Langen'in 1867 Paris Sergisindeki serbest pistonlu atmosferik gaz motoru

### Otto ve Langen'in motoru...

- 1-2 işlemi: Hava yakıt karışımı atmosferik basınçta silindire alınır.
- 2-3 işlemi: Stroğun erken bir aşamasında emme valfi kapanır ve pistonun aşırılığında dolayı yanma sabit hacimde gerçekleşir ve yüksek basınçlı yanma ürünleri açığa çıkar.
- 3-4 işlemi: Ürünler genişleyerek serbest pistonu itmelendirir ve silindirde vakum oluşur.
- 4-5 işlemi: Atmosferik basınç pistonu geri iter, piston kramayeri kavrama ile çıkış miline irtibatlandırılır.
- 5-1 işlemi: Valf açılır ve gazlar dışarı atılır.



### Beau de Rochas'ın prensipleri

Beau de Rochas<sup>1</sup>, pistonlu içten yanmalı motorun ekonomik çalışması için önerdiği dört temel prensip:

1. Silindir için en küçük yüzey/hacim oranı
2. Mümkün olan en hızlı genişleme
3. Mümkün olan en fazla genişleme
4. Genişleme başlangıcında mümkün olan en yüksek basınç



İlk iki koşul, ısı kaybını en aza indirmek ve yanma ürünlerindeki ısının yararlanılabilirliğini korumak için düzenlenmiştir. Üçüncü koşul, gazların olabildiğince genişlemesidir ve bu yolla, genişlemeden maksimum iş elde edilir. Dördüncü koşul, verilen bir sıkıştırma oranı için yüksek giriş basınçlarının, çevrim boyunca yüksek basınçlar oluşturma etkisini hatırlatır ve bu da yüksek genişleme oranlarına olanak sağlar ki, her ikisi de daha çok iş demektir.

Bu prensipler bugün de geçerli olmalarına karşın, gerçek motor tasarımlarında, ekonomi açısından yararlı olacak biçimde değiştirilmiştir.

<sup>1</sup>) Alphonse-Eugène Beau de Rochas (Fransız mühendis, 1815–1893)

### Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

1873: Brayton, sabit basınçta yanma ve tam genişleme gibi benzersiz özellikleri olan bir motor geliştirdi.

1876: N.A. Otto dört stroklu içten yanmalı motoru geliştirdi ilk pratik içten yanmalı motor

Güç: 1,5 kW; Ağırlık: 567 kg

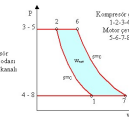
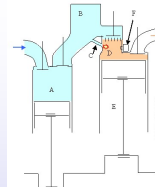
Sıkıştırma oranı: 4 (vuruntu sınırlı), verim: % 14 (teorik % 38), devir: maks. 160 1/min).

1879: Clerk iki stroklu motor yaparak patentini aldı.

1885: Karl Benz (Carl Benz) ilk pratik otomobili yaptı.

1885: Atkinson, daha fazla genişleme ve egzoz için, emme ve sıkıştırma kursu kısa, genişleme ve egzoz kursları daha uzun olan bir motor yaptı.

### Brayton Motoru - 1873



İki silindirden biri hava ya da yanıcı karışımı sıkıştırmak için kullanılırken, diğeri iş silindiri olarak kullanılıyordu. İş silindiri, atmosferik basınca kadar tam genişlemeyi sağlayacak kadar genişti.

Kompresör, karışımı bir karışım odasına gönderiyor ve buradan motora akarken ateşlenen karışımın yanması sabit basınçta gerçekleşiyordu.

Karışımı tutuşturan alev, karışım baypasından besleniyor ve alevin geriye yayılması, alev önleyici bir hat tarafından önleniyordu.

Bu motor, oldukça çok sayıda üretilmiş olmasına rağmen, yüksek ısı ve mekanik kayıpları nedeniyle, Otto'nun motoru ile yarışamamış, otto motorlarının U.S.A.'da piyasaya sürülmesi ile de Beau de Rochas'ın çevrim prensibine yenik düşmüştür. Ancak, çevrim bugünkü modern gaz türbinlerinin ideal çevrimi olarak kullanılmaktadır.

20

### Nikolaus August Otto

(Holzhausen 1832 – Köln 1891)

Alman mühendis ve tüccar. Yüksek öğrenim görmemiş olmasına rağmen, genç yaşta makine tasarımına yönelmiştir.

1864 yılında, Eugen Langen ile birlikte, Lenoir (lönuar)'ın sıkıştırmasız motorundan çok daha verimli bir sıcak hava motoru geliştirmiş ve ayrıca dünyanın ilk içten yanmalı motor firmasını, bugünkü DEUTZ AG, Köln'ü kurmuşlardır.



### Nikolaus August Otto...

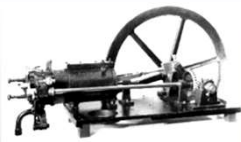
En önemli başarısı, 1876 yılında, sıkıştırılmalı, dört zamanlı, pistonlu içten yanmalı ilk motoru piyasaya sürmesidir. Bu motor, günümüz için yanmalı motorlarının öncüsü sayılmaktadır.

Başlangıçta küçük işler için ekonomik güç sağlamayı amaçlamıştı.

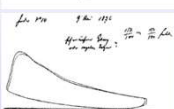
Yüksek-sıkıştırma oranlı dört stroklu motor, her türdeki yakıt ve uygulamalar için gelişmeye açık teknik bir buluş olmuştur.



### Otto'nun dört zamanlı motoru

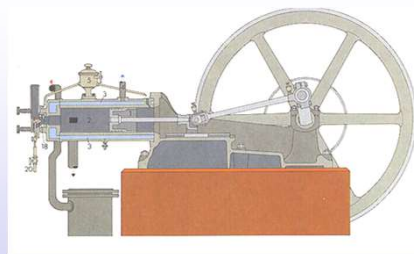


1876



İndikatör diyagramı: 9 Mayıs 1876

### Otto'nun dört zamanlı motoru



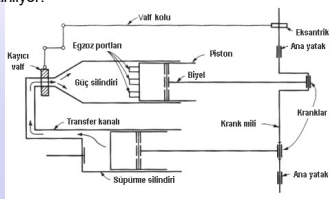
"Sessiz" Otto motoru

### Clerk'in iki stroklu motoru - 1879

- Biri şarj pompası silindiri, diğeri de güç silindiri olmak üzere iki silindir kullanılmıştır.
- Süpürme pistonunun krank mıylusu, güç pistonunkinden 90° öndedir.
- Süpürme silindirinden güç silindirine geçiş, bir transfer kanalından ve kayıcı bir valf kontrolüyle sağlanıyor.
- Egzoz işlemi, piston tarafından kontrol edilen portlardan gerçekleştiriliyor.



Sir Joseph Clerk

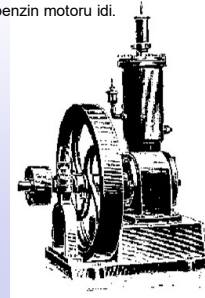


### Joseph Day'in iki stroklu motoru - 1889

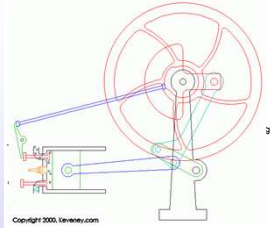
- Day, Clerk'in süpürme silindirinin işini, yalıtılmış karterden süpürme işlemi ile değiştirerek, günümüzde kullanılmakta olan motor biçimini elde etmiştir.
- Day'ın yaptığı motor benzin motoru idi.



Joseph Day



### Atkinson motoru - 1885



Pistona arzu edilen hareketi verebilmek için, krankın (AB) yanı sıra, bağlantı kolu (BCD), salımlım yapan bir ara kol (CF) ve biyel (DE) gerektirir. Bu ise biraz daha kısa bir kurs için oldukça karmaşık bir mekanizma demektir. Bu motor, brayton motorunun iki silindire başarabildiği tam genişlemeyi bir silindirle elde etmiştir. Sabit hacimdeki yanma, onu teorik olarak en verimli pistonlu motor yapmıştır. Bu çevrimin ilgi çekici bir özelliği de, emme supapları çok erken açılıp çok geç kapanan günümüz motorlarına yaklaştığı olmasıdır.

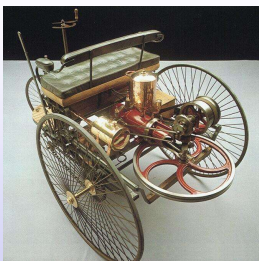
### Karl Benz (Carl Benz)

Alman mühendis ve mucit **Karl Benz**, 1886 yılında bugünün otomobillerinin öncüsü sayılan üç tekerleklinin patentini aldı. Aracın 984cm<sup>3</sup> lük tek silindire bir motoru vardı, 0,67 kW güç geliştirerek, 15 km/h hız yapabiliyor ve Benz & Co. tarafından Mannheim, Almanya'da üretiliyordu.



### Karl Benz...

Karl Benz'in 1885 yılında yaptığı ilk otomobil



### Gottlieb Daimler



1834-1900

Otto'nun asistanı **Gottlieb Daimler**, 1885 yılında ahşap gövdeli ilk motosikleti üretti. Motoru Otto tarafından geliştirilen motosikletin iki adet stabilizasyon tekerleği vardı.



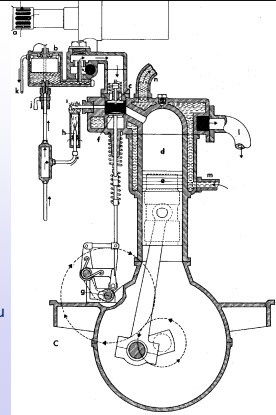
### Gottlieb Daimler...

**Gottlieb Daimler**, 1886 yılında atsız fayton benzeri ilk otomobilini üretti. Aracın 469 cm<sup>3</sup> lük dört zamanlı motoru 1,12 kW güç geliştiriyor ve 16 km/h hız yapabiliyordu.



### Gottlieb Daimler...

Otto motorunun derli toplu ve yüksek hızlı (900 1/min) bir versiyonu. Bu motor **benzinle** çalışıyordu (o zaman çoğunlukla temizleme sıvısı olarak kullanılıyor ve eczacılarda satılıyordu). Daimler kızgın tüp ateşlemeyi de icat etti.



Daimler motoru

### Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

1892: Rudolf Diesel ilk motorunu icat etti.

1897: Ön karışimsız dolgu motor (diesel) yapıldı.

Dieselerde yüksek verimin sebepleri:

- Yüksek sıkıştırma oranı (vuruntu problemi yok)
- Kısmı kaybı yok - güç kontrolü için hava/yakıt oranı kontrol ediliyor.

1901: Charles M. Manly, hafif bir radyal motor geliştirdi.

1903: Orville ve Wilbur Wright kardeşler Taylor'un dört silindiri hafif motoruyla, motorla güçlendirilmiş ilk uçuşu yaptı.



### Rudolf Diesel (1858 – Paris, 1913)



Alman mühendis ve sanayici.

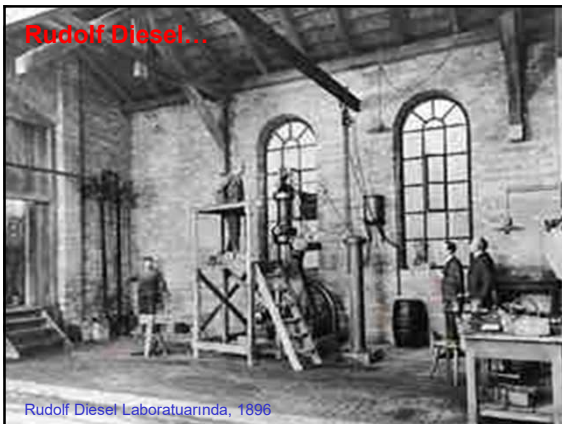
Münih Politeknik Okulu'nda öğrenim görmüş, mezuniyetinde buzdolabı mühendisi olarak göreve başlamıştır. Ancak asıl sevdası motor tasarımı idi.

1893 yılında, "Rasyonel Bir Termik Motorun Kuramı ve Yapımı" adlı bir bilimsel çalışma yayınlamış, 1894 yılında "diesel motoru" adıyla yeni buluşu için patent başvurusunda bulundu.

1897 yılında, günümüzün modern sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarının öncüsü sayılan motorunu gerçekleştirmiştir.

Buluşunun yeni uygulama alanlarını incelemek üzere İngiltere'ye giderken, 29 Eylül 1913'te, vapurda kaybolmuş, denize düştüğü sonucuna varılmıştır.

### Rudolf Diesel...



Rudolf Diesel Laboratuvarında, 1896

### İlk diesel motoru



### Rudolf Diesel'in "rasyonel ısı motoru"

Teknik termodinamik teorisi diesel motorun geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır.

Diesel halen var olan teorik bir çerçeve içerisinde çalışıyordu.

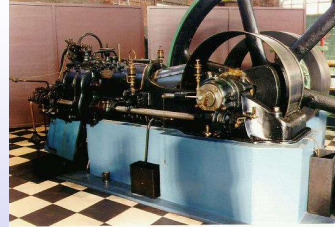
Diesel, 2. Kanun ve **carnot** işlemlerinin maksimum verimi üzerinde çalışırken, mevcut motorları tamamen teorik düşüncelerle geliştirmeye niyetlendi.

Böylece Diesel, güçlü adyabatik sıkıştırmanın ardından saf havanın **sıcaklığını yükseltmeyi** önerdi.

Bu yüksek sıcaklıkta piston aşağıya harekete başladığında tam belirlenmiş miktarda ve zamanda yakıt verilerek, genişlemeye bağımlı sıcaklık azalması karşılanacaktı.

Sonuç olarak, genişleme fazında yakıtla sağlanan tüm enerji mekanik işe dönüştürülecek, "silindir yüzeylerinin yapay soğutulmasına" kaybedilmeyecekti.

### Diesel motoru



1926 yapımı, 18,7 kW'lık bir diesel motoru

### Otto ve diesel motoru arasındaki temel farklılıklar

- Karışımın oluşturulması
- Sıkıştırma oranları
- Yanıcı karışımın ateşlenmesi

### Diesel teknolojisi

Diesel motorları karakteristik olarak önce sert çalışmanın fazla önemsenmediği büyük ticari taşıtlarda kullanıldı.

Daimler-Benz tarafından üretilen diesel motorlu ilk kamyonlar **1923-1924'te** Berlin Fuarında görüldü.

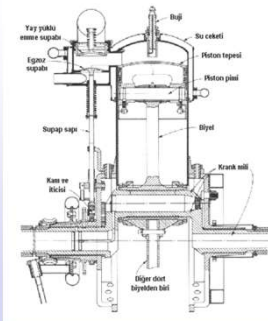
**1927 yılında Robert Bosch**, hazır enjeksiyon pompaları, governörler ve enjektör standartlarını kurdu. Orijinal Diesel firması taşıt uygulamalarının peşindeyken, ilk versiyonları daha önce Benz ve MAN tarafından üretilmişti.

1936 yılında Daimler-Benz tarafından ilk pratik diesel binek otomobili (260D) üretildi.

**Bugün:** Diesel motorları kamyon ve gemilerde yaygın olarak kullanılmakta, yakıt fiyatı yüksek olan ülkelerde, binek otomobillerinde de yaygınlaşmaktadır.  
**Çevre açısından:** Partikül (is) ve NO<sub>x</sub> emisyonları yüksektir.

40

### Manly'nin radyal motoru - 1901

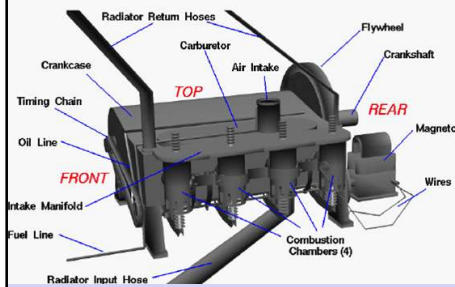


Su ile soğutmalı, 5 silindire ve yaklaşık 83,5 kg ağırlığındaki bu motor, günümüz radyal uçak motorlarının öncüsü sayıldı.

Sürekli 10 saatlik bir çalışma sırasında 950 1/min'de 40 kW (53 HP) güç geliştirmişti ve bu o zamanlar için fevkalade bir performanstı.

### Charles Taylor'un motoru - 1903

Taylor'un dört silindireli hafif motoru Wright Kardeşlerin ilk uçuşuna güç verdi. Alüminyum gövdeli, su soğutmalı motor yaklaşık 80 kg'dı ve 1,025 1/min'de 12 HP güç ürettiyordu .



Charles E. Taylor,  
1868-1956

### Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

1923: Benzinde kurşun tetra etil kullanımı – vuruntu önleyici katık  
 – Otto-tipi motorlarda yüksek sıkıştırma oranına olanak sağladı.  
 1952: A. J. Haagen-Smit  
 –  $\text{NO} + \text{UHC} + \text{O}_2 + \text{güneş ışığı} \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_3$   
 (egzozdan) (kahverengi) (tahrip edici)  
 1957: Wankel motoru yapıldı.  
 1960'lar: Emisyon kısıtlamaları başladı.  
 – Başlangıç durma aralığı ölçüleri – fakir karışım, EGR, rötarlı ateşleme  
 – Düşük performans ve yakıt ekonomisi  
 1973 ve sonrasındaki enerji krizleri

### Otomotiv motorlarının tarihi ve gelişmesi...

- 1975: Katalitik konvertörler, kurşunsuz benzin
  - ✓ Benzinde daha fazla "aromatikler" (ör. benzen) – yüksek oktan fakat kanserojen, is üretir.
- 1980'ler: Motorlarda mikro bilgisayar kontrolleri
  - ✓ En iyi emisyonlar, verim, ... için biçimlendirme operasyonu
- 1990'lar: Yeni formül benzin
  - ✓ Aromatlara daha az ihtiyaç, daha temiz (?)
  - ✓ ... daha pahalı, fakat daha kötü yakıt ekonomisi
  - ✓ MTBE'in yer altı suyunu kirlettiği belirlendi!!!

### Soru

Bir taşıt motorunda mekanik enerji elde etmek için yakıt yakılmakta, fakat elde edilen ısının bir kısım egzoz yoluyla havaya atılmaktadır.  
 Havaya ısı atmayan, tüm ısıyı mekanik enerjiye dönüştüren mükemmel taşıt motoru yapılabilir mi?

SUN