

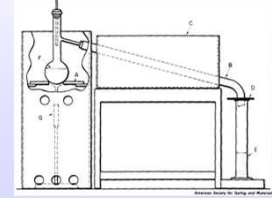
## YAKIT ve YAĞ TESTLERİ



Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

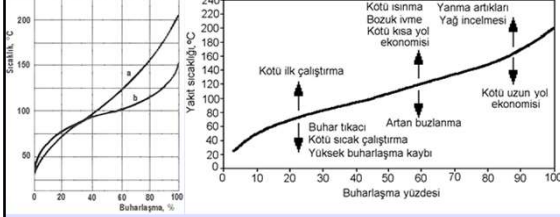
## Buharlaştırma eğrisi ve uçuculuk

- Yakıtlar farklı hidrokarbonların karışımı olduğundan, su gibi bir buharlaşma noktası değil buharlaşma eğrileri bulunmaktadır.
- Buharlaşma eğrisinin elde edilmesinde ASTM buharlaşma test aparatı kullanılır.
- Cam balona 100 cm<sup>3</sup> yakıt doldurularak alttan ısıtılır. Isıtma, ölçekli kaba yaklaşık olarak saniyede iki damla düşecek hızda yapılır.
- Ölçekli kaba ilk damlaların düştüğü sıcaklık "buharlaşma başlangıcı" buharlaşmanın sona erdiği sıcaklığa da "buharlaşma sonu" denir.
- Yakıtın her %10 luk bölümünün ölçekli kaba geçtiği anlardaki sıcaklıklar kaydedildikten sonra bu verilerle buharlaşma eğrisi çizilir.



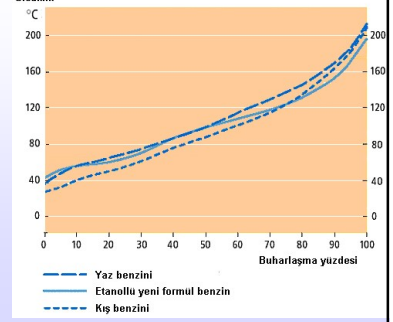
## Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi

- %10 noktasının sıcaklığı motoru ilk harekete geçirme kolaylığının bir göstergesi sayılmaktadır.



## Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

- Rafineriler yakıtta kışın uçucu ürünler katarak tüm eğriyi biraz aşağıya kaydırmaktadırlar.



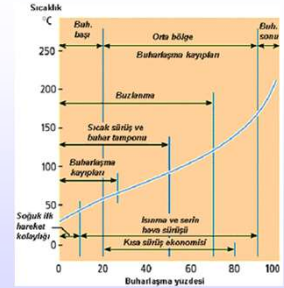
## Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

Motor çalıştırıldıktan sonraki ısınma periyodu, motorun çalışma esnekliğini etkilemektedir. Bu sürenin uzunluğu şu faktörlere bağlıdır:

- yakıtın uçuculuğu,
- yakıt sisteminin sağladığı hava/yakıt oranı,
- manifold dış yüzeylerinden geçen havanın ısıtıcı ya da soğutucu etkisi,
- silindir bloğunun sıcaklığı ve
- jikle devresini kontrol eden mekanizmanın duyarlılığı

## Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

- Buharlaşma eğrisindeki %20-70 bölgesi motorun ısınma ve ivme kolaylığının bir göstergesidir. Aşağıda olması, motorun ısınması ve ivme için daha az zaman gerektiği anlamına gelmektedir.
- Simetrik eğriler için bu bölge %50 noktasına indirilir.



### Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

- Motor normal çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra iki durum söz konusu olabilir:
  1. Buharlaşma eğrisi yukarıda veya buharlaşma sonu sıcaklığı yüksek olabilir. Bu durumda buharlaşma, muhtemelen yanma başlangıcına kadar gecikir.
  2. Buharlaşma eğrisi aşağıda olabilir. Bu durumda yakıt sadece buharlaşmakla kalmayıp, aynı zamanda fazla ısıtılmış da olur. Bunun sonucunda hacimsel verimin düşmesi sonucu güç azalır.
- Çoğunlukla gerçek sıcaklıklar homojen bir karışım elde etmek için gerekli olandan daha yüksektir.

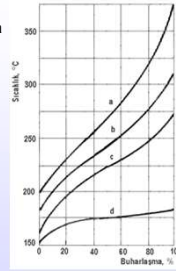
### Benzinin buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

- Hava yakıt karışımı silindire ulaştığında silindirin soğukça kesimlerine temas ettiğinde kısmen yoğunlaşmış silindir yüzeyindeki yağı da inceltirerek segmanları geçer ve kartere iner.
- Yağlamanın bozulmasına, aşınmaların artmasına neden olan bu durum, doğrudan doğruya yakıttaki ağır hidrokarbonların oranına bağlıdır.
- %90 noktası sıcaklığı yakıtın kartere inme ihtimalinin bir göstergesidir. Bu sıcaklığın düşük olması yakıtın kartere daha az ineceği anlamına gelmektedir.
- Yakıtın kartere sızması yüksek karışım ve silindir bloğu sıcaklıkları ile de azaltılabilir. Ancak, manifold sıcaklığının artırılması ile yakıtın oksitlenmesi sonucu sakızlaşma ihtimali artar. Yüksek sıcaklık aynı zamanda verim düşüklüğü ve erken ateşleme meyilini de artırır.

### Diesel yakıtının buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi

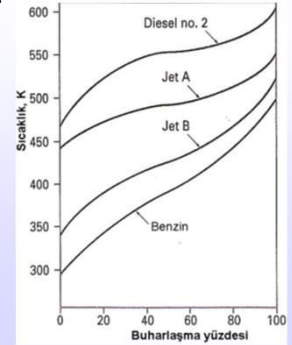
Distilasyon düzeyi, yakıtın tutuşma noktasını, yanma kalitesini ve viskozitesini etkilemeyecek en düşük değerde olmalıdır.

- En önemli karakteristikler, isli yanmayı önlemek için düşük % 50 noktası, karbon artıklarını önlemek için de düşük % 90 ve buharlaşma sonu sıcaklıklarıdır.
- 370°C'den düşük buharlaşma sonu sıcaklıkları tercih edilmektedir.
- Duman ve egzoz artıkları buharlaşmadan doğrudan doğruya etkilenmektedir. Çünkü uçucu yakıtlar yanma için daha iyi karışım oluştururlar.
- Tüm karışım problemleri için % 50 noktası sıcaklığı iyi bir göstergedir.



### Diesel yakıtının buharlaşma eğrisinin değerlendirilmesi...

ASTM D86'ya göre bazı yakıtların tipik distilasyon eğrileri



## Yakıt ve yağ testleri

### Bulutlanma noktası (ASTM test D 2500-66)

- Petrol ürünlerinin birçoğunda bulunan su, mum ve diğer yabancı maddeler bazı sıcaklıklarda kristalize olarak üründen ayrılır.
- Bulutlanma noktası, petrolün tanımlanmış koşullarda derece derece soğutulması sırasında deney kabının dibinde mum kristalleri bulutunun oluştuğu sıcaklıktır.

### Akma noktası (ASTM test D 97-67)

- Akma ya da katılma noktası motorun düşük sıcaklıklarda çalıştırılması sırasında önem kazanmaktadır.
- Katılma durumunda gerekli yakıt akışı sağlanamayacağından, motor çalışmaz.
- Akma noktası sıcaklığı, motor çalışmasını garantiye almak üzere, ortam sıcaklığının 5-10°C altında olmalıdır.
- Akma noktası testi, 20 mm çapında ve 120 mm boyundaki bir test tüpüne 1/3 seviyeye kadar örnek yakıt doldurup, tüpün ağzı, içerisinden termometre geçirilmiş bir mantarla kapatılarak kabın bir soğutma banyosuna daldırılması ile belirlenir.
- Test tüpü her 1°C soğutma aralığında düşey durumdan yatay duruma getirilip akma kontrolü yapılarak, 5 saniye içerisinde görülebilir akmanın olmadığı sıcaklık belirlenir.

### Kül miktarı (ASTM test D 482-63)

- Kül miktarı, motorda aşırıya neden olabilecek yanma sonu artıklarının bir ölçüsüdür.
- Kül testinde yakıt kendi kendine tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılarak yakılır.
- Alev söndükten sonra, tüm karbonumsu maddeler oksitlenmiş olduğundan, yakılamayan artıklar varsa bunlara kül denir.

### Su ve tortu (ASTM test D 1796)

- Yakıtların temizliği çok önemlidir. Su ve pislikler yüzünden bugüne kadar birçok motor hasar görmüştür.
- Su yanmanın kötüleşmesine ve yakıtın ısı değerinin azalmasına da neden olmaktadır.
- Yakıt içerisindeki suyun varlığını anlamak için iki test:
  - Isıtılarak suyu ve dolayısıyla mavi rengi kaçırılmış bakır sülfat parçacığı yakıt içerisine daldırılır. Suyun varlığı halinde bakır sülfat tekrar mavileşir.
  - Yakıt numunesi içerisine karpit parçacığı daldırıldığında suyun varlığı halinde asetilen gazı çıkar.
- Su miktarının belirlenmesi için santrifüj etkiden yararlanır.
- Bir kaba doldurularak belirli bir hızda döndürülen 50 ml yakıt içerisindeki su ve tortu santrifüj kuvvetinin etkisi ile birbirinden ayrılır ve dibeye çöker.
- Çöken su ve tortu ölçülür.

### Sülfür (kükürt) (ASTM test D 130-30)

- Hidrokarbon yakıtlar serbest sülfür, hidrojen sülfid ve diğer sülfid bileşiklerini içerebilirler.
- Özellikle serbest sülfür ve hidrojen sülfid olmak üzere sülfür, paslandırıcı bir elementtir ve yakıt boruları ile karbüratör ve enjeksiyon pompalarını paslandırmaktadır.
- Sülfür oksijenle birleştiğinde sülfür dioksit oluşturur. Düşük sıcaklıklarda ve suyun varlığında sülfürik asit yapabilir.
- Motor sıcakken egzoz gazları bünyesindeki su buharı olarak sistemi terk ettiğinden, sülfürik asit oluşumu söz konusu değildir.
- Motor soğukken ve kış çalışmalarında silindire, egzoz manifold ve borularında kalan gazlar, asit oluşumu için gerekli düşük sıcaklık ve sulu ortamı bulabilir. Aynı şeyler karter gazları için de geçerlidir.
- Sıcaklıklar fazla bile olsa, sülfür dioksit bazen başka maddelerle birleşerek motorda aşırı yapabilmektedir.
- Sülfür kendi kendine ateşleme sıcaklığını düşürerek, benzinli motorların varuhtu ihtimalini artırırken, diesellerde azaltmaktadır.
- Yakıtların çoğundaki sülfür miktarı % 0,1 ve daha azdır.

### Sülfür (kükürt) (ASTM test D 130-30)...

- Sülfür miktarı, yanma sonucu oluşan sülfür dioksit miktarının, serbest sülfür ağırlık karşılığına çevrilmesi ile belirlenir (başka sülfür bileşikleri olsa bile).
- Sülfür testleri, yakıt içerisindeki miktarının pas yapacak düzeyde olup olmadığını araştırmak için yapılır. 75x12,5 mm boyutlarındaki bakır bir şerit yakıtta daldırılarak 50°C sıcaklıkta 3 saat bekletilir. Şerit, yakıtta daldırılmamış benzer bir bakır parçası ile karşılaştırıldığında, çok belirgin bir renk değişimi dışında bir fark görülmemelidir.
- İçerisinde pas yapmayan sülfür bulunduğu yakıt bu testi geçebilir.

### Buhar tıkaçı (buhar tamponu)

- Yakıtın buharlaşması sonucu, yakıt akışının kısmen ya da tamamen kesilmesine buhar tıkaçı ya da buhar tamponu denilmektedir.
- Buhar, sıvıdan daha fazla hacim kapladığından motora olan kütleli yakıt akışının azalması, gücün düşmesine ya da motorun tamamen durmasına neden olabilir.
- Buhar tıkaçına neden olan başlıca faktörler şunlardır:
  - Yakıtın buharlaşma özelliği, (uçucu yakıtlar bu bakımdan çok kötüdür),
  - Yakıtın, yakıt sistemi içerisinde yüksek sıcaklık ya da düşük basınçla karşı karşıya gelmeleri,
  - Yakıt sisteminin buhara karşı toleransı (Bazı motorlar çalışmayı ciddi olarak etkilemesizin daha fazla buhar hacmi sağlarlar).

### Buhar tıkaçı (buhar tamponu)...

- Bir motorun buhar tıkaçına eğilimi % 0 - % 50 buharlaşma bölgesine bağlıdır.
- % 10 noktası sıcaklığı buhar tıkaçı eğiliminin kaba bir göstergesi sayılır. Burada yakıttan beklenen özellikler karşılanmaktadır. İlk hareket yeteneği için düşük %10 noktası sıcaklığı öngörülürken, buhar tıkaçını önlemek için bu sıcaklığın yüksek olması gerekmektedir.
- Tasarım açısından buhar tıkaçını önlemek için aşağıdaki düzenlemeler yapılır:
  - Motora gerekli olan yakıt akışının sağlanması için yakıt pompasının kapasitesi yüksek olmalıdır.
  - Yakıt sistemi elemanları mümkün olduğu kadar soğuk bölgelere yerleştirilmelidir. Isı yalıtımı da yapılabilir.
  - Vantilatör ve havalandırma düzenleri ile yakıt sisteminin çevresinden hava akışı sağlanmalıdır.
- Buhar tıkaçı genellikle motorun yoğun bir çalışmadan sonra rölanتيye geçildiğinde görülebilir. Rölanتي sıcaklıkları normal çalışmalar sırasında bile yüksektir. Zira taşıt dururken soğutucu hava akımı azalmaktadır.

### Buzlanma

- Sıvılar buharlaşırken ısı alarak bulunduğu ortamı soğutur. Yakıt da buharlaşırken çevresinden ısı alır.
- Özellikle soğuk, rutubetli havalarda ve rölanتي çalışmalarında, ortamdaki nemli hava kırağı haline gelerek havanın geçiş kesitini daraltarak, hacimsel verimin düşmesine, hatta motorun durmasına neden olabilir. Rölanتي çalışmasında yakıtın çevreden daha çok ısı alma zamanı vardır.
- Yakıt içerisindeki düşük sıcaklıkta buharlaşan hidrokarbonların yüzdesi bu olayı büyük ölçüde etkilemektedir.
- Buzlanmayı önlemek için şu önlemler alınmalıdır:
  - % 50 noktası 120°C'nin üstünde olmalıdır.
  - Yakıtta antifiriz katılmalıdır. Or. % 1 oranına kadar alkol.

20

### Buhar basıncı

- Benzin, motoru kolayca ilk harekete geçirmeli, motor çalıştıktan sonra ise buhar tıkaçına neden olmamalıdır.
- Buhar basıncı sıcaklığa ve yakıtın yapısına bağlıdır.
- Yakıtın ısıtılması, buharlaşmasına, yapısında da değişimlere neden olur.
- Reid testinde buhar basıncı, bir hacim benzin ve dört hacim havanın varlığında ölçülür. (ASTM test D323-41).
- Test, serin benzin örneği ölçü kabına koyulduktan sonra 37,8°C (100 F) sıcaklıktaki su banyosuna daldırılarak yapılır.
- Benzinin buhar basıncı 60-80 kPa değerleri arasındadır. Basınç göstergesi hava odasındaki hava ve havanın içerisindeki su buharı basıncındaki artmayı da gösterir. Hava ve su buharı basınç artışları hesaplanıp, gösterge değerinden çıkarılır.
- Basınç limiti kış çalışmaları için yükseltilebilir.



### Sakızlaşma

- Yakıt içerisindeki reaktif hidrokarbonlar ve diğer bazı maddelerin oksitlenmeye eğilimleri vardır. Oksitlenerek akıcılıkları kötüleşen hidrokarbonlar sakız olarak adlandırılır.
- Sakızın (gum) kimyasal yapısı, içeriğinin ana maddeleri organik asitler olduğu halde, tam olarak bilinmemektedir.
- Parafin, naften ve aromatik grubunun saf ve kararlı hidrokarbonlarının çok az sakızlaşmalarına karşı, kriting benzinleri bu bakımdan çok kötüdür.
- Yüksek sakız içerikli benzinler supapların ve segmanların yapışması, motorda karbon birikintileri oluşması, enjektör deliklerinin tıkanması, supap saplarının, silindirelerin ve pistonların parlaklaşması gibi olumsuzluklara neden olmaktadır.

### Sakızlaşma...

- Yeni üretilen benzinlerin sakız içerikleri önemsiz düzeydedir. Ancak, zamanla artan miktarlarda sakız oluşabilir.
- Sakızlaşma; oksijenle etkileşim, sıcaklık, güneş ışığı altında kalma, metallerle temasa bağımlı olarak artmaktadır. Yakıtların depolanmasında bu etkenler dikkate alınmalıdır.
- Metal depolar güneş ışığını kesmekle beraber, sakız oluşmasına katalizör olarak görev yaptıklarından (özellikle bakır), cam depolar tercih edilebilir.
- Test sırasında yakıtta belirlenen sakıza gerçek sakız, gelecekte oluşabilecek sakıza da potansiyel sakız denilmektedir.
- Gerçek sakız miktarı, potansiyel sakızlaşmaya karşı yakıtın kararlılığının bir göstergesi değildir. Bu nedenle yakıt hem gerçek hem de potansiyel sakız içeriği bakımından test edilmelidir.

### Sakızlaşma...

Sakız oluşumuna sıcaklığın ve zamanın etkisi

Depolama süresi (gün)	ASTM sakız miktarı (mg/100 cm <sup>3</sup> )	Sıcaklık (°C)	100 cm <sup>3</sup> benzinde 10 mg sakızın oluşması için gerekli süre
0	0	15	100 günden fazla
60	1	35	9 gün
120	3	50	2 gün
180	26	75	5,5 saat
240	64	90	2,5 saat
300	101		

### Sakızlaşma (ASTM test D 381-36)...

- Gerçek sakız, 50 cm<sup>3</sup> benzinin, bir cam kaptan ve yüzeyinden yaklaşık 155°C sıcaklığında havanın 8,14 dakika süreyle geçirilmesi ile belirlenir.
- Kap tartılarak, ağırlığındaki artış sakız birikintisi olarak belirtilir.
- Benzinde bu miktar 2 mg/100 cm<sup>3</sup>'ten daha az olmalıdır.

### Sakızlaşma (ASTM test D 525-417)...

- Potansiyel sakızlaşma için kararlılık testi uygulanmaktadır.
- Bu testte 50 cm<sup>3</sup> benzin, 690 kPa oksijen basıncı altında ve bir cam tüp içerisinde, kaynamakta olan suya daldırılır ve tüpteki basınç bir manometre ile ölçülür.
- Benzinin oksijen absorbe etmesi, basınçtaki düşme ile görülür. Benzinin belli bir oksijen absorbe etmesi öncesindeki süre indüksiyon süresi olarak tanımlanır. Bu sürenin dört saatten fazla olması arzu edilmektedir.
- 1,5-2 saatlik indüksiyon süresi 1-2 haftalık normal depolama süreleri için yeterlidir.

### Sakızlaşma...

- Rafinerilerdeki kararlılık testlerinde genellikle bakır tabak testi uygulanmaktadır.
- Bu testte, bakır bir tabaktaki benzin, bir buhar banyosu üzerinde 2-3 saat süreyle buharlaştırılır. Artıklar, gerçek ve potansiyel sakızlaşma derecesinin göstergesi olarak değerlendirilir. Benzin bu süre içerisinde oksitlenirken, bakır da reaksiyonu katalize etmektedir. Test sonundaki artıklar benzin için 25 mg/100 cm<sup>3</sup>'ü geçmemelidir. %100 noktası sıcaklığı düşük olan yakıtlar bu testi geçtikleri halde yine de depolanma kararlılıkları yeterli görülmemektedir.
- Bu testte 300 dakikalık indüksiyon süresinde 25 mg/100 cm<sup>3</sup>'den daha az sakızlaşma, 6-9 aylık depolama kararlılığını garanti etmektedir.
- Özellikle termal kırıng benzininin kararlılığını sağlamak için katıklar kullanılmaktadır. Bu katıklar aynı zamanda benzini renklendirmektedir. Katıklar oksitlenerek özelliğini yitirdikçe rengini de yitirmekte ve böylelikle benzinin renginin açılması sakızlaşma ihtimalinin bir göstergesi sayılmaktadır.

### Karbon artıkları (ASTM D 189-61)

- Yakıt, sınırlı miktarda oksijen ile yakılırsa karbon artıkları oluşur. Bu artıklar sıvı yakıttaki ağır hidrokarbonları ve eğer varsa sakızlaşan artıkları temsil eder.
- Karbon artıkları, tam yanma olduğunda kaybolarak yanma odasında karbonlaşma önlenmektedir.
- Karbon artıkları için Conradson testi uygulanır. Bu testte, yakıt numunesi porselen bir kaba koyularak uzunca bir süre yüksek sıcaklıkta bekletilir. Artıkların ağırlığının numune yakıt ağırlığına oranı, karbon artıklarını ifade etmek üzere belirlenir.
- Hafif distilasyon yağları genellikle % 10 kadar artık bırakmaktadır.
- Artıkların fazla olması yanma odasındaki artıkların çoğalmasına neden olur.

### Parlama (alevlenme), yanma ve kendiliğinden tutuşma noktaları (ASTM 92-72)

- Parlama (alevlenme noktası), yakıtın ateş alabilecek buhar oluşturabildiği en düşük sıcaklıktır. Bu nokta, soğutulmuş yakıt kontrollü bir şekilde ısıtılırken, yüzeyinde küçük bir alev gezdirilerek belirlenir.
- Parlama sıcaklığı, yakıt üzerinde küçük bir alevin görülüp söndüğü ve yanmanın devam etmediği sıcaklıktır. Parlama noktası, güvenlik açısından önemlidir ve yangın tehlikesinin ölçüsü olarak kullanılmaktadır.
- Parlama noktası sıcaklıkları;
  - Uçucu benzinlerde -25°C'den az
  - Gaz yağı 25°C
  - Diesel yakıtı 55-85°C kadardır.

### Parlama (alevlenme), yanma ve kendiliğinden tutuşma noktaları (ASTM 92-72)...

- Açık potada sıcaklık biraz daha artırıldığında, çıkan gazlar homojen bir biçimde ve süreli olarak yanar.
- Alev çekildiği halde yanmanın devam ettiği sıcaklığa "yanma noktası" denir. Yanma noktası genellikle alevlenme noktasından 10-20°C daha yüksektir.
- Sıcaklık artırılmaya devam edilirse bir noktada yakıt kendiliğinden tutuşur. Bu sıcaklığa "kendiliğinden tutuşma noktası" denir. Hava akımı içerisinde bu sıcaklık;
  - Benzin için 400-500°C
  - Gaz yağı ve diesel yakıtı için 250°C dolayındadır.
- Kendiliğinden tutuşma sıcaklığının benzin için yüksek, diesel yakıtı için düşük olması istenmektedir.

### Alt ısı değeri (kalorifik değeri) (ASTM D 240)

- Isı değeri, birim yakıtın tam olarak yakılması ile elde edilen ısıdır. Kalorimetre ile ölçülür.
- Hidrokarbonların yanması sonucu yanma ürünlerinin bir bölümü sıvı buhar veya karışık durumdaki sudur. Yanma sonu buharı yoğunlaştırıldığında, suyun buhar durumunda bulunduğu kadar oranda daha fazla ısı elde edilmektedir.
- Su buharının yoğunlaştırılmış durumunda elde edilen ısıya "**üst ısı değeri**", suyun tamamen buhar durumunda elde edilen ısıya da "**alt ısı (net ısı) değeri**" denmektedir.
- Motorların termik verimlerinin hesaplanmasında alt ısı değeri kullanılmaktadır. Çünkü yanma odasında oluşan su buharı halindedir ve sistemi terk edinceye kadar da yoğunlaşmadığından gizli ısını vermemektedir.

### Yoğunluk (ASTM D 287)

- **Yoğunluk**, maddenin birim hacminin kütlesidir ve birimi  $\text{kg/m}^3$ 'tür.
- **Özgül yoğunluk ise**, birim hacimdeki sıvı kütlesinin aynı hacimdeki suyun kütlesine oranıdır. Sıvı ve suyun ölçme sırasındaki sıcaklıkları belirtilmelidir ( $15^\circ\text{C}/15^\circ\text{C}$ ) gibi.

Bazı petrol ürünlerinin  $15^\circ\text{C}$ 'deki özgül yoğunlukları

Ürün	Özgül yoğunluk ( $15^\circ\text{C}$ 'de)
Benzin	0,710 - 0,755
Gazyağı	0,77 - 0,80
Diesel yakıtı	0,815 - 0,855
Yağlama yağları	0,85 - 0,95

### Tutuşma kalitesi

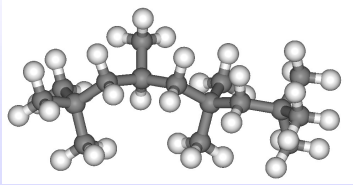
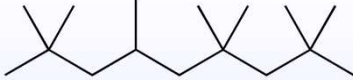
- Yüksek hızlı bir sıkıştırma ile ateşlemeli motor yakıtı için en önemli kalite "**tutuşma kalitesi**" ya da enjeksiyon başladıktan sonra arzu edilen en az gecikme ile kendi kendine tutuşmaya hazır olma özelliğidir.

### Setan Sayısı (ASTM D 613)

- Diesel yakıtı için iki referans yakıt, iyi kendi kendine tutuşma kalitesine sahip heksadekan (setan)  $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  ve kendi kendine tutuşma kalitesi çok düşük olan alfa metil naftalen (veya 1 metil naftalen) ( $\text{C}_{11}\text{H}_{10}$  ya da  $\text{C}_{10}\text{H}_7\text{CH}_3$ ) dir.
- Bu iki bileşenden oluşan karışım içerisindeki setan yüzdesi, aynı tutuşma karakteristiklerini gösteren deneme yakıtının "setan sayısı" olarak derecelendirilir.
- 1 metil naftalenin kullanım zorluğu nedeniyle, onun yerine **izosetan** (2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonan) kullanılmaktadır. **izosetan** ın setan numarası 15'tir.

### Setan Sayısı (ASTM D 613)...

- **izosetan** (2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonan)



### Setan Sayısı (ASTM D 613)...

- Setan sayıları Avrupa'da 43...57 (ortalama 50) arasındadır.
- Yüksek setan sayısı, geliştirilmiş yanma ve soğuk ilk hareket, daha sessiz çalışma, özellikle ısınma periyodu başlarında daha az beyaz duman, HC, CO ve partikül emisyonları demektir.
- Genellikle yüksek oktan sayısı, düşük setan sayısı anlamına gelir.

## Diesel indeksi

- Özel bir motorla testi gerektirmeyen ve tutuşma kalitesini belirtmekte kullanılan en yaygın terim, "**diesel indeksi**" dir.
- Tutuşma kalitesinin bilinen göstergesi olan setan sayısı ile yakıtın fiziksel özellikleri arasında bir bağıntı kurmak için harcanan çabalar sırasında yakıt içerisindeki parafin bileşiklerin bağıl oranı ile tutuşma kalitesi belirlenmiştir. Bu oran "anilin ( $C_6H_5NH_2$ ) noktası" olarak bilinen basit bir laboratuvar testi ile ölçülmektedir.
- Anilin aromatik hidrokarbonları her zaman, parafinleri ise yalnız sıcakta çözebilen bir eriktendir.
- Anilin noktası, yakıtın eşit hacimdeki anilin içerisinde tamamen karıştığı en düşük sıcaklıktır.

$$DI = \frac{G \times A}{100}$$

G: API gravitesi,  
A: Anilin noktası °F

$$API = \frac{141,5}{\text{Özgül yoğunluk } (60^\circ F/60^\circ F)} - 131,5$$

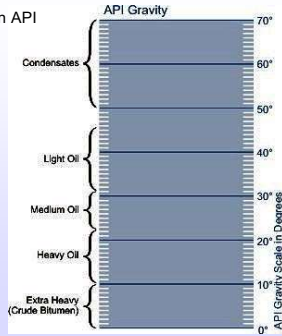
## Diesel indeksi...

- API gravitesi, petrol kalitesinin kaba bir göstergesidir. API gravitesi ile yoğunluk arasında ters bağıntı vardır; yüksek yoğunluk düşük API gravitesi demektir.
- Hafif ham petrolerin API gravitesi genellikle 40'ın üzerindedir. API gravitesi 40'ın altında olan petrol, ağır olarak değerlendirilir.

API derecesi	Özgül yoğunluk	Kütle (kg/m <sup>3</sup> )
8	1,014	1012
9	1,007	1005
10	1,000	998
15	0,966	964
20	0,934	932
25	0,904	902
30	0,876	874
35	0,850	848
40	0,825	823
45	0,802	800
50	0,780	778
55	0,759	757
58	0,747	745

## Diesel indeksi...

Bazı yakıtların API graviteleri



## Diesel indeksi...

- Diesel indeksi yakıtın tutuşma kalitesini yeterince tanımlayan, ancak kesin belirlemeler için güvenilir ve yeterli olmayan bir değerdir. Setan sayısı ile arasında kesin ilişki kurulması, yakıtın hidrokarbon yapısına bağlıdır.
- Yakıtta tutuşma geliştirici katıklar katıldığında setan numarası artışı olduğu gibi değeri yükseltilememektedir.
- Tutuşma kalitesinin belirtilmesinde kullanılan bir başka yöntem de hesaplanmış setan indeksidir. Bunun için %50 buharlaşma noktası sıcaklığı (760 mm Hg basınçta) ve API yoğunluk değerlerinin kullanıldığı sayısal eşitlik ya da tablolardan yararlanılmaktadır.

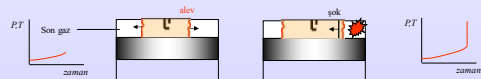
40

## Kritik sıkıştırma oranı

- Diesel yakıtının kendi kendine tutuştuğu minimum sıkıştırma oranıdır ve bazen **tutuşma kalitesi indeksi** olarak kullanılır. Değerinin düşük olması, tutuşma kalitesinin iyi olduğu anlamına gelir.
- Tavsiye edilen değerler (en az) alçak hızlı motorlarda 9,8 orta hızlı motorlarda 8,8 ve yüksek hızlılarda 8,1 dir.

## Yakıtların vuruntu dirençleri

- Buji ile ateşlemeli motorlarda vuruntu**
- Yanma odasında düzgün bir biçimde yayılan alev cephesine bağımlı olarak sıcaklık ve basınç üniform bir şekilde yükselir.
- Alevin ön kısmında bulunan yanmamış karışımın sıcaklık ve basıncı, artan basıncın ve ayrıca ısı transferinin etkisiyle artar.
- Eğer sıkıştırılan yanmamış karışımın kendiliğinden tutuşma sıcaklığı alev ulaşmadan önce aşılacak olursa, karışımın sonu kendiliğinden tutuşacaktır. Bu durumda yanma işlemi kontrolsüz bir duruma geçecek, basınç artışı da düzensiz ve beklenenden çok daha hızlı bir oranda gerçekleşerek şok dalgası üretecektir.
- Buji ile ateşlemeli motorlarda vuruntu, "karışım sonunun yanma işleminin sonuna doğru kendiliğinden tutuşmasıyla oluşan şok dalgasına bağlı olarak duyulan ses" şeklinde tanımlanır.



### Yakıtların vuruntu dirençleri...

- Sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda vuruntu
- Sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda yakıt sıcak havanın içerisine enjekte edildikten sonra yakıtın atomize olması, buharlaşması, sıcaklığının artması ve hava ile karışarak yanıcı karışım oluşturmaya için fiziksel bir gecikme olmaktadır.
- Daha sonra alevin görülmesinden önce kimyasal bir gecikme de olmaktadır.
- Her iki gecikme sırasında yanma odasına daha çok miktarda yakıt enjekte edilecektir.
- Yakıtın bu şekilde yığılması sonucu, yanma başladığında hızlı bir basınç artışı olacak ve basınç farklarına bağlı olarak motor titreşim yapacaktır.
- Sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda vuruntu, "yanmanın hemen başlangıcında yanma odasına biriken karışımın aniden tutuşma ve yanması sonucu oluşan ses" şeklinde tanımlanır.

### Yakıtların vuruntu dirençleri...

- Vuruntu davranışları incelendiğinde, buji ile ateşlemeli motorda vuruntu yanmanın sonuna doğru oluşurken, sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda vuruntu yanmanın hemen başlangıcında olduğu görülmektedir.
- Bu tutum nedeniyle iyi bir buji ile ateşlemeli motor yakıtı, diesel yakıtı olarak kötüdür. Birincisinde yakıtın kendi kendine tutuşmaması istenirken, diğerinde kendi kendine tutuşması istenmektedir.
- Yakıtların vuruntu dirençleri oktan ve setan sayıları ile ifade edilmektedir.

### Oktan sayısı (ASTM D908, 357, 614, 909)

- Buji ile ateşlemeli motor yakıtlarının vuruntuya karşı derecelendirilmesi özel bir motorda, önceden tanımlanan çalışma şartlarında ve referans yakıtlarla vuruntu eşleştirilmesi şeklinde yapılır.
- Referans yakıtlar, oktan sayısı sıfır kabul edilen normal heptan ( $C_7H_{16}$ ) ile oktan sayısı 100 kabul edilen izo oktan (2,2,4 trimetilpentan ( $C_8H_{18}$ )) dir.
- Örneğin, bir yakıtın oktan sayısının 90 olması demek, % 90 hacim izooktan ve % 10 hacim n-heptan karışımı yakıtla aynı vuruntu eğilimine sahip olması demektir.
- Oktan sayısı göstergesi, izooktana kurşun tetraetil ( $Pb(CH_3)_4$ ) katılarak 100'ün üzerine çıkarılmıştır.
- Yakıtların oktan sayılarının belirlenmesinde 3 değişik metod kullanılmaktadır. Otomotiv yakıtlarının oktan sayısının belirlenmesinde kullanılanlar, research (RON), motor (MON), havacılık ve süpersarj (zengin karışım) metotlarıdır (sırasıyla ASTM D2699, D2700, D909).

### Oktan sayısı...

- Motor ve research metotlarında şartlar

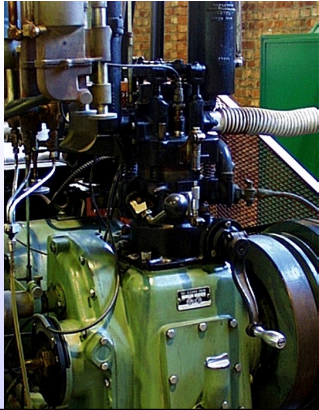
Metot	Oktan sayısı	Sıkıştırma oranı	Emme basıncı	Emme sıcaklığı (°C)	Hız (1/min)	Ateşleme avansı ÜÖN ön.	Soğutma suyu (°C)	A/F oranı
Motor	100'ün altında	Standart vuruntu değeri elde edilmeye kadar değiştirilir.	Atm.	149	900	Sıkıştırma oranı ile birlikte 15°-26° arasında değiştirilir.	100	Maksimum vuruntu için ayarlanır.
Research	100'ün altında	Standart vuruntu değeri elde edilmeye kadar değiştirilir.	Atm.	52	600	13° sabit	100	Maksimum vuruntu için ayarlanır.

### Oktan sayısı...

Değişik sıkıştırma oranları, silindirik kapağı ve silindiri tek parça yapılan bu motorda bir kolun çevrilmesi ile silindirin yükseltip alçaltılması sonucunda sıkıştırma hacminin değiştirilmesi ile sağlanmaktadır. Strok sabittir.

Motor hızı, senkronize bir AC jeneratörü ile sabit tutulmaktadır.

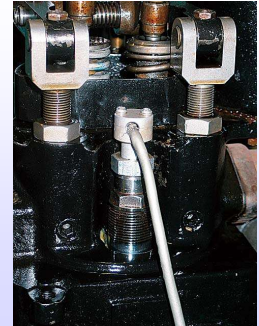
Bilinmeyen yakıtın oktan sayısı karşılığının bulunması için interpolasyon öncesinde, bilinen yakıtların oktan sayıları arasındaki fark 2'den fazla olmamalıdır.



### Vuruntu ölçümü

Vuruntu, bir zıplayan pim ya da vibrometre ile ölçülür. Zıplayan pimli vuruntu metresi 0'dan 100'e kadar birimsiz olarak bölümlendirilmiş bir göstergedir.

Standart vuruntu olarak, vuruntu metresinin 55 değeri alınmaktadır.





## Oktan sayısı...

Motora gönderilen yakıt miktarlarının ayarlanabilir olması ile hava/yakıt oranı değiştirilebilmektedir.



Emme manifoldu ortada, kalibrasyon yakıt kapları solda, test yakıt kapları sağda

## Oktan sayısı...

- CFR motorları



50

## Setan sayısı (ASTM D613)

- Diesel yakıtının vuruntu direnci de oktan sayısının belirlenmesindekine benzer bir yöntemle belirlenmektedir.
- Referans yakıtlar, setan sayısı 100 kabul edilen normal setan (heksadekan) ( $C_{16}H_{34}$ ) ile setan sayısı sıfır kabul edilen metil naftalen ( $C_{11}H_{10}$ ) dur. (izosetan -2,2,4,4,6,6,8,8-heptametilnonan, setan sayısı 15 olan referans yakıt)
- Bir yakıtın setan sayısının 60 olması demek, bu yakıtın % 60 hacim setan ve % 40 hacim metil naftalen karışımı yakıt ile aynı tutuşma karakteristiğine sahip olması demektir. Burada yakıt vuruntu için değil, tutuşma karakteristiği bakımından derecelendirilmektedir.

Diesel yakıtları için tutuşma kalitesi testi

Motor hızı	900 1/min
Soğutma suyu sıcaklığı	100°C
Giriş havası sıcaklığı	65,6°C (150°F)
Püskürtme avansı	ÜÖN'dan 13° önce ve sabit
Tutuşma gecikmesi	13° (Basınç ÜÖN'da yükselir.)

## ÖRNEK

Oktan sayısı belirlenecek yakıt ile vuruntu metresinde 55 değeri okunmuştur. 92 ve 90 oktan sayılı referans karışımları kullanılarak vuruntu metresinde 53 ve 65 değerleri okunmuştur. Bilinmeyen yakıtın oktan sayısı kaçtır?

## ÇÖZÜM

Oktan sayıları arasındaki fark :  $92 - 90 = 2$   
Vuruntu değerleri arasındaki fark :  $65 - 53 = 12$   
53 vuruntu değerli yakıtın oktan sayısı 92 olduğuna göre, 55 vuruntu değerli yakıtın oktan sayısı:  
 $92 - (2 \times 0,167) = 91,67$  dir.

## ÖRNEK

Bir yakıtın setan testinde 13° lik bir tutuşma gecikmesi için 16:1'lik sıkıştırma oranı gerekmiştir. 50 ve 58 setanli referans yakıt karışımları ise 16,5:1 ve 15,8:1 sıkıştırma oranları gerektirmiştir. Test yakıtının setan sayısını belirleyiniz.

## ÇÖZÜM

Setan sayısı farkı :  $58 - 50 = 8$   
Sıkıştırma oranları farkı :  $16,5 - 15,8 = 0,7$   
Birim sıkıştırma oranına karşı setan sayısı:  $8/0,7 = 11,43$   
15,8/1 sıkıştırma oranına karşı setan sayısı 58 olursa,  
16:1 sıkıştırma oranına karşı setan sayısı :  $58 - (11,43 \times 0,2) = 55,72$  olur.

SON