



# YAKITLAR VE YANMA

## Motorin

- Dizel motorlarda kullanılan, ham petrolün 200-380°C'de damıtılmasıyla elde edilen, özgül ağırlığı 0,89 kg/dm<sup>3</sup> olan yakıttır.
- Yapısındaki karbon sayısı 8 ile 16 arasında değişmektedir.
- Yapıda % 1 kükürt, % 0,02 kül miktarına ve çok az N<sub>2</sub> müsaade edilir.
- Motorinlerin en düşük setan sayısı 40 olmalıdır.

# Yapısı ve Özellikleri

Günümüzde üç farklı motorin kullanılmaktadır.

- Nu.1-D numaralı motorin
- Nu.2-D numaralı motorin
- Nu.3-D numaralı motorin

**Nu.1-D;** petrolün damıtılması ile elde edilen ve değişik hızlarda çalışan dizel motorlarında kullanılan dizel yakıtıdır.

**Nu.2-D;** petrolün damıtılması ve kraking ürünlerinden elde edilir. Nu.1-D'ye göre buharlaşması daha düşüktür ve daha düşük hızlı ağır hizmet ve endüstri motorlarında kullanılır.

**Nu.3-D;** damıtma, kraking ve bazı atıklardan oluşur. Düşük veya orta hızlı dizel motorlarında kullanılır.

## Motorin çeşitlerinin bazı özellikleri

Özellik	1-D	2-D	3-D
Setan sayısı minumum	40	40	40
Parlama Noktası, F	100	125	130
Viskozite (Saybolt)	30-34	33-45	45-125
%Kül	0,01	0,02	0,10
%Kükürt	0,50	1,0	2,0

## Motorinde Aranan Özellikler

Dizel motorları **yüksek hızlı, orta hızlı ve düşük hızlı** olarak yapılmaktadır.

- Yüksek hızlı dizeller binek taşıtlarında
- Orta hızlı dizeller yük taşıtlarında
- Düşük hızlı dizeller ağır iş makinelerinde kullanılmaktadır.

## Vuruntu Dayanımı

Dizel motorlarda kızgın hava üzerine püskürtülen yakıtın tutuşma gecikmesinin düşük olması istenir.

- Tutuşma gecikmesi uzun olursa silindirde yakıt miktarı artacağından yanma daha şiddetli olur. Bu istenmeyen yüksek basınç dalgalarına ve sıcaklıklara neden olacağından motora zararlıdır.
- Tutuşma gecikmesi, motorinin setan sayısı ile ilişkilidir.
- Setan sayısı yüksek olursa tutuşma gecikmesi düşmekte, setan sayısı düşük olursa tutuşma gecikmesi artmaktadır.
- Setan sayısının artması is oluşumunu da artırdığından setan sayısı **üst sınırı 70 alt sınırı 40** olarak belirlenmiştir.

- Dizel yakıtlarında **dizel indeksi** de **setan sayısının** belirtilmesinde kullanılan bir sayıdır.

### Dizel indeksi ve setan sayısı

Dizel İndeksi	Setan Sayısı	Dizel İndeksi	Setan Sayısı
0	18	50	50
5	20	55	53
10	24	60	56
15	28	65	59
20	30	70	62
25	34	80	65
30	37	85	68
35	40	90	71
40	43	95	75
45	46	100	78

**Buharlaşma:** Soğuk havalarda ilk hareket için buharlaşma iyidir. Fakat buharlaşma kendiliğinden tutuşma özelliğini kötüleştirir. Optimum bir değer tespit edilmeli ve bu değerini sağlayacak bileşenler içeren dizel kullanılmalıdır.

**Viskozite:** ok yüksek viskozite, pompalama işini zorlaştıracadığı gibi püskürtme sonrası taneciklerini iri olmasına neden olacağından **tutuşma gecikmesini artırır.**

- Ayrıca is miktarı da artar.
- Düşük viskozite ise iyi bir atomizasyon sağlamakla birlikte, sızdırmazlık sorunlarına ve pompa elemanlarının aşıntısına sebep olur.

**Korozyon:** Motorinin hem kendisinin, hem de yanma sonu ürünlerinin korozyona sebep olmayacak özelliklerde olması istenmektedir.

- Kükürt miktarı, yanma sonunda korozyon etkisine sahip asitler oluşturduğundan mümkün olduğunca düşük olmalıdır.
- Yakıtta bulunan tuzlu suyun da korozyon etkisi vardır.

**İs miktarı:** Motorin, yanma sonu ürünleri bakımından benzinden çok daha yüksek is ve kül ihtiva etmektedir.

➤İs miktarını minimum düzeylerde tutmak için setan sayısının 70'in altında tutulması gerekirken, 40'ın altındaki setan sayısı da yanmayı kötüleştirerek kül ve is miktarının artmasına neden olmaktadır.

**Çinkoya Karşı Aktivite:** Motorin, çinko ile bileşik oluşturma eğilimindedir.

Çinko ile oluşturacağı bileşikler korozyon etkisine sahiptir. Özellikle çinko ihtiva eden çelik depolarda yakıt saklanırken çinko ile reaksiyona girmemesi için çinko aktivitesi mümkün olduğunca düşük olmalıdır.

**Akma Noktası:** Sıvıların akıcılıklarını kaybetmeye başladıkları sıcaklığa akma noktası denir. Motorinin akma noktası çalışma şartlarında donmayı engelleyecek ve akma kabiliyetini kaybettirmeyecek düzeyde olmalıdır.

★ Ülkemizde kullanılan motorine mazot ismi verilmektedir. Halbuki mazot daha düşük devirli dizel motorlarının yakıtı olarak kullanılır. Motorinin donma noktası  $-10^{\circ}\text{C}$  iken benzinin donma noktası  $-65^{\circ}\text{C}$ 'dir.



Alevlenme Tehlikesi: Motorin, benzine nispeten daha düşük sıcaklıklarda tutuşma kabiliyetine sahip olmasına rağmen buharlaşma özelliği daha düşük olduğu için alevlenme tehlikesi de daha düşüktür.

Motorinin alevlenmesi için sıcak bir yüzey gerekirken benzinin alevlenmesi buhar tabakasının kıvılcım ile teması sonucu gerçekleşir.

### Motorine Katılan Katkılar

Motorine katkı maddesi olarak;

- yakıt sistemi elemanlarının temizlenmesini sağlamak için temizleyici karışımlar
- yakıt içindeki suyun dağıtılmasını sağlayıcı katkı
- setan sayısını artırıcı katkı maddeleri
- kış aylarında motorinin donmasını engelleyici antifrizler
- enjektörler ile yakıt pompasını temizleyici katkı maddeleri ilave edilmektedir.

## Tutuşabilirlik ve Setan Sayısı

Dizel motorlarının vurunu 6zellikleri, yakıtın tutuşma kabiliyetine yani setan sayısına bağlıdır.

Tutuşabilirlik, motorinin silindir içinde hava ile karışarak kendi kendine alev alabilme kabiliyetidir.

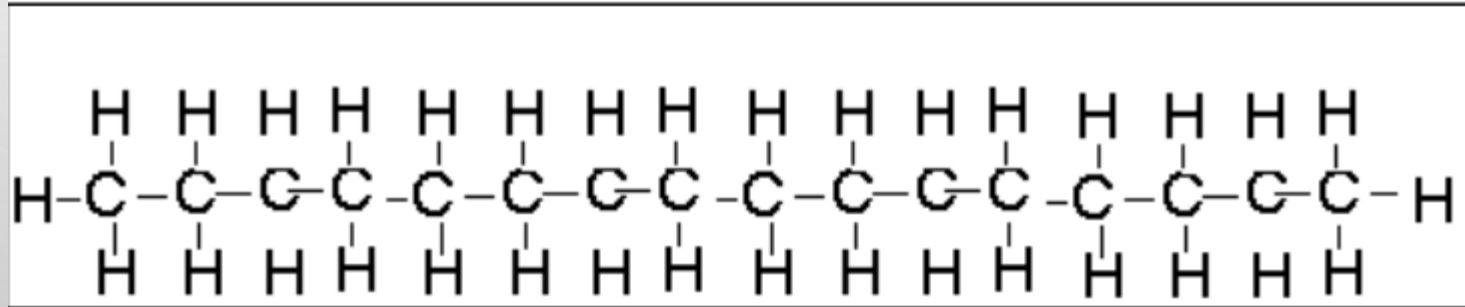
Dizel motorlarında kullanılan motorinin tutuşma kabiliyetinin y6ksek olması istenir. Benzinin tutuşma kabiliyetinin ise d6ř6k olması istenir.

Dizel motorlar, sıkıştırma zamanı sonunda kızgın hava içine p6sk6rt6len motorinin kendi kendine tutuşması sonucu çalışmaktadır.

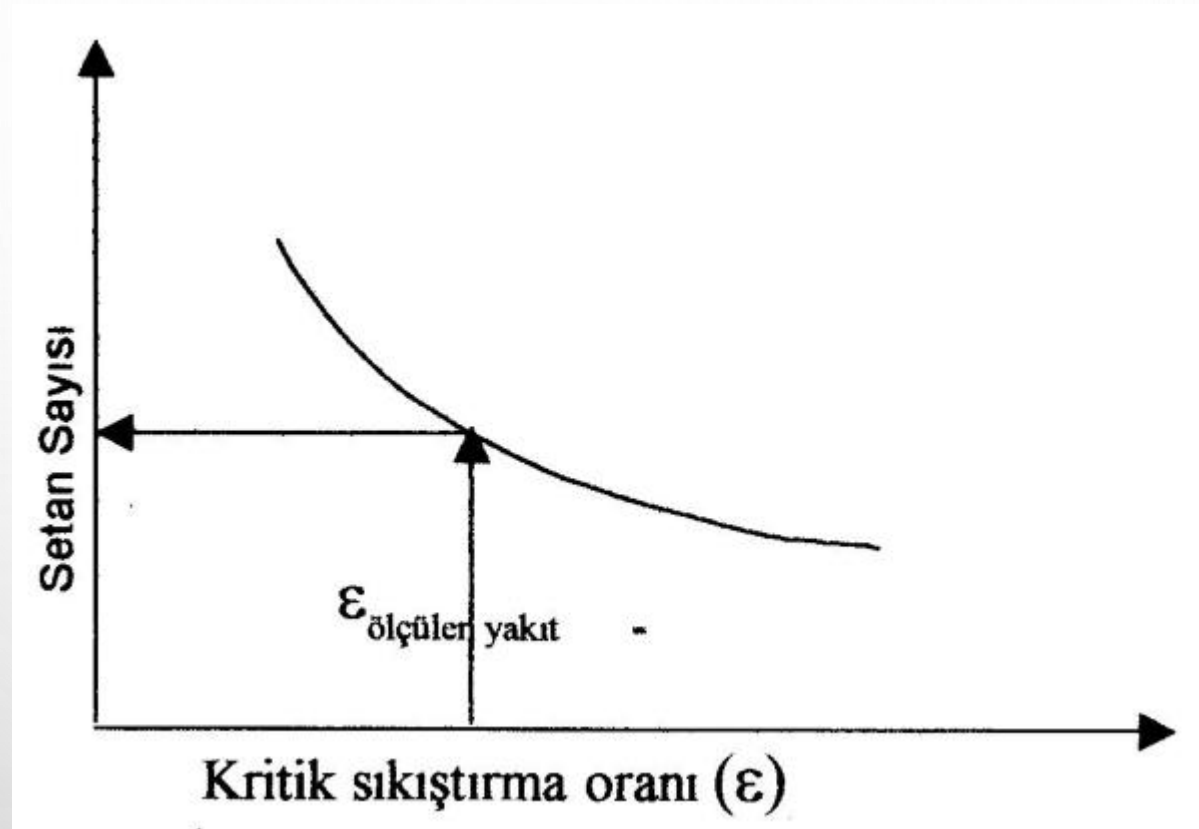
Dizel motorlarında vurunu olayını; hava içerisine p6sk6rt6len yakıtın tutuşma gecikmesinden dolayı birikmesi ve çok miktarda yakıtın aniden yanması sonucu oluşan y6ksek basınç dalgaları ve sıcaklık olarak tanımlamıştık.

Motorinin tutuşma kabiliyeti, setan sayısına bağlı olarak değişmektedir. Setan sayısındaki artış tutuşma gecikmesini (TG) azaltmakta, dūřuk setan sayısı ise tutuşma gecikmesini artırarak dizel vuruntusuna neden olmaktadır.

Setan ( $C_{16}H_{34}$ ) dūz zincirli bir parafindir ve tutuşma kabiliyeti 100 olarak kabul edilir. Alfametilnaften'in ( $C_{10}H_7CH_3$ ) tutuşma kabiliyeti "0" kabul edilmiştir. Motorinde bulunan setan ve alfametilnaften oranı motorinin setan sayısını vermektedir. % 65 setan ve % 35 alfametilnaften karışımının setan sayısı 65'tir.



Setanın molekūl yapısı



Setan sayısı ve sıkıştırma oranı arasındaki değişim

- ❖ Dizel motorlarda setan sayısı 70'in üzerinde olduğunda yanma kötüleşmekte ve is miktarı artmaktadır.
- ❖ Setan sayısı 40'in altında olduğunda ise TG süresi uzamakta ve dizel vuruntusu meydana gelmektedir.
- ❖ Çalışma şartlarına göre dizel motorlarında kullanılacak motorinin setan sayısı 40 ile 70 arasında olmalıdır.

Setan sayısını ölçmenin daha basit bir yolu da dizel indeksini belirlemektir. Dİ (dizel indeksi) setan sayısı ilişkisi Tabloda verilmişti. Dİ hesaplanması için anilin noktası ve API özgül ağırlığının bilinmesi gerekmektedir.

Anilin noktası: Anilin, aromatik HC'leri her zaman fakat parafinik HC'leri ancak ısıtıldığında eritebilir. Bu eritici ile motorin eşit hacimlerde karıştırılır ve ısıtılır. Birbiri içinde iyice eriyen karışım soğumaya bırakılır. Soğuyan eriyik ayrışır ve iki ayrı tabaka oluşmaya (aromatik HC'ler ile anilin eriyiği ve parafinik HC'lerin tabakası) başlar, bu andaki sıcaklığa yakıtın «anilin noktası» denir.

API ve anilin noktası kullanılarak aşağıdaki denklem ile Dİ belirlenir.

$$Dİ = \frac{\text{Anilin Noktası} \times API}{100}$$

Bugün petrol endüstrisinde petrolün özgül ağırlığı yerine A.P.I. gravite derecesi kullanılır.

- Petrolün özgül ağırlığı ile A.P.I. gravite derecesi arasında ters bir orantı vardır.
- Gravite büyüdükçe yoğunluk küçülmekte ve petrolün kalitesi yükselmektedir/Gravite küçüldükçe yoğunluk artmakta ve petrolün kalitesi düşmektedir.

Daha öncede belirttiğimiz üzere A.P.I. gravite derecesi ile Ö.A. arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

$$API = \frac{141,5}{\text{ÖA} / 60 F} - 131,5$$

\*ÖA özgül ağırlığı g/cm<sup>3</sup> olarak alınır.

# İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Diğer Yakıtlar

Sınırlı petrol kaynaklarının ekonomik ve uzun ömürlü kullanılması, kirletici emisyonların azaltılması amacıyla içten yanmalı motorların yapılarında çok fazla değişiklik yapılmadan kullanılacak alternatif yakıtların araştırılması ve/veya içten yanmalı motorların yerine alternatif motorların geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak;

- ✓ LPG
- ✓ Doğal gaz
- ✓ Metanol/etanol
- ✓ Bitkisel yağ esterleri kullanılmaktadır.

Doğal gaz: Doğal gaz, büyük çoğunluğunu metanın oluşturduğu (%90-96'sı metandır.) içinde etan, propan ve btanın da bulunduğu tabii bir gazdır. Eser miktarlarda azot, benzen, pentan ve karbondioksit de içermektedir. Genellikle elektrik santrallerinde ve ısınmada kullanılmasında ve içten yanmalı Otto ve dizel motorlarda da kullanılmaktadır.

### zellikleri ve Kullanılan Katkıları

- Doğal gaz yanıcı, kokusuz, renksiz ve havadan hafif bir gazdır. Doğal gazı oluşturan metanın oktan sayısı ROS 120 ve MOS 120'dir. Bu zellik doğal gazın buji ile ateşlemeli motorlarda kullanımını için bir avantajdır.
- Doğal gazın, araçlarda yüksek basınçlı tanklarda sıkıştırılmış gaz olarak (**sıkıştırılmış doğal gaz CNG**) veya soğutulmuş sıvı olarak (**sıvılaştırılmış doğal gaz LNG**) maksimum çalışma basıncı 30-36 MPa aralığındadır.



## Doğal gazın fiziksel ve kimyasal bazı özellikleri

Özellik	Metan	Özellik	Metan
Molekül Ağırlığı	16,04	Özgül Isısı kJ/kgK	$C_p=2,2537$
Ergime Sıcaklığı °C	-182,6	Özgül Isı Oranı	1,113
Kaynama Sıcaklığı °C	-161,4	Gaz Sabiti	0,51835
Yoğunluk kg/m <sup>3</sup>	0,7167	Adyabatik Alev Sıcaklığı K	2285
Kritik Sıcaklık ve Basınç °C MPa	-82,5 4,58	Oluşum Isısı MJ/kmol	-74,90
Buharlaştırma Isısı kJ/kg	488,3	Oluşum Entropisi MJ/kmol K	186,3
Yanma Isısı kJ/kg	48,114.567	Doğal Gaz Molekül Ağırlığı	18,3

- Doğal gaz Otto motorlarında emme manifolduna gaz halinde basıncı düşürülmüş olarak verilmektedir.
- Emme manifoldunda hava ile karışım oluşturularak silindire gönderilen doğal gaz sıkıştırma zamanı sonunda buji tarafından tutuşturulmakta ve iş elde edilmektedir.
- Yüksek oktan sayısı yanında yanma sonu ürünleri bakımından da benzinden daha avantajlı bir yakıt olmasına rağmen gaz halinde silindire alındığı için volümetrik (hacimsel) verimi düşürmek gibi bir dezavantajı vardır.

# LPG (Likit Petrol Gazı)

LPG, **Liquefied Petroleum Gases** (sıvılaştırılmış petrol gazları) sözcüklerinin baş harflerinden oluşan bir kısaltmadır. LPG, ham petrolün rafinerilerde benzin, mazot gibi türevlere ayrıştırılmasıyla açığa çıkan veya doğal kaynaklardan çıkarılan **propan ve bütan** gazlarının karışımıdır.

LPG, doymuş hidrokarbonlar grubundan parafinler (alkanlar) ve olefinler içinde yer almaktadır. Parafinlerin kapalı formülleri  $C_nH_{2n+2}$  şeklindedir.

Parafin sınıfı bileşiklerin hepsi petrolde vardır ve motor yakıtlarının ana kısmını oluşturur.

Grubun ilk dört karbonluya kadar olan kısmı gaz halinde bulunur, basınç altında sıvılaştırılabilirler; metan, etan, propan, bütan bu grubun üyeleridir.

## Özellikleri ve Kullanılan Katkılar

Dünyadaki LPG üretiminin % 61'i doğal gaz, % 39'u petrolün rafinerilerde işlenmesi sırasında elde edilmektedir. Kömürden sentetik yollarla da LPG üretilebilir.

Ülkemizde LPG yakıtları «**özel hizmet propanı, ticari bütan, ticari propan ve ticari propan/bütan**» olarak üretilmektedir.

Kullanım alanına göre bu LPG'ler, belirli oranlarda karıştırılarak istenen özellikler elde edilir. Ülkemizde yaz aylarında, %70 bütan, %30 propan karışımı, kış aylarında bazı LPG üreticisi firmalar tarafından %50 bütan, %50 propan olarak değiştirilmektedir.

Otto motorlarında manifolda gaz hâlinde verilen LPG hava ile karışım oluşturarak silindire ulaşır. Sıkıştırma zamanı sonunda buji ile ateşlenmesi sonucu iş elde edilir.

## LPG yakıtlarının bazı özellikleri

Özellikler		Ticari propan	Ticari bütan	Ticari propan-bütan kr	Özel hizmet propanı
İlk kaynama noktası atmosferik basınç °C		-46	-9	-	-46
Sıvı fazın özgül ısısı (15,6°C) kJ/kg °C		1366	1276	-	1366
Bir litre LPG'nin (sıvı) buhar hacmi (15,6 °C) m <sup>3</sup>		0,271	0,235	-	0,271
Hava-gaz karışım patlama sınırı havada hacimce buhar yüzdesi	Alt	2,15	1,55	-	2,15
	Üst	9,60	9,60	9,60	9,60
Kaynama noktası buharlaşma ısısı	kJ/kg	430	388	-	430
	kJ/l	219	226	-	219
Alev sıcaklığı havada °C		1980	2008	-	1980

Otto motorlarda LPG kullanımının **avantaj ve dezavantajları** bulunmaktadır.

### **Avantajları**

- Motora gaz formunda verilen LPG, homojen bir karışım oluşturacak ve emme fazında tamamen buharlaşacağından motor içerisindeki termodinamik proses yakıtın buharlaşma ısısından etkilenmez.
- LPG'nin oktan sayısının yüksek olması nedeni ile yanma hızı, benzine göre daha düşüktür. Silindirdeki basınç bölgesi daha düşük olacağından yumuşak bir yanma sağlar. Piston ve piston kolları üzerinde daha az kuvvet bırakır.
- Soğuk tutuşma nedeniyle silindir duvarlarında yıkanma olmaz. Burada karbon artıkları söz konusu olmadığından motorun ömrü kendiliğinden uzamış olur.
- Benzin yanmalarında karbon kristalleri ve diğer yabancı partiküller silindir yüzeyini aşındırıp motor yağına karışarak motor yağının ömrünü kısaltır. LPG yanmalarında ise karbon kristalleri olmadığından motor yağının ömrü en az iki katına çıkacaktır.

- LPG'nin oktan sayısının yüksek olması sıkıştırma oranının yükseltilmesine, dolayısıyla motor veriminin yükseltilebilmesine imkan verir.
- Silindirlere gönderilen yakıt dağılımı daha üniform olacağından silindirler arası güç dengesi karbüratörlü benzinli motorlara nazaran daha iyi olur.
- Egzoz emisyon değerleri benzin ve dizel yakıtına göre daha düşüktür.
- Sistemin bakımı az ve kolaydır.
- Egzoz sistemi ve bujilerin kullanım ömrü uzar.
- Herhangi bir kaza durumunda LPG tankının yangına dayanma süresi 9 dakika iken benzin depolarında bu süre 1,5 dakikaya kadar düşer.
- Atmosfere (ozon tabakasını) benzine göre daha az zarar verir.
- Yakıt ekonomisi sağlar.

## Dezavantajları

- Yakıt tankı ve diğer elemanlarından dolayı araca ek ağırlık getirir. Yakıt deposu bagaj hacminde daralmaya sebep olur.
- **LPG dönüşüm sistemi ek maliyet getirir.**
- Motor çıkış gücünde % 2 - % 3'lük bir kayıp oluşabilir.
- Depolanması; sıcaklıkla sıvı basıncındaki değişmelerin yüksek olmasından dolayı çok iyi yapılmalıdır ve hiçbir zaman % 80'den fazla doldurulmamalıdır.
- Birim hacminin enerjisi benzine nazaran daha az olduğundan aynı mesafede hacimce daha fazla LPG tüketilir.

## Diğer Yakıtlar

CNG ve LPG den başka motorlarda yakıt olarak;

- hidrojen
- bitkisel yağ esterleri
- alkoller
- biogaz kullanılmaktadır.

**Hidrojen:** Doğal gazdan veya kömürden üretilebildiği gibi suyun elektrolizi yolu ile de üretilmesi mümkündür.

### Avantajları:

- ✓ Oldukça yüksek alev hızı ve tutuşabilirlik özelliği
- ✓ Fakir karışımlarda dahi çalışabilme
- ✓ Yanma sonucunda ürün olarak sadece su çıkması

### Dezavantajları:

- Depolanması
- Taşınması
- Alevlenmesi



**Alkoller:** Motorlarda kullanılan alkoller etanol ve metanol'dür.

### **Avantajları:**

- ✓ Yakıtın oktan sayısını arttırmaları
- ✓ Düşük egzoz emisyon değerleri,
- ✓ Yakıt ekonomisinin iyileşmesi

### **Dezavantajı:**

- Yakıt sistemi elemanlarının aşınması

**Bitkisel Yağ Esterleri:** Motorin ve benzine, bitkilerden elde edilen yağ esterleri katılarak egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi sağlanmaktadır. Belirli miktarlarda benzin veya motorine ilave edilen bu esterler, bitkilerden elde edilmelerinden dolayı dışa bağımlılığı olmayan yakıtlardır.