T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BENZİN-ETANOL KARIŞIMLARININ TAŞIT PERFORMANSINA VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

İlker ÖRS
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU

Konya, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BENZİN-ETANOL KARIŞIMLARININ TAŞIT PERFORMANSINA VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

İlker ÖRS
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI

Danışman
Prof. Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU

Konya, 2007

Bu tez 02.03.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Necmettin TARAKÇIOĞLU	Prof.Dr.Kazım ÇARMAN	Yrd.Doç.Dr. Ali KAHRAMAN
Danışman	Üye	Üye

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BENZİN-ETANOL KARIŞIMLARININ TAŞIT PERFORMANSINA VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

İlker ÖRS
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
2007, 63 sayfa

Jüri: Prof.Dr. Kazım ÇARMAN
Prof.Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
Yrd.Doç.Dr. Ali KAHRAMAN

Bu çalışmada, buji ile ateşlemeli motorlarda, gelecekte benzinin yerine alternatif yakıt olarak kullanılması muhtemel olan etanolun benzin ile karıştırılması sonucu, elektronik ateşleme sistemine ve enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip bir taşıtta, tekerlek tahrik kuvvetine, tekerlek tahrik gücüne, CO, HC ve CO_2 emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Yakıt olarak hacimce %10-20-30 etanol içeren benzin-etanol karışımları kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre; tekerlek tahrik kuvvetinde en yüksek artış, 2. vites durumunda, 20 km/h taşıt hızında E20 yakıtı ile %9.56 oranında olmuştur. Tekerlek tahrik kuvvetinde en yüksek düşüş, 4. vites durumunda, 100 km/h taşıt hızında E30 yakıtı ile %5.75 oranında olmuştur. Tekerlek tahrik gücünde en yüksek artış, 2. vites durumunda, 20 km/h taşıt hızında, E20 yakıtı ile % 9.56 oranındadır. Tekerlek tahrik gücünde en yüksek düşüş, 4. vites durumunda, E30 yakıtı ile %5.44 oranında olmuştur. Emisyonlara bakıldığında; CO emisyonunda, en yüksek düşüş, 4. vites durumunda, 140 km/h taşıt hızında, E20 yakıtı ile yaklaşık 5 kat olmuştur. HC emisyonunda, en yüksek düşüş, 2. vites durumunda, 20 km/h taşıt hızında, E10 yakıtı ile yaklaşık 9 kat olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Benzin-etanol karışımları, alternatif yakıtlar, taşıt performansı, egzoz emisyonları.

ABSTRACT

MS Thesis

EFFECT OF GASOLINE-ETHANOL BLENDS ON VEHICLE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS

İlker ÖRS
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education

Supervisor: Prof.Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
2007, 63 pages

Jüri: Prof.Dr. Kazım ÇARMAN
Prof.Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU
Asist.Prof.Dr. Ali KAHRAMAN

In this study, the effects of blending gasoline and ethanol which will probably be consumed as an alternative for gasoline in the future on wheel impulse force, wheel impulse power, CO, HC and CO_2 emissions were examined at spark ignition engines, at vehicles with electronic ignition system and injection fuel system. As fuel, gasoline-ethanol blends with a %10-20-30 ethanol was used. According to the results of the experiment, the highest increase at the wheel impulse force was spotted as %9.56 at second gear, at the speed of 20 km/h, with E20 fuel. The highest decrease at the wheel impulse force was spotted as %5.75 at forth gear, at the speed of 100 km/h, with E30 fuel. The highest increase at the wheel impulse power was spotted as %9.56 at second gear, at the speed of 20 km/h, with E20 fuel. The highest decrease at the wheel impulse power was spotted as %5.44 at forth gear, with E30 fuel. When the emissions are considered, the highest decrease at CO emission was spotted as about 5 fold at forth gear, at the speed of 140 km/h, with E20 fuel. The highest decrease at HC emission was spotted as about 9 fold at second gear, at the speed of 20 km/h, with E10 fuel.

Keywords: Gasoline-ethanol blends, alternative fuels, vehicle performance, exhaust emissions.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, benzin-etanol yakıtının taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Bu değerlerin bilinmesi gelecekte alternatif yakıt olarak kullanılabilecek olan etanolun taşıt performansını artırıcı, çevreyi koruyucu, maliyeti düşürücü etkenlerin çözümünde önemli bir çözüm aracı olması hedeflenmiştir.

Tüm çalışmalarım esnasında, ilgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip bana rehberlik eden danışmanım sayın Prof.Dr. Necmettin TARAKÇIOĞLU hocama, deneyler esnasında, yardım ve bilgilerini esirgemeyen değerli Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi hocalarım ve arkadaşlarım ile Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı hocalarıma, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
ŞEKİL DİZİNİ v
ÇİZELGE DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 5
3. MATERYAL METOT 16
3.1. Materyal 16
3.1.1. Deney Taşıtı 16
3.1.2. Taşıt dinamometresi ve kontrol paneli 17
3.1.3. Egzoz Emisyon Cihazı 19
3.1.4. Deney yakıtları 20
3.1.5. Ölçüm kapları 24
3.2. Metot 25
3.2.1. Tekerlek tahrik kuvveti 25
3.2.2. Tekerlek tahrik gücü 26
3.2.3. Egzoz emisyonları 27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 29
4.1. Taşıt Performans Deneyleri Sonuçları 29
4.1.1. Tekerlek tahrik kuvveti 29
4.1.3. Tekerlek tahrik gücü 34
4.2. Emisyon Sonuçları 38
4.2.1. CO emisyonu 38
4.2.2. HC emisyonu 41
4.2.3. CO_2 emisyonu 43
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 46
6. KAYNAKLAR 51
EK…..…….56

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Deney taşıtı 17
Şekil 3.2. Taşıt dinamometresi 17
Şekil 3.3. Taşıt dinamometresi kontrol paneli 18
Şekil 3.4. Taşıt dinamometresi kontrol paneli güç testi fonksiyonu örneği 18
Şekil 3.5. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazı 19
Şekil 3.6. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazı ekranı 20
Şekil 3.7. M85, E85 ve benzinin motor momentine ve gücüne etkisi……22
Şekil 3.8. Deney yakıtları 24
Şekil 3.9. Ölçüm kapları 25
Şekil 4.1. E0 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği ... 29
Şekil 4.2. E10 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği . 30
Şekil 4.3. E20 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği . 30
Şekil 4.4. E30 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği . 31
Şekil 4.5. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği 32
Şekil 4.6. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği 33
Şekil 4.7. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği 33
Şekil 4.8. E0 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği..... 34
Şekil 4.9. E10 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği..... 34
Şekil 4.10. E20 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği.... 35
Şekil 4.11. E30 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği.... 35
Şekil 4.12. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik gücü grafiği 36
Şekil 4.13. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik gücü grafiği 37
Şekil 4.14. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik gücü grafiği 38
Şekil 4.15. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda CO emisyonu grafiği..... 39
Şekil 4.16. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda CO emisyonu grafiği..... 40
Şekil 4.17. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda CO emisyonu grafiği..... 40
Şekil 4.18. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda HC emisyonu grafiği..... 41
Şekil 4.19. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda HC emisyonu grafiği..... 42
Şekil 4.20. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda HC emisyonu grafiği..... 43
Şekil 4.21. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği..... 44

Şekil 4.22. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği..... 44
Şekil 4.23. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği..... 45

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya fosil yakıt rezervlerinin yıl olarak kullanılabilme süreleri 2
Çizelge 2.1. Yakıtlara göre egzoz emisyon değerleri ve yakıt tüketimi 6
Çizelge 3.1. Deney taşıtının teknik özellikleri 16
Çizelge 3.2. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri .. 19
Çizelge 3.3. Bazı alkollerin fiziksel özellikleri 21
Çizelge 3.4. Bazı metanol-benzin ve etanol-benzin karışımlarının çeşitli özellikleri 23
Çizelge 3.5. Deney yakıtlarının bazı fiziksel özellikleri 24

1. GİRİŞ

Enerji gelişen dünyanın vazgeçilemez bir ihtiyacıdır. Ülkeler hedefledikleri ekonomik büyümeyi ve sosyal kalkınmayı gerçekleştirmek için ihtiyaç duydukları enerjiyi yeterli miktarda, güvenilir, çevreye duyarlı ve ekonomik olarak karşılamak durumundadırlar. Bugün dünyamızda kullanılan enerji kaynaklarının başında gelen fosil yakıtların yerini, gelecekte bunlara alternatif yakıtların alacağı kaçınılmazdır (Topgül 2006). Dünyadaki petrol rezervleri ve üretim miktarı dikkate alındığında petrolün 21. yy ortalarında tükeneceğine yönelik tahminler yapılmaktadır (Dekr 2002).

Taşıtlarda kullanılan petrol kökenli yakıtların yukarıda belirtildiği gibi gelecekte ihtiyacı karşılayamaz duruma gelmesi, alternatif enerji kaynaklarının araştırılmasına olan ilgiyi artırmıştır (İmrağ 2006).

Bu tahminlerin yanı sıra çevre kirliliğinin de giderek artıyor olması daha çevreci yakıt kaynaklarına yönelik çalışmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır (Topgül 2006).

Yukarıda belirtilen tüm bu gerçeklere bağlı olarak yapılan araştırmalarda; genel olarak bir üretim sürekliliğine ve daha düşük emisyon değerlerine sahip LPG, hidrojen, etanol, metanol ve doğal gaz gibi alternatif yakıtlar taşıtlarda kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak taşıtlarda kullanabilmek amacı ile güneş enerjisi, biokütle enerjisi ve yakıt pilleri de dünya üzerinde çok yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Dünyadaki sanayileşme süreci tarihte enerji kaynaklarıyla bağlantılı olarak belli dönemeçlerden geçmiştir. Kömürün buhar makinelerinde kullanılması, bugünkü termik santrallerin temellerini atmıştır. Petrol, kara taşımacılığına ivme kazandırmıştır. Ancak aynı zamanda 1973'te yaşanan petrol kriziyle ülke ekonomileri büyük sıkıntı da yaşamıştır. 1973'teki kriz; Arap – İsrail savaşı yüzünden, Suudi Arabistan, İran, Irak ve Kuveyt gibi ülkelerin üretimi azaltması ve fiyatları artırmasıyla ortaya çıkmıştır. Bugün yükselen petrol fiyatlarında Irak'ın işgalinin rolü olduğu kadar azalan rezervlerinde payı vardır. Yapılan analizler, iklim değişikliğinden enerji üretiminin güvenliğine kadar uzanan, daha çok faktörlü ama uzun dönemli bir başka petrol krizine işaret ediyor. Bilinen petrol rezervlerinin

yaklaşık 40 yıl kadar dayanacağı tespiti de yüksek fiyatlara eklenince, ülkeler başka çıkış yolları arıyorlar (Thuijl ve ark 2003, CEC 2006, Gürbüz 2006). Tablo 1.1.'de dünya fosil yakıt rezervlerinin kullanılabilme süreleri yıl olarak verilmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya fosil yakıt rezervlerinin yıl olarak kullanılabilme süreleri (Dekr 2002)

Bölge	Petrol	Doğalgaz	Kömür
Kuzey Amerika	14	10	234
Orta ve Güney Amerika	19	72	381
Avrupa	8	16	167
Eski SSCB Ülkeleri	21	79	>500
Ortadoğu	87	>100	>500
Afrika	27	90	246
Asya ve Okyanusya	16	44	147
TOPLAM DÜNYA	**40**	**62**	**216**

Dünya enerji üretim ve tüketiminde fosil yakıtlar ve özellikle petrol önemli bir paya sahiptir. Dünya enerji üretim ve tüketiminde petrolün payı 1950 öncesinde % 30'un biraz altında iken, 1980'de % 50 ve 1990'da % 55 gibi yüksek bir değere ulaşmıştır. Sadece bu değişme oranları bile, dünya enerji tüketiminde bu kaynağın, ne derece önem taşıdığını göstermeye yeterli sayılabilir (Doğanay 1998).

İsveç petrole elveda diyen ülkelerin başında gelmektedir. 2020'ye gelindiğinde ulaşımda petrole olan bağımlılığı sıfıra indirmeyi amaçlayan İsveç, "bioyakıtlar" olarak adlandırılan etanol ve biodizel üretmek için ormanlarını kullanmayı planlamaktadır. Etanol üretiminde dünya lideri Brezilya da petrol bağımlılığını hızla azaltıp, ulaşımda etanol kullanımını % 80'e çıkarmayı hedeflemektedir. Bunu için etanol üretimini 2013'e kadar iki katına çıkarmak isteyen Brezilya'da 30 bin yakıt istasyonu şeker kamışından üretilen etanol satışı yapılabilmektedir. Günlük 204 bin varil petrole denk düşen etanol üretimi, her yeni 10 araçtan 7'sinin petrol, etanol veya her ikisinin karışımıyla çalışmasına olanak verecek şekilde yapılmaktadır (Westerholm ve ark 2004, EU-PP 2005, Gürbüz 2006).

Modern yaşamda taşımacılık hem hayati hem de stratejik bir sektördür. Otomobil endüstrisi çoğu ülkenin gayri safi milli hasılasının % 10'undan daha fazlasını oluşturmakta ve tüketici harcamalarının içerisinde geniş bir paya sahip

olmaktadır. Günümüzde fosil kökenli yakıt kullanan araçlar hem şehir alanlarını hem de atmosferi kirleten birer tehlikedir. Yakıt ve otomobil endüstrisi, insan sağlığı ve çevre sorunları üzerine meydana gelen olumsuz etkileri, teknik, sosyal, politik ve finansal olarak çözmek zorundadır. Bununla ilgili olarak biyolojik kökenli yenilenebilir, çevre dostu temiz yakıtlara ihtiyaç vardır. Biyoetanol, her tür biokütleden üretilebilen geniş bir potansiyele sahiptir ve büyük veya küçük tesislerde uygun fiyatlarla üretilebilmektedir (Acaroğlu ve ark 2004).

İçten yanmalı motorlarda kullanılabilecek yakıtlar, ucuz ve bol miktarda üretilebilmesi, ısıl değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeylerde egzoz emisyonu oluşturması istenir. Alkoller otomobillerin icat edildiği yıllardan beri motorlarda kullanılmaktadır. Alkollerden sadece metanol ve etanol petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Etanol yüksek oktan sayısına sahiptir ve tarımsal ürünlerden üretilmektedir. Etanol bu özellikleri nedeni ile buji ateşlemeli motorlar için uygun bir yakıttır ve motorlarda tek başına yada benzinle belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmaktadır (Çolak 2006).

Benzinli motorlarda hacimsel olarak % 7-10 konsantrasyonunda etanol ile benzinin karıştırılması Kuzey Amerika'da yaygın bir uygulama olarak kendini göstermektedir. 1970'den beri üretilen araçlara yakıt karışımı % 10 etanollu (E10) tam olarak uymaktadır. Bütün üreticiler E10 karışımının kullanılmasını onaylamakta ve taşıtlarını bu yakıt için garanti etmektedir (www.konyaseker.com.tr).

Tüm dünyada zararlı egzoz emisyonları için getirilen yasal sınırlamalar içten yanmalı motorların emisyonlarında da azalma sağlamak için çalışmaları teşvik etmiştir. Yasal düzenlemelerin gerekliliklerini yerine getirmek için sadece motor tasarımında yapılacak değişiklikler yeterli olmamaktadır. Emisyonları azaltmak için katalitik sistemler uygulanmakla birlikte, alternatif yakıtlar üzerine çalışmalar devam etmektedir. Kullanılacak alternatif yakıtın, yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ve mevcut teknolojide önemli bir yapısal değişiklik gerektirmeden doğrudan kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır (Can ve ark 2005).

Alkollerin daha düşük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve diğer yakıtlarda bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır

metalleri içermemelerinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır (Can ve ark 2005).

Bu çalışmada, yeni nesil yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir taşıtta benzin ve etanol karışımlarının taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada, benzin ile etanolun karıştırılması ile elde edilen yakıtın, taşıt performansı ve egzoz emisyonları üzerine etkisinin deneysel olarak incelenerek sonuçların grafiksel olarak ortaya konulması, taşıtlarda etanol kullanımının uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Czerwinski (1994) çalışmasında, dizel yakıtına hacimce %30 oranında etanol ilave etmiş, motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Deneyleri tam yükte ve kısmi yüklerde yapmıştır. Deneyler sonucunda, etanol içeren yakıt karışımında, motor çıkış gücünde genel olarak %12.5'lik bir azalma gözlemlemiştir. Tam yükte yaptığı deneylerde, motor devri arttıkça motor torkunda yaklaşık %16'lık bir azalma, özgül yakıt tüketiminde (Ö.Y.T.) ise bir miktar iyileşme gözlemlemiştir. Kısmı yüklerde yaptığı deneylerde, Ö.Y.T.'de gözle görülür bir değişim olmadığını söylemiştir. Egzoz emisyonları değerlerine bakıldığında, tam yükte yaptığı deneylerde, CO, NO_x ve duman emisyonlarında gözle görülür bir azalma, HC emisyonlarında ise özellikle yüksek devirlerde artış gözlemlemiştir. Kısmi yüklerde yaptığı deneylerde CO, HC ve NO_x emisyonlarında bir miktar artış gözlemlemiştir.

Benson ve ark. (1995) çalışmalarında, değişik türlerde yakıtların kullanılabildiği yakıt sistemine sahip araçlarda hacimce %85 etanol içeren benzin-etanol karışımı yakıtla birlikte 1988 ulusal ortalama bileşimi olarak adlandırılan ve "A" olarak isimlendirdikleri benzin ile 1996 California Faz2 düzenlemesini karşılayan ve C2 olarak adlandırılan yakıtların egzoz emisyonlarına etkisini incelemişler ve karşılaştırmışlardır. Deneylerde Chevrolet Lumina, Ford Taurus ve Plymouth Acclaim marka taşıtlar kullanmışlardır. Chevrolet Lumina marka araçtan elde edilen CO ve NO_x emisyon değerleri etanol-benzin karışımı yakıt kullanıldığında diğer yakıtlara göre daha az olmuştur. Diğer araçlarda ise CO emisyonunda etanol-benzin karışımlı yakıtta diğer yakıtlara göre artış, NO_x emisyonunda ise azalma olduğunu söylemişlerdir.

Guerrieri ve ark. (1995) çalışmalarında, yüksek oranda etanol ilaveli etanol-benzin karışımlarını, 1990 ve 1992 yıllarında üretilmiş altı benzinli araçta, hacimsel olarak %10-40 arasında etanol içeren, dokuz farklı etanol benzin karışımı kullanarak taşıt egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Temel yakıt ile test yakıtları arasındaki bulguları oransal olarak hesaplamışlardır. HC ve CO emisyonları ile yakıt ekonomisindeki değişimlerin karışımdaki etanolun miktarına göre değiştiğini söylemişlerdir. En yüksek etanol içeren karışımla yapılan test sonuçlarında HC

emisyonunda %30, CO emisyonunda %50 ve yakıt tüketiminde %15 azalma olduğunu göstermişlerdir.

Fanick ve ark. (1996) çalışmalarında, değiştirilebilir yakıt sistemine, 3lt motor hacmine, V6 tip silindir bloğuna, üç yollu katalitik konvertöre ve EGR sistemine sahip 1994 model Ford Taurus marka araçta yakıt olarak, benzin, LPG, doğalgaz, %85 etanol içeren benzin-etanol karışımı (E85) ve %85 metanol içeren benzin-metanol (M85) kullanmışlar ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Karışımlarda kullanılan etanol %5 benzin ile karıştırılıp denatüre edilmiştir. Deneyler sonunda kullanılan yakıta göre elde edilen emisyon değerleri çizelge 2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 2.1. Yakıtlara göre egzoz emisyon değerleri ve yakıt tüketimi (Fanick ve ark 1996)

	HC (g/km)	CO (g/km)	NO_x (g/km)	Yakıt tüketimi (lt/km)
Benzin	2,21	43,15	0,3	12,4
LPG	1,75	54,62	0,04	13,05
Doğalgaz	2,97	66,84	< 0,01	16,29
E85	2,06	41,4	0,02	15,62
M85	1,19	32,27	0,02	20,5

Kelly ve ark. (1996) çalışmalarında, farklı yakıtların kullanılabildiği Chevrolet Lumina marka bir araçta hacimce %50 ve % 85 etanol içeren yakıtları kullanarak egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Deneylerde kullanılan taşıtlar 1992 ve 1993 model olup farklı yakıtların kullanılabildiği 21 adet Chevrolet Lumina marka araç ve aynı sayıda standart benzinli Chevrolet Lumina araç kullanmışlardır. Araçların motorlarının silindir tipi V6, silindir hacmi 3.1 lt, sıkıştırma oranı 8,8:1, yakıt sistemi de çok nokta enjeksiyonludur. Bu araçların motorlarının segmanları, yakıt depoları, motor elektronik kontrol ünitesi (ECU), enjektörleri farklıdır. %85 etanol içeren karışım kullanıldığında benzine göre genel olarak NO_x emisyonlarında maksimum %32'lik bir azalma, CO emisyonunda da %24'lük bir azalma olduğunu söylemişlerdir.

Abdel-Rahman ve ark. (1997) çalışmalarında, hacimce %10-20-30 ve 40 etanol içeren etanol-benzin karışımlarının farklı sıkıştırma oranlarında motor performansına etkilerini araştırmışlardır. Test yakıtı olarak hazırlanan karışımlara 72 saat sonra bakıldığında bir faz ayrışımına rastlanmadığını söylemişlerdir. Gaz kelebeği tam açık iken ve motor devri 2150 d/d'da iken farklı sıkıştırma oranlarında indikatör diyagramındaki değişimi incelemişlerdir. Sıkıştırma oranının 10:1 olduğu durumda, %10 etanol içeren karışımdan elde edilen indike basıncın benzine göre yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Diğer karışımlarda indike basınç değerinin azaldığını söylemişlerdir. Kullanılan yakıtların oktan sayılarına göre elde ettikleri değerleri göze alarak her bir karışım için en iyi sıkıştırma oranını %10 etanol içeren karışım için 8:1, %20 etanol içeren karışım için 10:1, %30 etanol içeren karışım için 12:1, %40 etanol içeren karışım için 12:1 olarak tespit etmişlerdir. Yaptıkları bu testler sonucunda, benzine etanol ilavesinin oktan sayısını artırdığını, etanolun buharlaşma ısısının benzine göre daha yüksek olmasından dolayı etanol ilavesinin karışımın ısıl değerinin azalttığı için performansı olumsuz etkilediğini söylemişlerdir.

Al-Baghdadi (2000) yapmış olduğu çalışmasında, dört zamanlı, değişken sıkıştırma oranına sahip buji ateşlemeli bir motorun, performans ve emisyon değerlerine ilave yakıt olarak hidrojen ve etanol kullanımının etkisini incelemiştir. Ek yakıt olarak hidrojen-etanol kullanarak yaptığı deneylerde tüm motor performans parametrelerinde iyileşme olduğunu belirtmiştir. Egzoz emisyonlarındaki değişmelerde ise, CO emisyonunda %48.5 ve NO_x emisyonunda %31.1'e kadar bir azalma gözlemlemiştir. Ek olarak ÖYT'de %58.5 azalama, ısıl verimde de %4.72 ile %10.1 arasında artış olduğunu belirtmiştir.

Ajav ve ark. (2000) çalışmalarında, bir dizel motorunda hacimce %5-10-15-20 etanol içeren dizel-etanol karışımlarını yakıt olarak kullanmışlar ve motorun termal balansına etkisini incelemişlerdir. Yapmış oldukları deneyler sonucunda, dizel yakıtı kullanılarak faydalı işe dönüşen enerji miktarı %28.68 iken, %5-10-15-20 etanol içeren karışımlarda sırası ile %28.73-31.06-31.95-32.89 olmuştur. Soğutma suyuna geçen ısı kaybı oranında azda olsa bir azalma olduğunu söylemişlerdir. Yağlama yağına geçen ısı kaybı miktarında karışımdaki etanol içeriği arttıkça %33'e kadar gelen önemli bir azalma gözlemlemişlerdir.

Caro ve ark. (2001) çalışmalarında, dizel yakıtına hacimsel olarak %10–20 etanol ve gliserol iskeletli heteroatomlar ile amino eter, hidroksil ve nitrat grubundan hacimsel olarak %2 organik maddeler ekleyerek direkt püskürtmeli ve endirekt püskürtmeli dizel motorlarda tam yükte ve yüksüz durumda olmak üzere performans ve egzoz emisyonu karakteristiklerini incelemişlerdir. Direkt püskürtmeli dizel motorda yapılan deney sonuçlarında yüksüz durumda motor devri arttıkça, sadece etanol-dizel yakıtı karışımı kullanılarak elde edilen güç değerlerinde kayda değer bir artış olduğunu söylemişlerdir. Tam yük durumunda ise, motor devri arttıkça etanol-dizel karışımı yakıtlardan elde edilen güç değerlerinde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Gerek tam yükte, gerekse yüksüz durumda HC emisyonun, motor devri arttıkça etanol-dizel yakıtı karışımı kullanılarak elde edilen değerlerin, dizel yakıttan elde edilen değerlere göre yüksek olduğunu belirtmişlerdir. CO emisyonunda oldukça düşük ölçüde bir değişiklik olduğunu söylemişlerdir. NO_x emisyonlarında ise her iki durum içinde etanol-dizel yakıtı ile elde edilen verilerde dizel yakıttan elde edilenlere göre azalma olduğunu söylemişlerdir. Endirekt püskürtmeli dizel motorlarda ise tam yükte alınan değerlerde devir sayısı arttıkça, motor gücünde azalma gözlemlemişlerdir. 3/4 yükte yapılan deneylerde ölçülen emisyon değerlerinde devir sayısı arttıkça HC emisyonunda artış, CO ve NO_x emisyonlarında azalma olduğunu söylemişlerdir.

Poulopolos ve ark. (2001) çalışmalarında, hacimce %3 ve %10 etanol içeren etanol-benzin karışımlarını yakıt olarak kullanmışlar ve motor gücüne göre egzoz emisyonlarını değerlendirmişlerdir. Maksimum motor gücü 14.19 kW, minimum motor gücü 0,104 kW' dir. HC emisyonlarında, orta güçlere kadar %3 etanol içerikli karışımdan elde edilen değerin daha düşük, orta güçlerden sonra ise %10 etanol içeren karışımın emisyon değerinin daha düşük olduğunu göstermişlerdir. CO emisyonlarında ise genelde %10 etanol içeren yakıttan elde edilen değerlerin daha düşük olduğunu göstermişlerdir.

Al-Fahreydi (2002) yapmış olduğu çalışmada, yakıt olarak hacimce %10-15 ve 20 metil tetra bütil eter (MTBE), metanol ve etanol içeren karışımları kullanmış, buji ile ateşlemeli bir motorda kullanılan kurşunlu ve kurşunsuz benzinin oktan sayısını bu yakıtlarla değiştirerek egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. 2000 d/d'da 680 kPa fren ortalama efektif basınç altında, kurşunsuz benzin kullanarak

hazırladığı karışımlarla yapmış olduğu deneylerde CO, HC ve NO_x emisyonlarının değerlerini oktan sayısına göre gözlemlemiştir. Deneylerden elde ettiği sonuçlara göre, genelde oktan sayısının artmasıyla HC ve CO emisyonlarının azaldığını, NO_x emisyonunun arttığını göstermiştir. Kurşun tetra etil içeren benzin kullanarak hazırladığı karışımları sabit motor yüklerinde, 1000-2000 ve 3000 d/d motor devirlerinde kullanarak elde ettiği sonuçlarda CO ve NO_x emisyonlarının motor devrine bağlı olarak arttığını, HC emisyonlarının azaldığını göstermiştir. Özellikle MTBE kullanılarak hazırlanan karışımların kullanılması ile elde edilen değerlerde CO ve HC emisyonları değerlerinin oktan sayısının artması ile azaldığını, NO_x emisyonunun ise arttığını göstermiştir.

Heiseh ve ark. (2002) çalışmalarında, hacimce %5-10-20-30 etanol içeren etanol-benzin karışımlarını 1600 cm^3 silindir hacmine ve 9.5:1 sıkıştırma oranına sahip buji ile ateşlemeli bir motorda yakıt olarak kullanmışlar, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Motor momenti değerleri incelendiğinde, etanol-benzin karışımları kullanılarak elde edilen değerlerin sadece 1000, 2000, 3000 ve 4000 d/d motor devirlerinde benzin kullanılarak elde edilen değerlere yakın olduğunu, daha sonraki devirlerde moment değerinin düştüğünü göstermişlerdir. Bunun nedeninin, içeriğinde oksijen bulunan etanolun benzinle karışmasından dolayı silindire alınan karışımın fakirleşmesinden kaynaklandığını söylemişlerdir. Fren özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde, genel olarak çok fazla bir değişiklik olmadığını belirtmişler ve bunun nedenini etanolun silindirlere alınan karışımı fakirleştirmeye yönelik etkisinden dolayı yanmanın daha fazla tamamlanabilmesi olduğunu söylemişlerdir. Egzoz emisyon değerlerini 3000 d/d sabit motor devrinde, gaz kelebeği açıklığını değiştirerek ölçmüşlerdir. CO ve HC emisyonlarının, karışımdaki etanol miktarının artması ile azaldığını, bunun nedeninin hava fazlalık katsayısının, karışımdaki etanol oranının artması ile yükselmesi olduğunu ve böylece de yanmanın tam olmasından dolayı belirtilen emisyon değerlerinin düşük olduğunu söylemişlerdir. NO_x emisyonlarındaki değişim ile yakıt tipi arasında bir ilişki kuramadıklarını, NO_x emisyonunun, motorun çalışma koşullarına bağlı olarak değiştiğini söylemişlerdir.

Al-Hasan (2003) çalışmasında, kurşunsuz benzine hacimce %2.5-25 arasında, ve her seferinde %2.5 oranda artırarak etanol ilave ederek motor performansına ve

egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. 3/4 gaz kelebeği açıklığında, 1000, 2000, 3000 ve 4000 d/d' da yapmış olduğu deneyler sonucunda, etanol-benzin karışımlarının motor gücünde ortalama %8.3 oranında, ısıl verimde %9 oranında ve hacimsel verimde %7 oranında bir artış olduğunu söylemiştir. Ayrıca yakıt tüketiminde ortalama %5.7 artış, özgül yakıt tüketiminde ise yaklaşık olarak %2.4 oranında bir azalma olduğunu belirtmiştir. Egzoz emisyonlarına bakıldığında, CO emisyonunda yaklaşık %46.5 oranında, HC emisyonunda da %24.3 oranında bir azalma gözlemlemiştir. CO_2 emisyonunda ise %7.5 oranında artış tespit etmiştir. Yapmış olduğu çalışma sonucunda, hem motor performans değerleri hemde egzoz emisyon değerleri bakımından en iyi sonuçların hacimce %20 etanol içeren karışımdan elde edildiğini belirtmiştir.

He ve ark. (2003) çalışmalarında, hacimce %10 ve %30 etanol içeren etanol-kurşunsuz benzin karışımlarının, enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip, 8.2:1 sıkıştırma oranı olan buji ile ateşlemeli bir motorun egzoz emisyonlarına etkisini ve katalitik konvertör verimini ölçmüşlerdir. Deneyler sonucunda, tam yükte, motor devri arttıkça, CO emisyonunda her iki karışım için ortalama %5 oranında bir azalma olduğunu, CO emisyonu için katalitik konvertör veriminin ise özellikle %30 etanol içeren karışımda, kısmi yüklerde arttığını söylemişlerdir. HC emisyonlarında, %10 etanol içeren karışımda, orta devirlerde yaklaşık olarak %15 oranında, %30 etanol içeren karışımda ise yaklaşık %25-30 oranında azalma olduğunu belirtmişlerdir. HC emisyonları için katalitik konvertör veriminin bir miktar düşük olduğunu, ancak kayda değer bir değişim olmadığını belirtmişlerdir. NO_x emisyonlarında azalma gözlemlediklerini, bunun nedeninin etanolün benzine göre daha yüksek buharlaşma ısısına sahip olması olarak belirtmişlerdir. NO_x emisyonları için katalitik konvertör veriminin daha düşük olduğunu, fakat katalitik konvertör sonrası ölçülen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğunu söylemişlerdir.

He ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmalarında, dizel yakıtına etanol karıştırarak dört zamanlı bir motorun egzoz emisyonlarını ve dizel yakıtı-etanol karışımlarının bazı özelliklerini incelemişlerdir. Dizel yakıta etanol eklenmesinin sonucunda, setan sayısının azaldığını, üst ısıl değerin arttığını, kinematik viskozitenin ve distilasyon sıcaklıklarının azaldığını söylemişlerdir. Egzoz emisyonu ölçümleri sonucunda, is ve CO emisyonlarında önemli bir azalma, NO_x ve CO_2

emisyonlarında ise bir miktar azalma gözlemlemişlerdir. Toplam HC emisyonlarında da dizel yakıtına göre azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Yüksel ve ark. (2004) çalışmalarında, buji ile ateşlemeli bir motorun karbüratörünü etanol-benzin karışımı ile çalıştırabilmek için modifiye etmişlerdir. Bunun için karbüratöre ikinci bir şamandıra devresi ekleyip etanol ve benzin için ayrı ayrı yakıt tankı kullanmışlardır. Bu sayede benzindeki etanol miktarının, karbüratörün ventürü boğazından geçen havanın debisine göre değiştiğini, yani motor devrinin artması ile karışımdaki etanol miktarının arttığını belirtmişlerdir. Deneyler sonucunda ısıl verimde önemli bir değişiklik olmamasına rağmen, özgül yakıt tüketiminde artış, motor momenti ve motor gücünde azalma olduğunu söylemişlerdir. CO emisyonunda %80, HC emisyonunda da %50'ye kadar azalma olduğunu belirtmişlerdir. CO_2 emisyonunda ise motorun çalışma koşullarına göre %20 artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Wu ve ark. (2004) çalışmalarında, etanol-benzin karışımlarının benzinli bir motorda kullanılması esnasında hava/yakıt oranının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Hava fazlalık katsayısının artması ile etanol-benzin karışımı ile çalışan motorun çıkış torkunda, kısmi gaz kelebeği açıklığında önemli bir artış olduğunu belirtmişlerdir. Etanol-benzin karışımındaki etanol oranının artması ile karışımın oksijence zenginleşmesinden dolayı CO ve HC emisyonlarında azalma olduğunu söylemişlerdir. Beygir gücü başına düşen CO_2 emisyonunda ise benzine göre azalma gözlemlemişlerdir.

Can ve ark. (2004) çalışmalarında, turboşarjlı, endirekt püskürtmeli bir dizel motorunda, farklı enjeksiyon basınçlarında (150-200-250 bar), hacimsel olarak %10-15 etanol katkılı dizel yakıtının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Homojenliği sağlamak için %1 oranında isopropanol eklemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, enjeksiyon basıncı arttıkça, özellikle 1500-2000 d/d motor devirleri arasında, NO_x emisyonunda artış, CO, is ve SO_2 emisyonlarında da azalma gözlemlemişlerdir. Motor gücünde ise az da olsa azalma olduğunu söylemişlerdir.

Xing-cai ve ark. (2004) çalışmalarında, hacimce %15 etanol içeren dizel yakıtı etanol karışımlarının setan sayısını değiştirerek egzoz emisyonlarına ve ısı yayılımına etkisini incelemişlerdir. Setan sayısını %0.2 ve %0.4 oranında artırmışlardır. Isıl verimde kayda değer bir iyileşme olduğunu söylemişler ve bunun

sonucunda özgül yakıt tüketiminde azalma olduğunu göstermişlerdir. Etanol-dizel karışımının setan sayısının artması ile CO, NO_x, HC ve is emisyonlarında azalama olduğunu, ısı yayılımında da iyileşmeler olduğunu söylemişlerdir.

Schifter ve ark. (2004) çalışmalarında, aralarında %85 etanol içeren etanol-benzin karışımı da bulunan değişik yakıt formülasyonlarının egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında, birinci nesil, ikinci nesil ve üçüncü nesil yakıt sistemlerine sahip farklı araçlar kullanmışlardır. Etanol içeren karışım benzinle kıyaslandığında, CO emisyonları açısından birinci nesil taşıtlarda yaklaşık %20, ikinci nesil taşıtlarda yaklaşık %8 ve üçüncü nesil taşıtlarda yaklaşık %9 oranlarında azalma gözlemlemişlerdir. HC emisyonlarında, birinci nesil taşıtlarda yaklaşık %9, ikinci nesil taşıtlarda yaklaşık %2.5 oranlarında azalma, üçüncü nesil taşıtlarda %1.2 oranında artış gözlemlemişlerdir. NO_x emisyonlarında, birinci nesil taşıtlarda %7.6 oranında, ikinci nesil taşıtlarda yaklaşık %6 oranında ve üçüncü nesil taşıtlarda yaklaşık %14 oranında bir artış gözlemlemişlerdir.

Can ve ark. (2005) çalışmalarında, farklı motor devri ve yüklerinde, ön yanma odalı bir turbo dizel motorunun dizel yakıtına hacimsel olarak %10 ve %15 etanol katarak egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Deney sonuçlarında, NO_x emisyonlarında artma ve ısıl değerin düşük olmasından dolayı da motor gücünde bir miktar azalma olmasına rağmen, CO, is ve SO_2 emisyonlarında azalma olduğunu söylemişlerdir. Emisyonlardaki iyileşmenin tam yükte, kısmi yüklere oranla daha çok olduğunu belirtmişlerdir.

Ceviz ve ark. (2005) çalışmalarında, hacimce %0-20 arasında etanol ilave edilmiş etanol-kurşunsuz benzin karışımlarını değişik periyodik oranlarda denemişler, genel olarak CO ve HC emisyonlarında azalma, CO_2 emisyonunda artış olduğunu göstermişlerdir. Elde edilen verilere göre en iyi emisyon değerlerinin hacimce %10 etanol içeren karışımlardan elde edildiğini söylemişlerdir.

Bayraktar (2005) çalışmasında, buji ateşlemeli bir motorda, benzine hacimsel olarak %1.5-3-4.5-6-7.5-9-10.5 ve 12 etanol ilave ederek, 7.75 ve 8.25 sıkıştırma oranlarında, tam gaz kelebeği açıklığında, 1500 d/d'da performans ve emisyon ölçümleri yapmıştır. Bunun yanında yazar kendisinin geliştirmiş olduğu matematiksel motor çevrim modeli ile hacimce %0-21 etanol içeren benzin-etanol karışımlarında teorik bir çalışma yapmıştır. Deneysel çalışmaların sonucunda, motor

performansı ve CO emisyonu için en uygun yakıt karışımının %7.5 etanol içeren karışım olduğunu söylemiştir. Teorik çalışma sonucunda ise, en iyi sonuçları veren karışımın %16.5 etanol içeren karışım olduğunu söylemiştir.

Jia ve ark. (2005) çalışmalarında, %10 etanol içeren etanol-benzin karışımını buji ateşlemeli bir motorda kullanarak egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Etanol katkılı yakıt karışımının CO ve HC emisyonu değerlerinde önemli ölçüde azalma olduğunu, NO_x emisyonlarında ise kayda değer bir değişme olmadığını söylemişlerdir.

Song ve ark. (2006) çalışmalarında, buji ateşlemeli bir motorda, hacimsel olarak %5-10-15-20 oranlarında MTBE içeren MTBE-benzin ve hacimsel olarak %2.45-4.9-7.34-9.79 etanol içeren etanol-benzin yakıtlarını kullanmışlar ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, egzoz emisyonlarının etanol katkılı yakıtlarda genel olarak daha düşük değerlerde olduğunu söylemişlerdir.

Bromberg ve ark. (2006) çalışmalarında, turboşarjlı, enjeksiyonlu bir buji ateşlameli motorda, yakıt olarak %100 etanol ve benzin kullanarak vuruntuya etkisini incelemişlerdir. Geleneksel enjeksiyonlu motorlara göre kıyaslandığında, %100 etanol püskürtmenin %30 daha verimli olduğunu göstermişlerdir. Bunun etanolun oktan sayısının benzine göre daha yüksek olduğundan kaynaklandığını söylemişlerdir.

Pang ve ark. (2006) çalışmalarında, yakıt olarak Biyodizel-etanol-dizel yakıtlarını kullanmışlar, performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. 1800 d/d sabit motor devrinde yükü değiştirerek yaptıkları deney sonucunda, HC emisyonlarında biyodizel-etanol-dizel yakıtı karışımlarında yük arttıkça kısmen bir azalama, CO emisyonlarında bir miktar artış, NO_x emisyonlarında %10 oranında bir artış ve CO_2 emisyonlarında da bir miktar artış olduğunu belirtmişlerdir. Motor performans parametrelerinde, yük arttıkça biyodizel-etanol-dizel yakıtı karışımının motor gücünü kısmen azalma, özgül yakıt tüketiminde bir miktar artış ve motor torkunda kısmen azalma olduğunu ortaya koymuşlardır.

Topgül (2006) çalışmasında, hacimce %10-20-40 ve 60 etanol içeren benzin etanol karışımlarının motor performansına, egzoz emisyonlarına, ısı kayıplarına ve silindir basınçlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneyleri dört zamanlı, tek silindirli, değişken sıkıştırma oranlı, buji ile ateşlemeli ve enjeksiyonlu yakıt

sistemine sahip bir motorda yapmıştır. Deney sonuçlarını farklı, motor devirlerinde, motor yüklerinde, sıkıştırma oranlarında, ateşleme zamanlarında, hava fazlalık katsayılarında ve giren hava sıcaklıklarında elde etmiştir. Düşük sıkıştırma oranlarında, en yüksek motor momentini veren ateşleme avansının, kullanılan yakıt karışımları arasında çok fazla farklılığın olmadığını belirtmiştir. Özellikle yüksek sıkıştırma oranlarında ve düşük devirlerde, motor performansı karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak artmıştır. En yüksek motor momentini veren ateşleme zamanının, hava/yakıt oranının ve giren hava sıcaklığının motor performansının ve egzoz emisyonlarının değişimlerine etkilerinin tüm karışım yakıtları için benzer olduğunu gözlemlemiştir. Isı kayıplarının, etanol-benzin karışımları kullanıldığında azaldığını göstermiştir. Kullanılan yakıtlar arasında en iyi vuruntu dayanımına sahip olan, hacimce %60 etanol içeren karışımda, daha yüksek silindir basıncı elde etmiştir.

Çolak (2006) çalışmasında, değişken sıkıştırma oranlı, buji ateşlemeli bir motorda, benzin ve etanolun motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini karşılaştırmıştır. Deneyleri, 6:1 ve 10:1 sıkıştırma oranlarında, %100 benzin ve %100 etanol kullanarak yapmıştır. Deneyler sonucunda, 6:1 sıkıştırma oranında, %100 etanol kullanarak aldığı verilerde benzine göre motor momenti ve motor gücünde azalma, özgül yakıt tüketiminde artış olduğunu söylemiştir. 10:1 sıkıştırma oranında ise, etanol kullanarak alınan motor momenti ve motor gücü değerlerinde artış olduğunu söylemiştir. CO, NO_x, CO_2 emisyonları önemli ölçüde azalırken, HC emisyonunda artış olduğunu gözlemlemiştir.

Koç (2006) çalışmasında, hacimce %50 ve %85 etanol içeren benzin-etanol karışımlarının yüksek sıkıştırma oranlarında, buji ateşlemeli bir motorun performans ve emisyon değerlerine etkilerini incelemiştir. Deneyleri tam yükte yapmış, motor devri, ateşleme avansı, hava fazlalık katsayısı ve sıkıştırma oranını değişken olarak almıştır. Sıkıştırma oranı 10:1'den 11:1'e yükseltildiğinde, tüm deney şartlarında %85 etanol içeren karışımdan elde edilen motor momenti ve motor gücü değerlerinde artış, sıkıştırma oranı11:1'den 12:1'e yükseltildiğinde, motor momenti ve motor gücünde azalama olduğunu söylemiştir. Motor devrinin artması ile HC emisyonlarının azaldığını, sıkıştırma oranı arttıkça HC emisyonlarının arttığını belirtmiştir. CO ve CO_2 emisyonlarında ateşleme avansı ve sıkıştırma oranına bağlı

olarak önemli bir değişim gözlememiştir. Hava fazlalık katsayısının artması ile CO ve HC emisyonlarında azalma, NO_x emisyonlarında artış gözlemlemiştir. En iyi motor performansı değerlerini %85 etanol içeren karışımdan elde edildiğini belirtmiştir.

İmrağ (2006) çalışmasında, buji ateşlemeli bir motorda yakıt olarak hacimce %5-10 ve 20 etanol içeren benzin-etanol karışımlarını kullanmış, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Motor gücü ve motor momentinde, özellikle %10 etanol içeren karışımdan elde edilen değerlerde bir artış olduğunu söylemiştir. Özgül yakıt tüketiminin genelde daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Karışımdaki etanol miktarının artmasıyla CO ve HC emisyonlarında önemli bir azalma olduğunu belirtmiştir.

Chen ve ark. (2007) çalışmalarında, %10 etanol - %5 ester, %20 etanol - %10 ester ve %30 etanol - %10 ester yakıt karışımlarını bir dizel motorunda denemişler, partikül, duman, HC emisyonlarına ve yanma karakteristiklerine etkilerini incelemişlerdir. Hem partikül emisyonunda, hemde duman ve HC emisyonlarında, karışımdaki etanol-ester miktarı arttıkça azalma olduğunu söylemişlerdir. Maksimum ısı yayılımı oranında ve maksimum silindir basıncında artış, yanma süresinde de kısalma olduğunu söylemişlerdir.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Deneyler, Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitim Bölümü Otomotiv Ana Bilim Dalı Taşıt Test ve Ayarları Laboratuarında, 24 ^{o}C sabit sıcaklıkta yapılmıştır.

3.1.1. Deney Taşıtı

Deneylerde, özellikleri Çizelge 3.1.'de verilen ve resim 3.1.'de görülen dört silindirli, buji ile ateşlemeli ve sıralı enjeksiyon yakıt sistemine sahip, 2002 model Fiat marka, Albea tip taşıt kullanılmıştır.

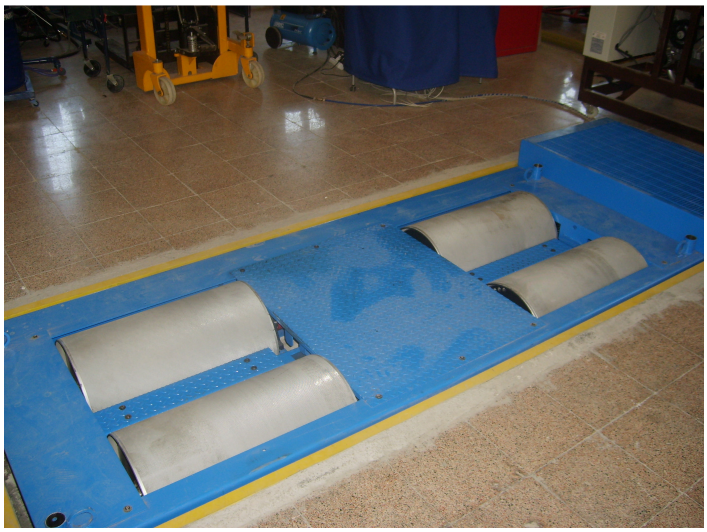
Çizelge 3.1. Deney taşıtının teknik özellikleri

Markası	FIAT
Tipi	Albea
Versiyonu	1.2 Active EL
Tahrik şekli	Önden çekişli
İmal yılı	2002
Dingil uzaklığı (mm)	2439
Taşıt uzunluğu/genişliği/yüksekliği (mm)	4186/1703/1490
Azami taşıt ağırlığı (kg)	1055
Taşıt Motorunun Özellikleri	
Silindir sayısı / düzeni	4 / Tek sıra
Ateşleme sırası	1 – 3 – 4 – 2
Çap x Strok (mm)	70,8 x 78,86
Motor hacmi (cm^3)	1242
Supap sayısı	16
Sıkıştırma oranı	10,6:1
Yakıt sistemi	Elektronik çok nokta enjeksiyonlu MPI
Maksimum güç (HP – d/d)	80 – 5000
Maksimum tork (Nm – d/d)	114 – 4000

Şekil 3.1. Deney taşıtı

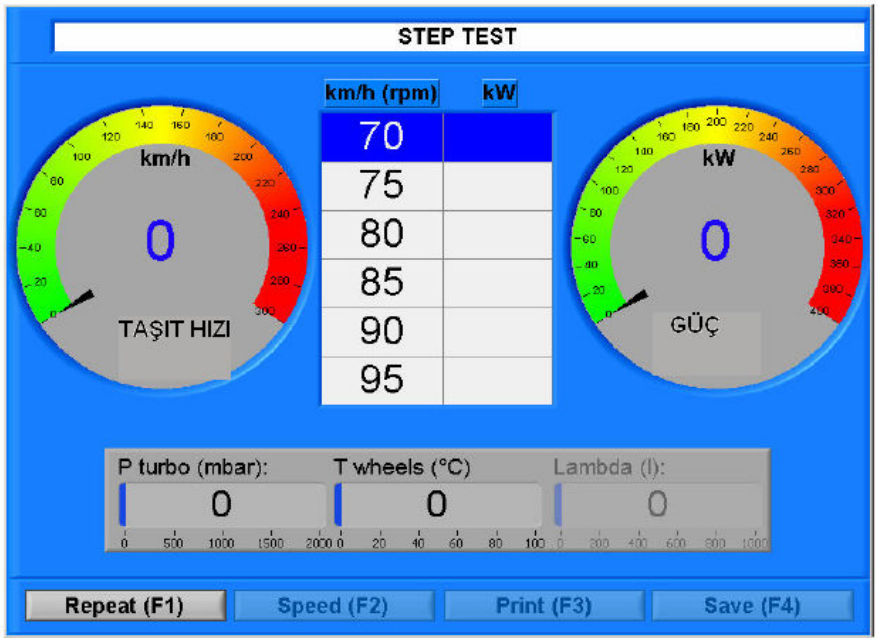
3.1.2. Taşıt dinamometresi ve kontrol paneli

Deneylerde, Şekil 3.2.'de gösterilen DELORENZO HPT 6100 marka taşıt dinamometresi kullanılmıştır. Kullanılan taşıt dinamometresi yol testi, güç testi ve hız testi yapabilmektedir. Taşıt dinamometresinin kontrol paneli Şekil 3.3. ve 3.4.'de gösterildiği gibi fonksiyonların kullanımını sağlamaktadır.



Şekil 3.2. Taşıt dinamometresi

Şekil 3.3. Taşıt dinamometresi kontrol paneli



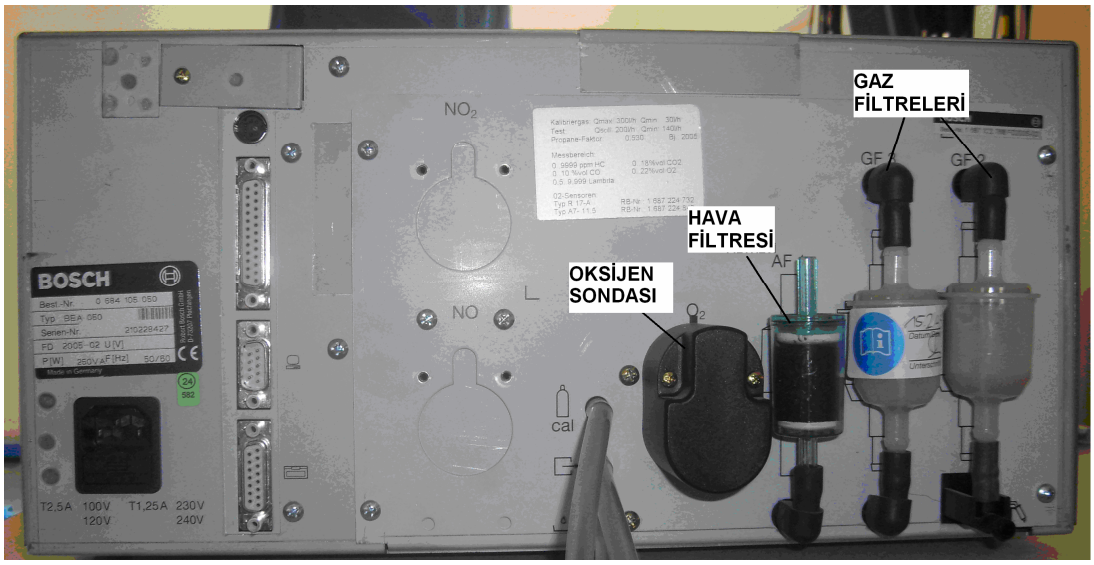
Şekil 3.4. Taşıt dinamometresi kontrol paneli güç testi fonksiyonu örneği

3.1.3. Egzoz Emisyon Cihazı

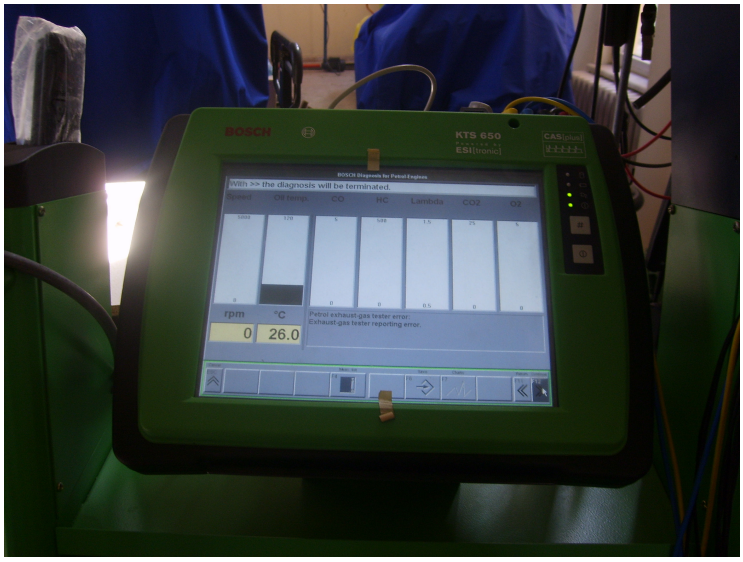
Deneylerde, teknik özellikleri Çizelge 3.2.'de verilen ve Şekil 3.5. ve 3.6'da gösterilen BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Cihaz ölçüm yapmadan önce kalibrasyonu kendisi yapabilmektedir.

Çizelge 3.2. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri

Yasal Normu	Uluslararası OIML-R99-0. sınıf ISO 3930 onaylı	
Optimum çalışma sıcaklığı	4 – 40	
Ölçüm modülü	Ölçüm aralığı	Hassasiyeti (%)
CO (% vol)	0.00 – 10.00	0.1
CO_2 (%vol)	0.00 – 18.00	1
HC (ppm vol)	0 - 9999	10
O_2 (% vol)	0.00 – 22.00	1
Lambda (λ)	0.500 – 9.999	0.1



Şekil 3.5. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazı



Şekil 3.6. BOSCH BEA-050 marka egzoz emisyon cihazı ekranı

3.1.4. Deney yakıtları

Alkollerin genel özellikleri

Alkoller, yapılarında OH grubu bulunduran ve R-OH genel formülüne sahip olan, yapısal olarak suya benzeyen ve alkanlardan elde edilen organik bileşiklerdir. Günlük yaşamda birçok kullanım alanı olan ilaçlar, vernikler, antifrizler, yakıtlar, kolonyalar ve çözücüler gibi birçok kimyasal üretilirken alkollere ihtiyaç duyulur. Genel formülleri $C_nH_{2n+1}OH$ yada $C_nH_{2n+2}O$ şeklinde gösterilir (Fessenden ve Fessenden 1990, Hart ve ark 1998, Tüzün 1999, Şenol ve Şahin 2003).

Çizelge 3.3.'de bazı alkollerin fiziksel özellikleri verilmiştir. Alkoldeki karbon miktarı arttıkça kaynama noktasının ve yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Metil alkol, etil alkol, propil alkol ve isopropil alkol su içerisinde sonsuz çözünürlüğe sahiptirler. Karbon miktarı arttıkça hidrokarbon parçası da artar. Bu sebepten dolayı alkollerin moleküler ağırlığı da artacağından su içerisinde kısmen çözülürler (Fessenden ve Fessenden 1990, Hart ve ark 1998, Tüzün 1999).

Çizelge 3.3. Bazı alkollerin fiziksel özellikleri (Fessenden ve Fessenden 1990, Hart ve ark 1998, Tüzün 1999)

Alkol	Kimyasal Formülü	Kaynama Noktası (^oC)	Yoğunluk (20^oC'de –g/ml)	Suda Çözünürlük
Metil alkol	CH_3OH	64.7	0.79	∞
Etil Alkol	CH_3CH_2OH C_2H_5OH	78.3	0.79	∞
Propil Alkol	$CH_3CH_2CH_2OH$	97.2	0.80	∞
İsopropil Alkol	$(CH)_3CHOH$	82.3	0.79	∞
Butil Alkol	$CH_3(CH_2)_3OH$	117.7	0.81	8.3/100 ml

Metil alkol (metanol CH_3OH), odundan damıtma yöntemi ile elde edilebildiği gibi sentetik olarak, katalizör (krom oksit Cr_2O_3 ve çinko oksit ZnO karışımı), karbonmonoksit (CO) ve hidrojenden (H_2) de üretilebilmektedir. Kendi başına toksit bir madde olup, ağızdan veya deri yolu ile alındığı taktirde körlüğe veya ölümlere neden olabilmektedir. Metanol en yaygın endüstriyel solventlerden biridir. Bu yakıt Indianapolis 500 marka araçlarda 1965'ten beri yakıt olarak kullanılmaktadır (Hart ve ark 1998, Topgül 2006).

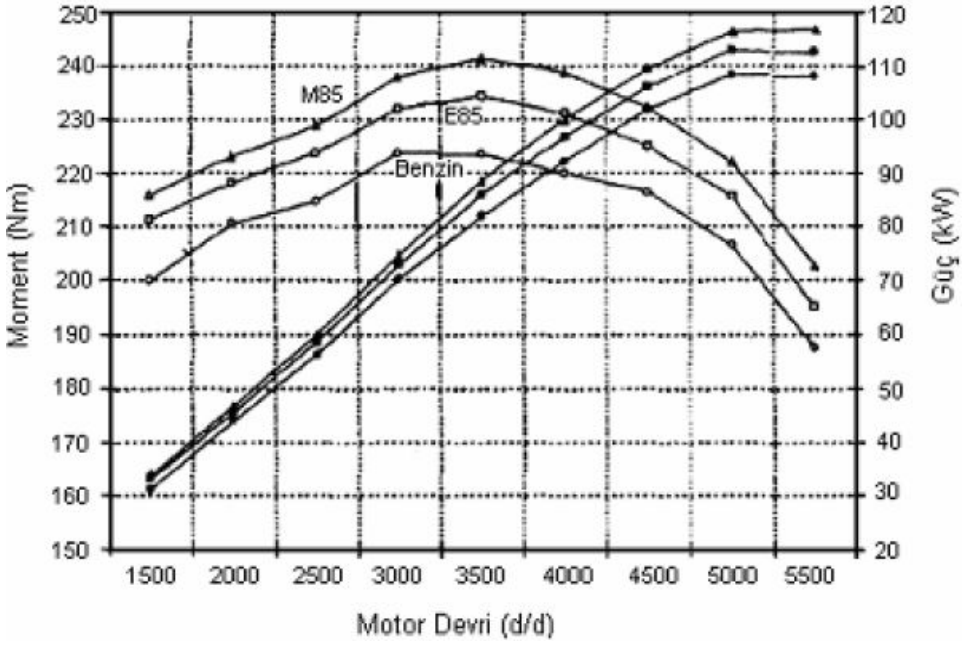
Etil alkol (etanol CH_3CH_2OH veya C_2H_5OH), çözücü, dezenfektan, akaryakıt ve çeşitli kimyasalların üretiminde kullanılmaktadır. Günümüzdeki etanol üretim süreçlerinde genelde şeker kamışının saflaştırılması sonucu kalan melas mayası kullanılmaktadır. Bunun yanında etanol, patates ve pirinç içerisindeki nişastanın benzer şekilde mayalanmasıyla ve mısır, buğday, çavdar, şeker pancarı, arpa, üzüm, fındık çotanağı gibi çeşitli tarımsal ürünlerden de elde edilebilmektedir. Mayalamada kullanılacak karbonhidratın seçiminde bulunabilirlik ve alkolün kullanım alanı etkilidir (Hart ve ark 1998, Ceylan ve ark 2004, Topgül 2006).

Alkol-benzin karışımları

Alkollerin, içten yanmalı motorlarda kullanımının çok öncelerde başladığı bilinmektedir. Alkoller ve benzin farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptirler. Yoğunluk, oktan sayısı, alt ve üst ısıl değerler, kaynama ve buharlaşma noktaları, buhar basıncı, C/H oranı bu özelliklerden bazılarıdır. Alkol içeren karışımlarda bu özellikler karışımdaki alkol miktarına ve çeşidine bağlı olarak değişmektedir.

Benzine alkol katılması buharlaşma ısısını ve oktan sayısını artırmaktadır. Vuruntu dayanımının alkol-benzin karışımlarında daha iyi olması motor verimi açısından sıkıştırma oranını artırmaya olanak sağlamaktadır. Ancak metanol-benzin ve etanol-benzin karışımlarında stokiyometrik hava/yakıt oranı ve ısıl değer azalmaktadır. Bu özellik alkol içeren yakıtlarda yakıt tüketiminin artmasına sebep olmaktadır (Topgül 2006).

Günümüzde alkol-benzin karışımları için kullanılan en yaygın alkoller etanol ve metanoldur. Bu karışımların genel olarak motor performansı bakımından motor gücüne ve motor momentine etkileri şekil 3.7.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. M85, E85 ve benzinin motor momentine ve gücüne etkisi (Topgül 2006)

Alkollerin düşük ısıl değerlerine rağmen düşük stokiyometrik hava/yakıt oranlarına sahip olmaları, verilen hava miktarı için açığa çıkacak enerji miktarının eşdeğer veya daha fazla olmasına imkan verir (Al-Baghdadi 2003, Topgül 2006).

Bazı metanol-benzin ve etanol-benzin karışımlarının özellikleri de çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Bazı metanol-benzin ve etanol-benzin karışımlarının çeşitli özellikleri (Wu ve ark 2004, Uçar 2005, Topgül 2006)

	Benzin	M10	M15	M20	E10	E20	E30
Yoğunluk (15,5 ^{o}C'de)	0,7697	0,7692	0,7697	0,7707	0,7747	0,7771	---
Oksijen (% ağırlık)	0	5,15	7,71	10,27	4,08	8,11	---
Reid buhar basıncı (kPa, 37,8^{o}C'de)	53,7	57,4	61,6	66,5	59,6	58,3	56,8
Stokiyometrik Hava/Yakıt oranı	14,6	13,77	13,35	12,94	13,95	13,62	13,3
Motor oktan sayısı (MON)	95-99	---	---	---	99,9	101,6	---
Araştırma oktan sayısı (RON)	85-90	---	---	---	87,4	89,8	---
Üst ısıl değer (MJ/kg)	44	41,528	40,298	39,073	41,974	39,971	---
Distilasyon (% hacim)							
70^{o}C	24	---	---	---	40,2	39,3	---
100 ^{o}C	46,8	---	---	---	53,9	66	---
180 ^{o}C	97,3	---	---	---	97,3	98	---

Deneylerde, Petrol Ofisi'ne bağlı olan bir benzin istasyonundan tedarik edilen 95 oktan kurşunsuz benzin ve özellikleri Çizelge 3.3.'de verilen Merk marka %99,9 saflıkta etanol kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan yakıt karışımları hacimsel olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan yakıtlar;

E0 : %100 95 oktan kurşunsuz benzin

E10: %90 kurşunsuz benzin - %10 etanol

E20: %80 kurşunsuz benzin - %20 etanol

E30: %70 kurşunsuz benzin- %30 etanol

Çizelge 3.5.'de verilen etanol ve E0'ın bazı fiziksel özellikleri üretici firmalar vasıtası ile temin edilmiş olup, E10, E20, E30 yakıtlarının ki ise Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri biyodizel laboratuarında belirlenmiştir. Deneylerde kullanılacak yakıtlar Şekil 3.8.'de ki gibi özel kaplarda muhafaza edilmiştir. Deneyler esnasında yapılan gözle muayene sonucunda, herhangi bir faz ayrışması gözlemlenmemiştir.

Çizelge 3.5. Deney yakıtlarının bazı fiziksel özellikleri

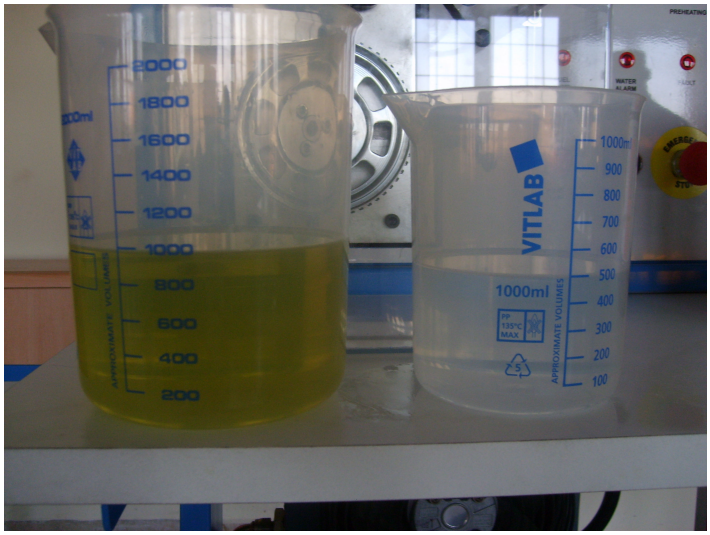
	Yoğunluk (g/cm^3)	Kin.Viskozite (40^oC-mm^2/s)	Alt Isıl Değer (cal/gr)	Su İçeriği (ppm)	Bakır Şerit Korozyon
Etanol	0,793 (20^oC)	-	8800	< %0,1	-
E0	0,720 (15^oC)	-	11500	-	1a
E10	0,760 (15^oC)	0,643	9476	1094	1a
E20	0,763 (15^oC)	0,652	9155	1510	1a
E30	0,767 (15^oC)	0,682	8427	1795	1a

* E10 yakıtının soğukta filtre tıkama noktası ölçülmüş, ve -35 ^oC den küçük bulunmuştur. Kullanılan ölçüm cihazı, bu değerden daha düşüğünü ölçememektedir. Diğer karışımlardaki etanol oranı yüksek olduğu için, filtre tıkama noktalarının -35 ^oC'den büyük olduğuna karar verilmiştir.

Şekil 3.8. Deney yakıtları

3.1.5. Ölçüm kapları

Deneylerde, Şekil 3.9'de gösterilen VITLAB marka 1 litre ve 2 litre ölçüm kapasiteli iki adet ölçüm kabı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Ölçüm kapları

3.2. Metot

Deneylerde, taşıt performansı parametreleri DIN 70200 standartlarına uygun olarak ölçülmüştür. Deneyler gerçekleştirilmeden önce ölçüm cihazlarının kalibrasyonu yapılarak ve deney taşıtının gerekli bakım ve ayarları katalog değerine getirilerek deney düzeneği kullanılabilir hale getirilmiştir. Tüm deneylerde ölçüm işlemine geçmeden önce taşıt motoru ve taşıtın bağlı bulunduğu deney ekipmanları çalıştırılarak, taşıt motorunun çalışma sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Deneylerde, DIN 70200 standartlarında belirtildiği gibi, sabit vites konumunda, değişik taşıt hızlarında, taşıt tekerlek tahrik gücü ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Ölçümler, önce yakıt olarak 95 oktanlı kurşunsuz benzin kullanılarak yapılmış, daha sonra yakıt olarak sırası ile E10, E20, E30 yakıtları kullanılarak yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerine göre tekerlek tahrik kuvveti değerleri hesaplanmıştır.

3.2.1. Tekerlek tahrik kuvveti

Motor, tekerlere güç aktarma organları ile bağlı olduğundan her motor devri belli bir taşıt hızını karşılar. Tahrik kuvveti motor momenti ile orantılı olduğundan tahrik kuvvetinin taşıt hızı ile değişimi motor devrinin motor momenti ile değişimine

bağlıdır. Tekerlek tahrik kuvvetine etki eden diğer parametreler diferansiyel dişli oranı, vites kutusu dişli oranı ve dirençlerdir (Özdalyan 2002).

Tekerlek tahrik kuvveti formül 3.1.'de gösterildiği gibi hesaplanabilir;

$$F_w = \frac{M_e . i_o}{r_w} . \eta_{tr} \tag{3.1}$$

F_w: Tekerlek tahrik kuvveti (N)

M_e: Motor momenti (Nm)

i_o: Toplam transmisyon oranı

η_{tr}: Transmisyon verimi

r_w: Tekerlek yarıçapı (m)

Tekerlek tahrik kuvveti değerleri, deneyler sonucunda elde edilen tekerlek tahrik gücü değerleri ile aşağıda verilen formül 3.2.'ye göre hesaplanmıştır.

3.2.2. Tekerlek tahrik gücü

Tekerlek gücüne taşıt hızı ve tahrik kuvveti olmak üzere iki faktör etki eder. Tekerlek kuvveti maksimum olduğu an tekerlek gücü maksimumdur. Taşıt hızlandıkça tekerlek kuvvetinin düşmesine rağmen tekerlek gücü artar. Ancak belirli bir devirden sonra taşıt hızındaki artış tekerlek tahrik gücündeki düşmeyi karşılayamayacağından ve motor gücündeki düşüşten dolayı tekerlek gücüde azalmaya başlar (Çelik 2000).

Tekerlek tahrik gücü formül 3.2.'de gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$P_w = \frac{F_w . v}{3600} \tag{3.2}$$

F_w: Tekerlek tahrik kuvveti (N)

P_w: Tekerlek tahrik gücü (kW)

v: Taşıt hızı (km/h)

Taşıt dinamometresinde tekerlek tahrik gücü ölçümü aşağıda belirtildiği şekilde yapılmıştır;

- Taşıt, Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi, tahrik tekerlekleri tamburlara oturacak biçimde taşıt dinamometresine yerleştirilmiştir,

- Taşıt, halatlar ile bağlanarak emniyeti sağlanmıştır,
- Güç değerlerinin alınacağı taşıt hızı değerleri (her bir yakıt için; 2. vites durumunda, 20-40-60-80 km/h, 3. vites durumunda, 40-60-80-100-115 km/h, 4. vites durumunda, 80-100-120-130-140 km/h) taşıt dinamometresi kontrol ünitesi hafızasına kaydedilmiştir,
- Taşıtın tahrik tekerlekleri, DIN 70200 standartlarında belirtildiği gibi, 1. viteste harekete geçirildikten sonra direkt değerlerin alınacağı vites kademesi konumuna getirilip tam gaz yapılmıştır.
- Tam gaz konumunda iken, taşıt dinamometresinin tamburları, kontrol ünitesindeki taşıt hızı değerlerinde taşıt hızını sabit tutabilmek amacı ile tahrik tekerleklerinin dönmesine bir direnç kuvveti uygular.
- Taşıt hızını sabitler, uygulamış olduğu direnç kuvvetine, tekerleklerden gelen tepki kuvvetini ölçerek hesaplar ve taşıt dinamometresi kontrol paneli göstergesinde tekerlek tahrik gücü olarak gösterir.

3.2.3. Egzoz emisyonları

Motorlu taşıtlar; egzoz emisyonu, yakıt-yağ buharı, kurşun bileşikleri, asbest ve lastik tozları, aşınma-paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz, sıvı ve katı atıklarla çevreyi kirletmektedir. Bu kirleticilerin en etkin, zararlı ve yoğun olanları egzoz gazında bulunan karbonmonooksit (CO), hidrokarbon (HC), NO_x ve partikül maddelerdir. Bunlardan NO_x ve partikül maddeler daha çok dizel taşıtlardan kaynaklanmaktadır (Ciniviz ve ark 2002). Günümüzde karbondioksit (CO_2) gazının da insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaştığı çeşitli kaynaklar tarafından belirtilmiş ve CO_2 emisyonunun azaltılması için de çalışmalara başlanmıştır.

Yanma ürünleri arasında CO emisyonu bulunmasının temel nedeni yanma odasındaki oksijenin yetersiz olmasıdır. Oksijen miktarı yanma odasının genelinde yetersiz olabileceği gibi karışımın homojen olmaması nedeniyle lokal olarak da yetersiz olabilir. CO emisyonu eksik yanma sonucu oluştuğundan büyük ölçüde hava fazlalık katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Ancak reaksiyon hızlarının düşük olması nedeniyle fakir karışımlarda CO'nun CO_2'ye dönüşümü tam olarak gerçekleşmez (Yaman 2004, Topgül 2006).

Egzoz gazları içerisinde HC bulunması; sıcaklıkların, oksijen miktarı ve zamanın yetersiz olması sonucu yanmanın tamamlanamadığını gösterir. Zengin karışımlarda ortamda yeterli oksijen bulunmaması, çok fakir karışımlarda ise sıcaklığın azalması ile birlikte oksidasyon reaksiyonlarının yavaşlaması yanmanın tamamlanmamasına ve HC emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Ayrıca silindir içerisindeki ısı kayıpları nedeni ile soğuk cidarlara ulaşan alevin sönmesi HC emisyonu oluşumuna sebep olur (Kutlar ve ark 1998, Topgül 2006).

Havanın bileşiminde bulunan azot normalde yanma olayında reaksiyona girmez. Yanma esnasında ulaşılan yaklaşık 1600 ^{o}C'nin üzerindeki sıcaklıklarda azot, ortamdaki oksijen ile birleşerek azot oksitleri oluşturur. NO_x terimi genellikle NO ve NO_2 ile ilgilidir. Yanma odasındaki sıcaklık ve hava/yakıt oranı NO_x oluşumunu etkilemektedir (Kutlar ve ark 1998).

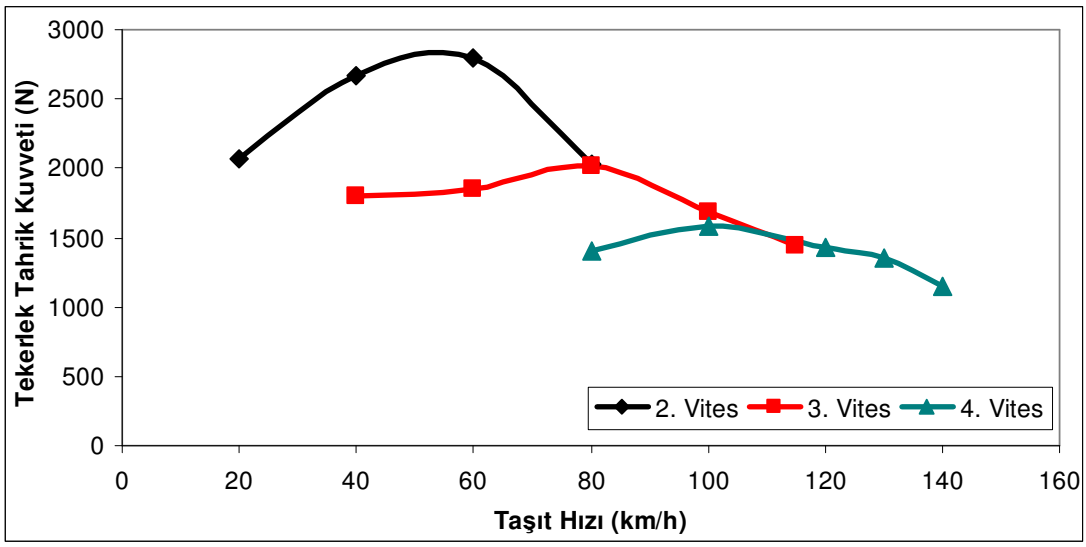
Tekerlek tahrik gücü ölçümleri esnasında, o andaki taşıt hızı ve vites durumunda CO, HC ve CO_2 emisyonlarının ölçümü yapılmıştır. Egzoz emisyon cihazının, ölçüm alma probu taşıtın egzoz borusuna yerleştirilmiştir. Daha sonra, her bir yakıt ve vites durumu için, tekerlek tahrik gücü değerlerinin alındığı taşıt hızındaki emisyon değerlerinin ölçümü yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

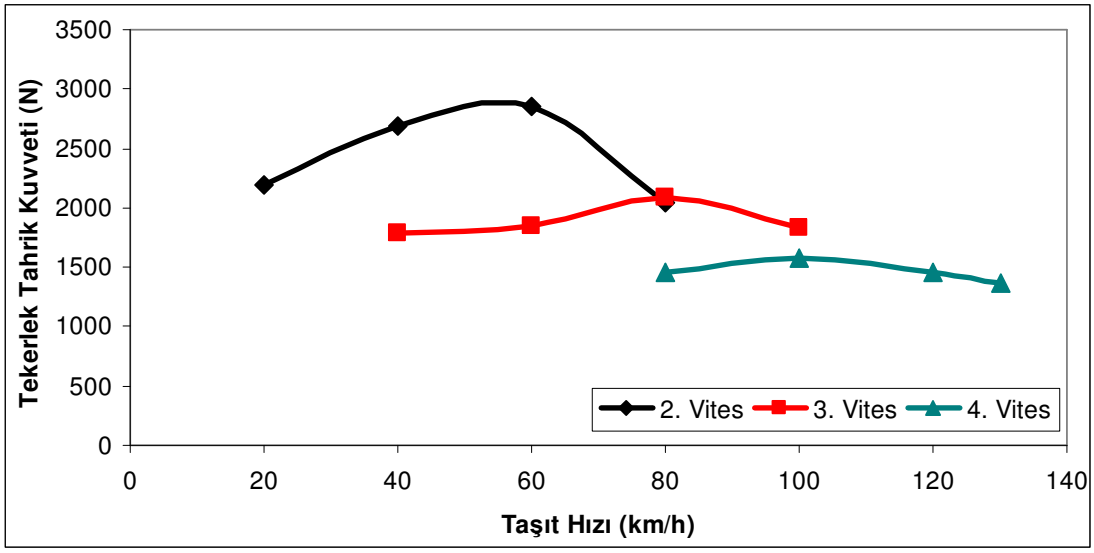
4.1. Taşıt Performans Deneyleri Sonuçları

4.1.1. Tekerlek tahrik kuvveti

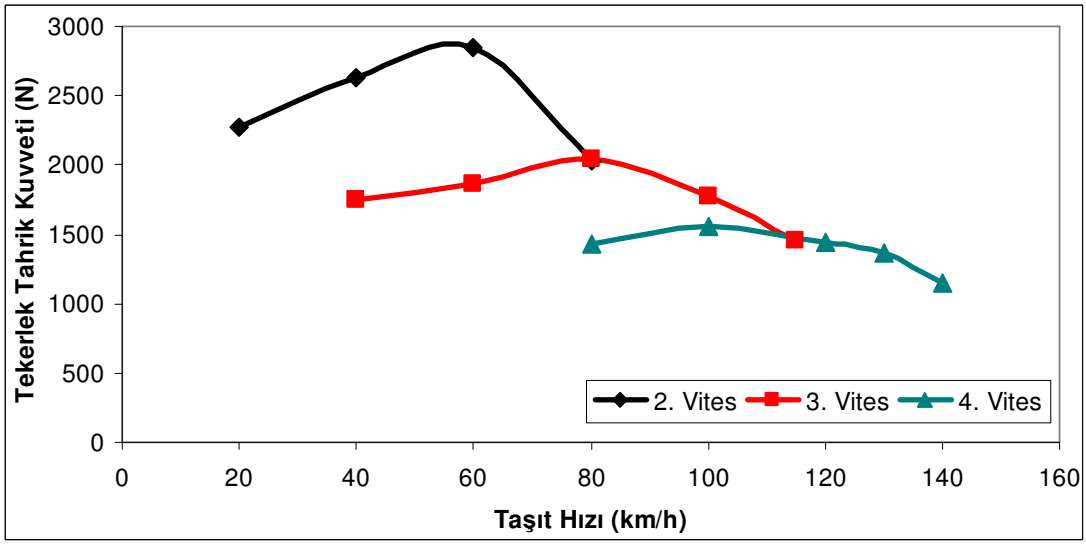
Şekil 4.1-4.4., sırası ile E0, E10, E20 ve E30 yakıtlarının değişik vites durumlarındaki tekerlek tahrik kuvveti karakteristiklerini göstermektedir. Şekillerde tekerlek tahrik kuvvetinin her taşıt hızında motor momentine bağlı olarak düşük vites kademelerinde daha fazla olduğu görülmektedir. Her vites kademesindeki maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızından sonra tekerlek tahrik kuvveti özellikle motor momentinin azalmasına bağlı olarak düşmüştür. Ayrıca vites kademesi arttıkça, vites kutusu dişli oranı azalacağından yüksek vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti düşmüştür.



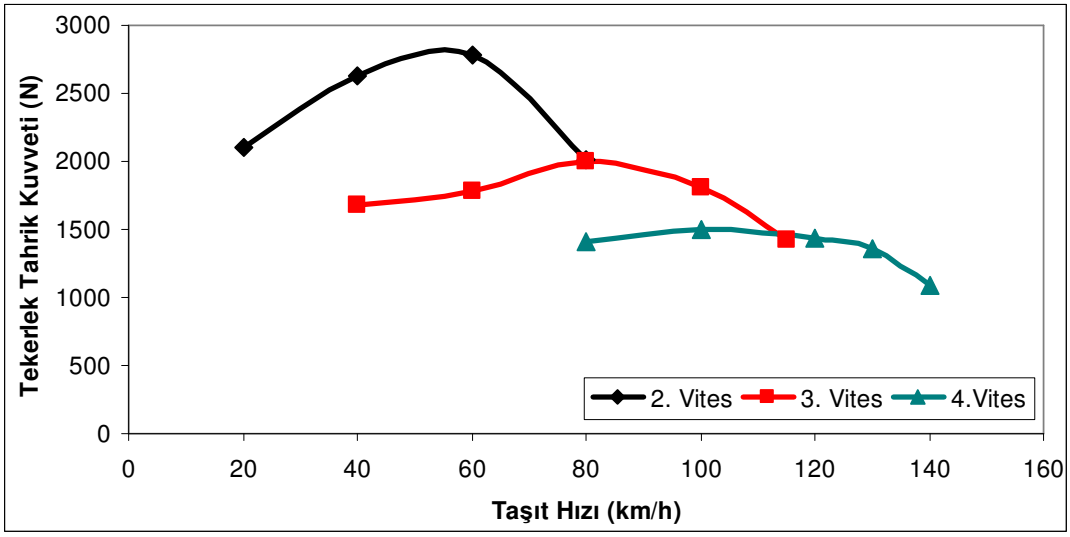
Şekil 4.1. E0 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



Şekil 4.2. E10 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği

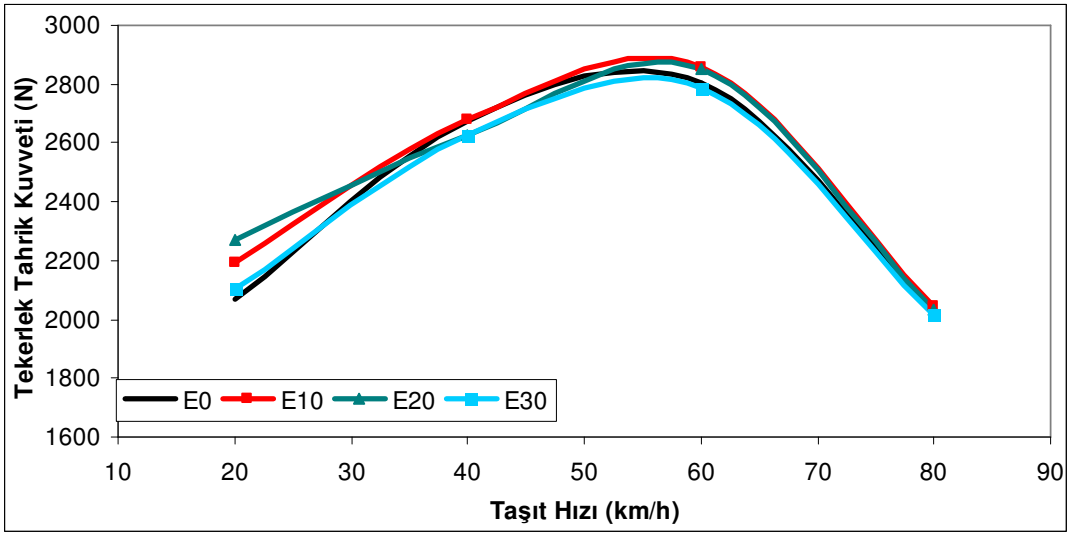


Şekil 4.3. E20 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği



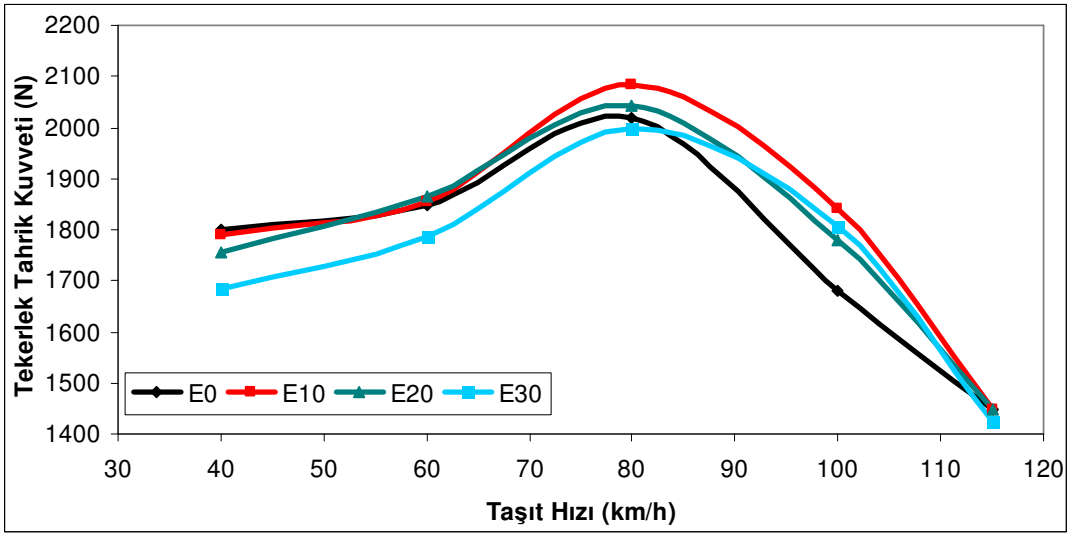
Şekil 4.4. E30 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Şekil 4.5.'de 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik kuvveti eğrileri gösterilmiştir. 20 km/h taşıt hızında etanol karışımlı yakıtların tekerlek tahrik kuvveti değerleri E0 yakıtına göre yükselmiştir. Özellikle E20 yakıtı kullanılarak yapılan deneyde alınan kuvvet değeri E0 yakıtına göre %9.56 oranında artmıştır. 40 km/h taşıt hızında E10 yakıtı kullanılarak yapılan ölçülmede alınan kuvvet değerlerinde E0 yakıtına göre %0.33 oranında artış olmuştur. 60 km/h taşıt hızında E10 ve E20 yakıtları ile yapılan ölçümlerde tahrik kuvvetinde E0 yakıtına göre artış olur iken, E30 yakıtı ile yapılan ölçümlerde %0.63 oranında bir azalma olmuştur. Tüm yakıtlar için 2. vites durumunda maksimum tekerlek tahrik kuvveti değeri 55-60 km/h taşıt hızı aralığında elde edilmiştir. Bu hız aralığından itibaren kuvvet değerlerinde özellikle motor momentindeki düşüşe bağlı olarak azalma görülmüştür. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 2. viteste çıkabildiği maksimum hız 86 km/h olarak belirlenmiştir. 2. viteste elde edilen maksimum kuvvet (2856 N) E10 yakıtı ile 60 km/h taşıt hızındadır.



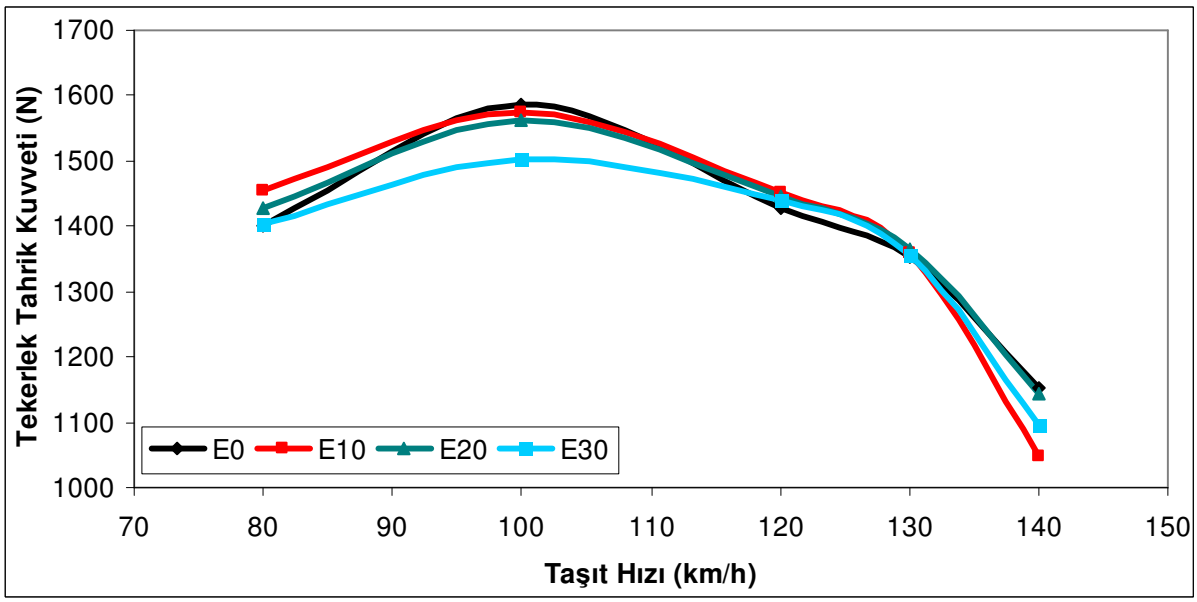
Şekil 4.5. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

Şekil 4.6.'da 3. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında yapılan deneylerde her bir deney yakıtı için tekerlek tahrik kuvveti eğrileri gösterilmiştir. 40 km/h taşıt hızında etanol karışımlı yakıtların tekerlek tahrik kuvveti değerleri karışımdaki etanol oranına bağlı olarak E0 yakıtına göre azalmıştır. Özellikle E30 yakıtı kullanılarak yapılan deneyde alınan kuvvet değeri E0 yakıtına göre yaklaşık %7 oranında azalmıştır. 60 km/h taşıt hızında E10 ve E20 yakıtı kullanılarak yapılan ölçülmede alınan kuvvet değerleri E0 yakıtı ile hemen hemen aynıdır. E30 yakıtı kullanılarak yapılan ölçümlerde ise %3.35 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Tüm yakıtlar için 3. vites durumunda maksimum tekerlek tahrik kuvveti değeri 80 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Bu hız aralığından itibaren kuvvet değerlerinde azalma görülmüştür. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 3. viteste çıkabildiği maksimum hız 126 km/h olarak belirlenmiştir. 3. viteste elde edilen maksimum kuvvet (2083.5 N) E10 yakıtı ile 80 km/h taşıt hızındadır.



Şekil 4.6. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

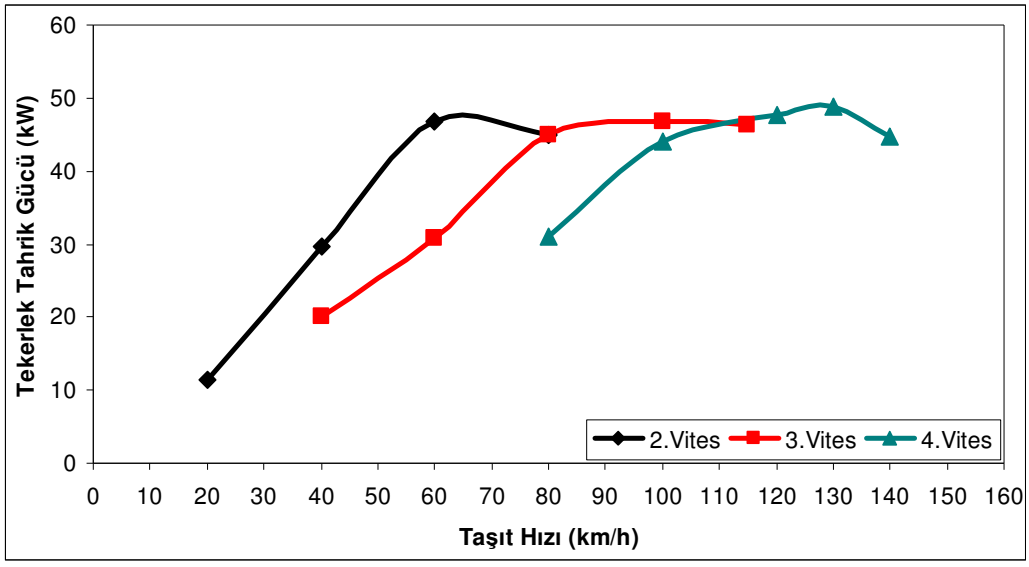
Şekil 4.7.'de 4. vitesteki tekerlek tahrik gücü değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. 4. viteste elde edilen sonuçlara göre; 100 km/h taşıt hızında ki tekerlek tahrik kuvveti değerlerine göre etanol katkılı yakıtlardan elde edilen tahrik kuvveti değerleri karışımdaki etanol oranına bağlı olarak azalmıştır. E30 yakıtı kullanılarak elde edilen kuvvet değerleri E0 yakıtına göre % 5.75 oranında azalmıştır. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 4. viteste çıkabildiği maksimum hız 166 km/h olarak belirlenmiştir. 4. viteste elde edilen maksimum kuvvet (1587 N) E0 yakıtı ile 100 km/h taşıt hızındadır.



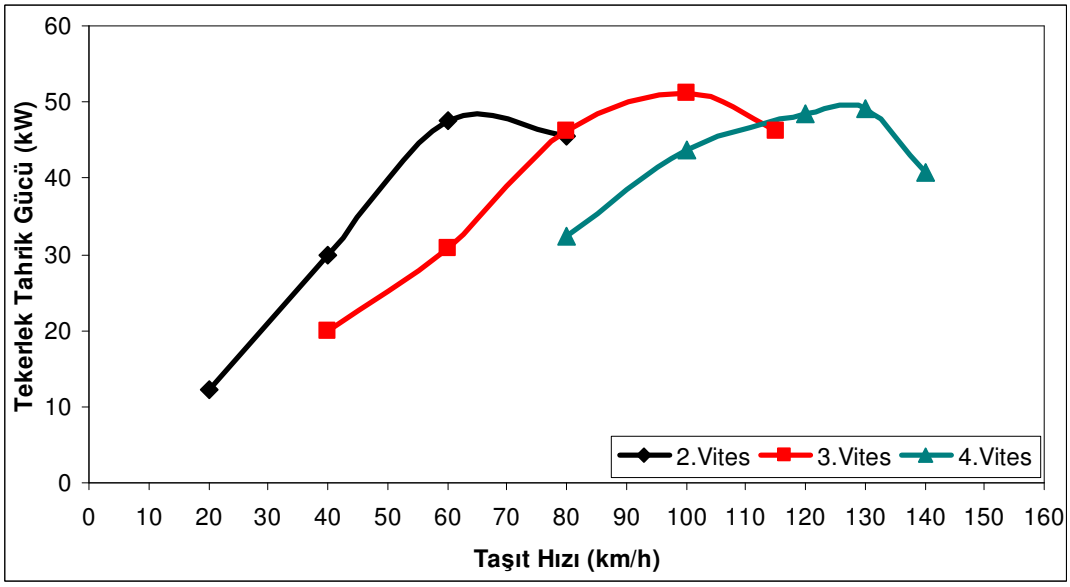
Şekil 4.7. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik kuvveti grafiği

4.1.2. Tekerlek tahrik gücü,

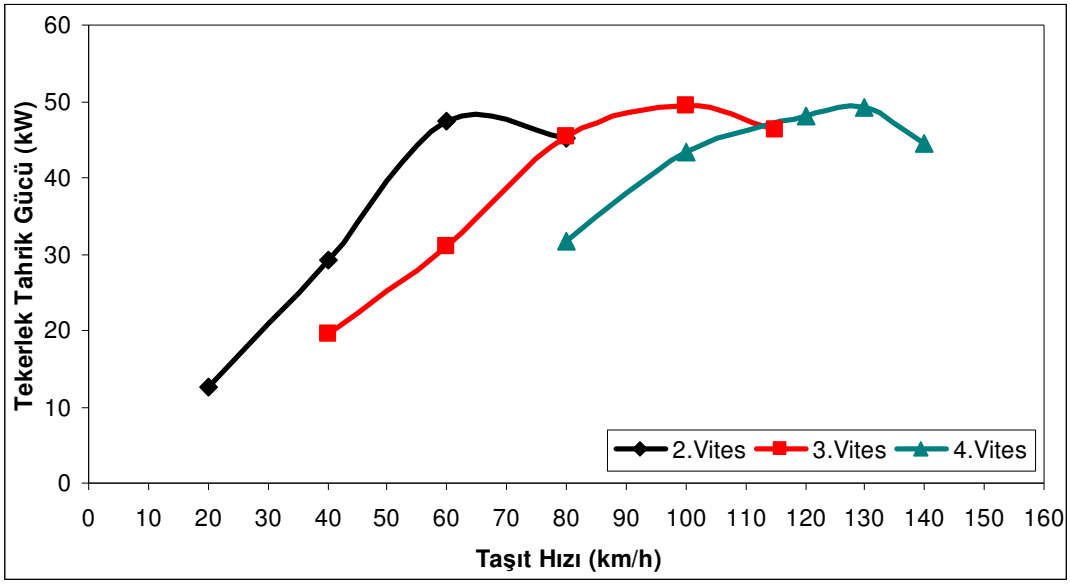
Şekil 4.8-4.11., sırası ile E0, E10, E20 ve E30 yakıtlarının değişik vites durumlarındaki tekerlek tahrik gücü karakteristiklerini göstermektedir. Şekillerde tekerlek tahrik gücünün her vites durumunda da taşıt hızına bağlı olarak arttığı görülmektedir. Her vites kademesindeki maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızından sonra tekerlek tahrik gücü özellikle motor gücünün azalmasına bağlı olarak düşmüştür.



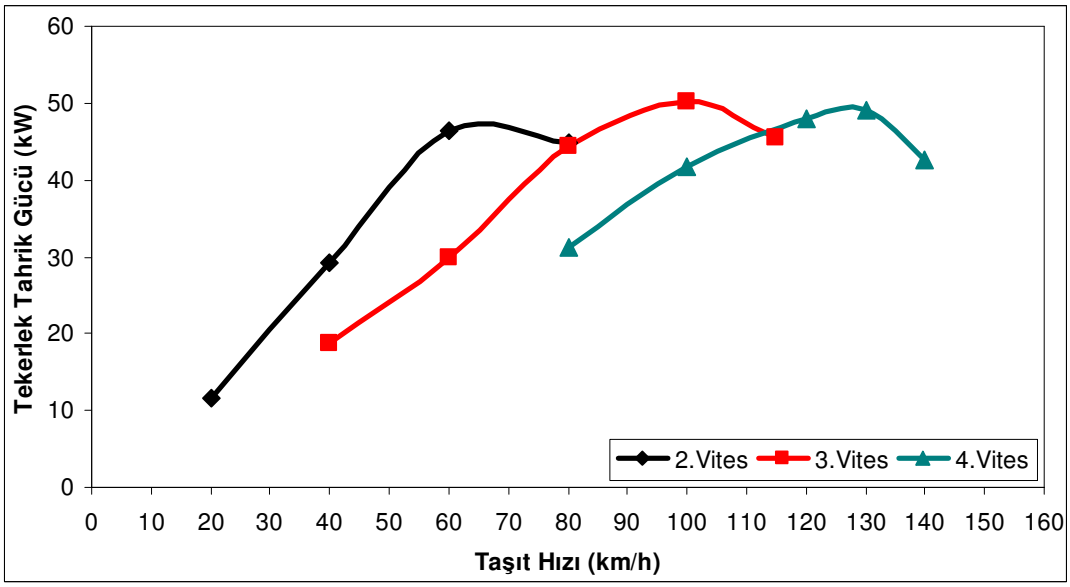
Şekil 4.8. E0 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



Şekil 4.9. E10 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



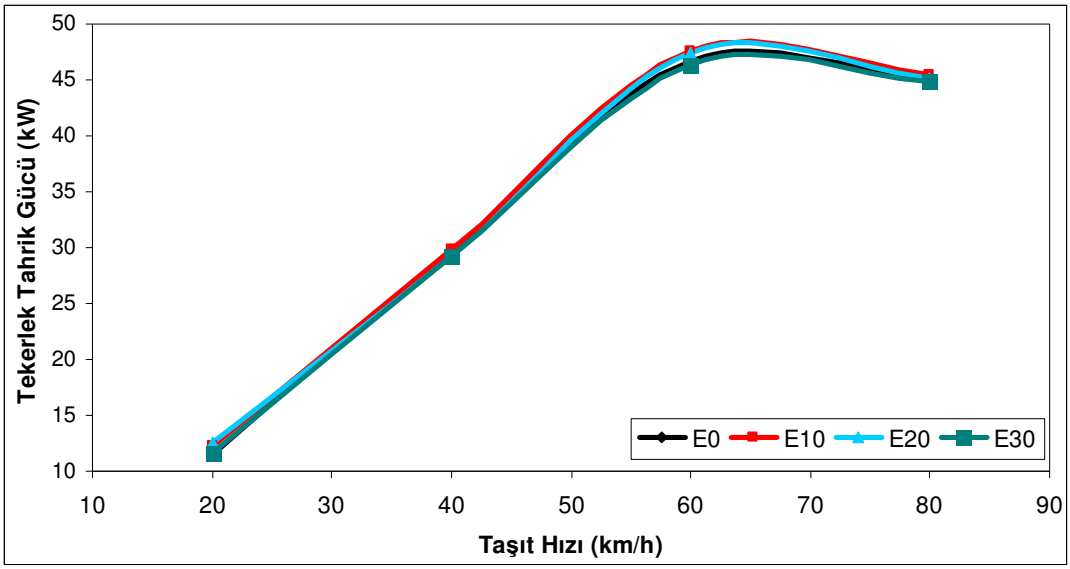
Şekil 4.10. E20 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği



Şekil 4.11. E30 yakıtının değişik vites durumlarında tekerlek tahrik gücü grafiği

DIN 70200 standartlarına göre sabit viteste değişik hızlarda alınan ölçümlere göre; 2. viteste yapılan ölçümlerde tekerlek tahrik gücünde, 20 km/h taşıt hızında E20 yakıtı kullanılarak yapılan deneyde alınan güç değeri E0 yakıtına göre %9.56 oranında artmıştır. 40 km/h taşıt hızında E20 ve E30 yakıtı kullanıldığında ise E0

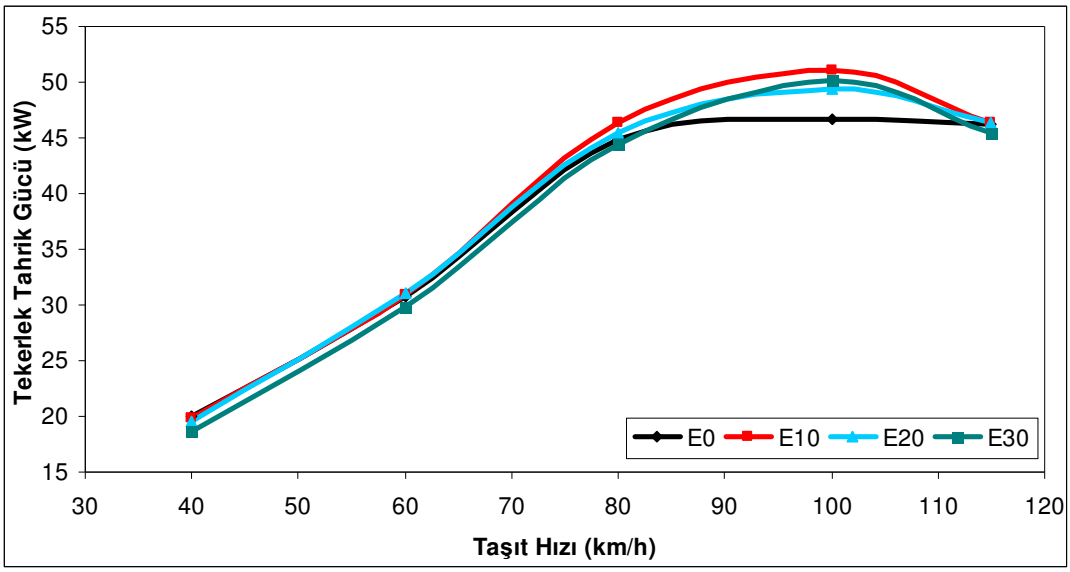
yakıtına göre tekerlek tahrik gücü % 1.71 oranında azalmıştır. Özellikle düşük hızlarda E10 ve E20 yakıtlarından elde edilen güç değerlerinde diğer hızlara ve yakıtlara göre daha fazla artış olmuştur. Belirtilen güç ve taşıt hızı değerleri haricinde kalan durumlarda ise önemli bir değişiklik olmamıştır. Tüm yakıtlar için 2. vites durumunda maksimum güç değeri 60-70 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Bu hız aralığından itibaren güç değerlerinde özellikle motor gücündeki düşüşe bağlı olarak azalma görülmüştür. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 2. viteste çıkabildiği maksimum hız 86 km/h olarak ölçülmüştür. 2. viteste elde edilen maksimum güç (47.6 kW) E10 yakıtı ile 60 km/h taşıt hızındadır. Şekil 4.12.'de 2. vitesteki tekerlek tahrik gücü değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Değişik taşıt hızlarında 2. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

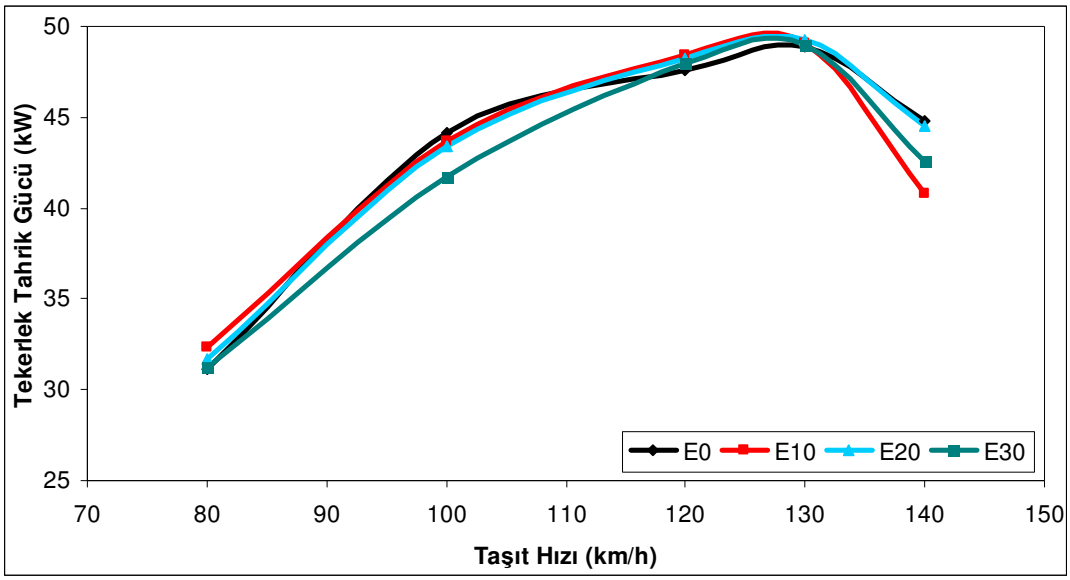
Şekil 4.13.'de 3. vitesteki tekerlek tahrik gücü değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. 3. viteste elde edilen sonuçlara göre; 40 km/h taşıt hızında ki tekerlek tahrik gücü değerlerine göre E30 yakıtı kullanılarak elde edilen güç değerleri E0 yakıtına göre %1.68 oranında azalmıştır. 80 km/h taşıt hızında elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerine göre E10 yakıtı kullanılarak elde edilen güç değerleri E0 yakıtına göre yaklaşık % 3 oranında artmıştır. 100 km/h taşıt hızında yapılan deneyler sonunda E10 yakıtı kullanılarak elde edilen güç değerleri E0 yakıtına göre % 9.42 oranında artmıştır. Maksimum güç değerlerinin elde edildiği 100 km/h taşıt hızında önemli bir artış elde edilmiştir. Bu değerlerin dışındaki durumlarda önemli

bir değişiklik olmamıştır. Bu hızlardan sonra güç değerleri düşmüştür. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 3. viteste çıkabildiği maksimum hız 126 km/h olarak ölçülmüştür. 3. viteste elde edilen maksimum güç (51.1 kW) E10 yakıtı ile 100 km/h taşıt hızındadır.



Şekil 4.13. Değişik taşıt hızlarında 3. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

Şekil 4.14.'de 4. vitesteki tekerlek tahrik gücü değişimleri grafiksel olarak gösterilmiştir. 4. viteste yapılan deney sonuçlarına göre; 80 km/h taşıt hızında ki tekerlek tahrik gücü değerlerine göre E10 yakıtı kullanılarak elde edilen güç değerleri E0 yakıtına göre % 3.85 oranında artmıştır. 100 km/h taşıt hızında ki tekerlek tahrik gücü değerlerine göre E30 yakıtı kullanılarak elde edilen güç değerleri E0 yakıtına göre % 5.44 oranında azalmıştır. Tüm yakıtlar için 4. vites durumunda maksimum güç değeri 130 km/h taşıt hızında elde edilmiştir. Bu hızdan itibaren güç değerlerinde özellikle motor gücündeki düşüşe bağlı olarak azalma görülmüştür. Deney taşıtının dinamometre üzerinde, 4. viteste çıkabildiği maksimum hız 166 km/h olarak belirlenmiştir. 4. viteste elde edilen maksimum güç (49.3 kW) E20 yakıtı ile 130 km/h taşıt hızındadır.



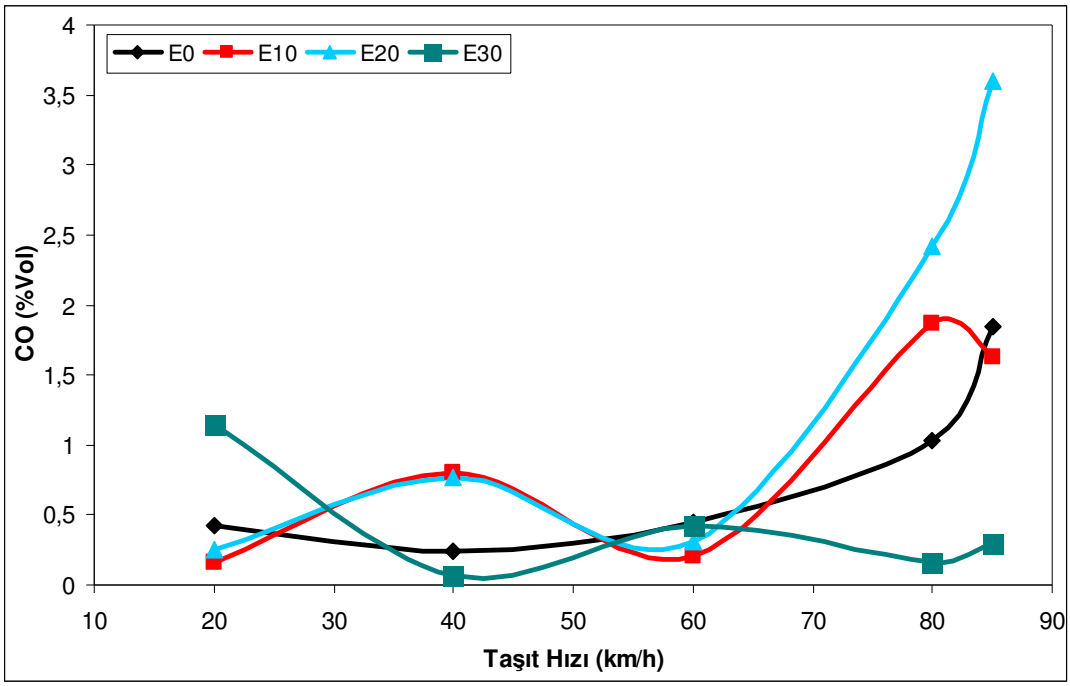
Şekil 4.14. Değişik taşıt hızlarında 4. vites tekerlek tahrik gücü grafiği

4.2. Emisyon Sonuçları

Deneylerde kullanılan egzoz emisyon ölçüm cihazın özelliklerine ve NO_x emisyonlarının daha çok dizel motorlarda oluşmasına bağlı olarak deneylerde CO, CO_2 ve HC emisyonları ölçülmüştür.

4.2.1. CO emisyonu

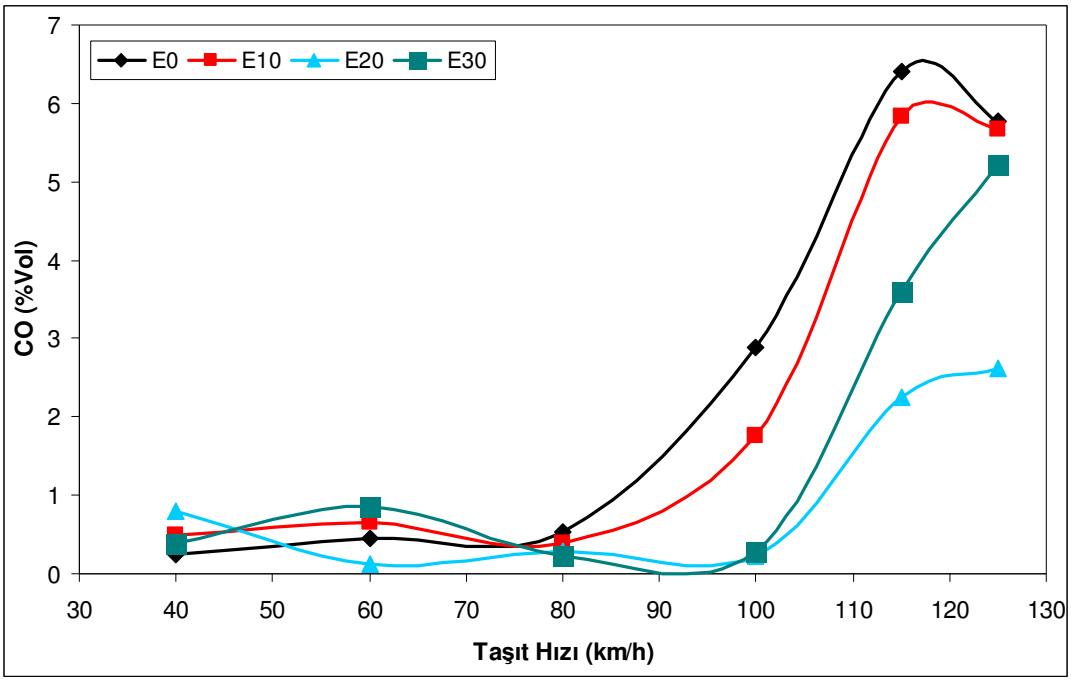
Şekil 4.15.'de 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında CO emisyonlarının kullanılan deney yakıtlarına göre grafiği gösterilmiştir. 20 km/h taşıt hızında E10 ve E20 yakıtları ile ölçülen CO emisyon değerleri E0'a göre yaklaşık %75 azalma, E30 yakıtında ise E0 yakıtına göre yaklaşık 2.5 katlık bir artış görülmüştür. 40 km/h taşıt hızında ise E10 ve E 20 yakıtları ile yapılan CO emisyonu ölçümlerinde E0 yakıtına göre yaklaşık 4 katlık bir artış, E30 emisyonunda E0'a göre yaklaşık 3.5 katlık bir azalma olmuştur. Daha sonraki hızlarda, taşıt hızına bağlı olarak E10 ve E20 yakıtı CO emisyonlarında artış ve E30 yakıtında azalma gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek hızda, E20 emisyonunda E0 yakıtına göre yaklaşık 2.5 katlık bir artış, E30 yakıtında ise E0 yakıtına göre yaklaşık 6 katlık önemli bir düşüş olmuştur. 2. vites durumunda elde edilen en düşük CO emisyonu değeri (0.072 %vol) 40 km/h taşıt hızında E30 yakıtı ile elde edilmiştir.



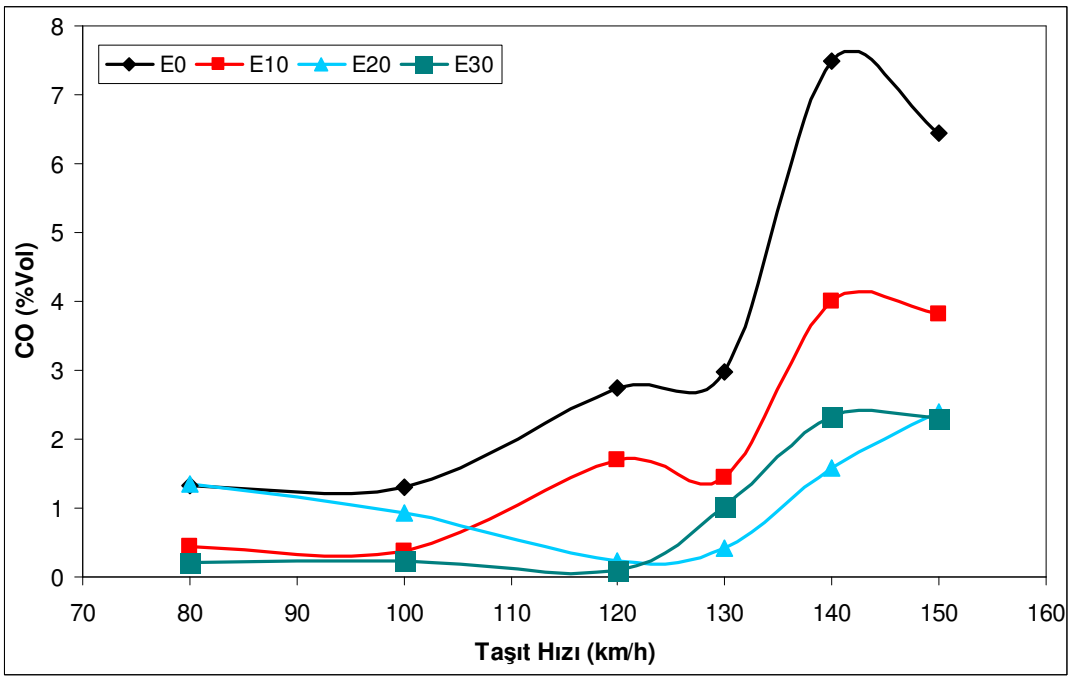
Şekil 4.15. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda CO emisyonu grafiği

Şekil 4.16.'da 3. vites durumunda, değişik taşıt hızlarındaki CO emisyonu eğrileri gösterilmiştir.3. vites durumunda, 80 km/h taşıt hızına kadar CO emisyon değerlerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu hızdan sonra taşıt hızına bağlı olarak karışımdaki etanol oranı arttıkça CO emisyonunda azalma olmuştur. 115 km/h taşıt hızında yaklaşık 3 katlık bir azalma olmuştur. 3. vites durumunda en düşük CO emisyonu değeri (0.123 %vol) 60 km/h taşıt hızında, E20 yakıtı ile elde edilmiştir.

Şekil 4.17.'de 4. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında E10, E20, E30 yakıtlarının CO emisyon değerlerinin E0 yakıtı ile karşılaştırılması gösterilmiştir. 80 km/h taşıt hızında alınan emisyon değerlerine göre; E10 ve E30 yakıtlarında oluşan CO emisyon değerleri E0 yakıtına göre yaklaşık 4.5 kat azalmıştır. E20 yakıtında ise E0 ile hemen hemen aynı CO emisyon değeri elde edilmiştir. Taşıt hızının artması ile E20 yakıtı CO emisyon değerleri 120 km/h taşıt hızına kadar hızla düşmüştür. Bu hızdan sonra CO emisyon değerleri genel olarak artmıştır. 140 km/h taşıt hızında E20 yakıtındaki CO değeri E0 yakıtına göre yaklaşık 5 kat azalmıştır. 4. vites durumunda en düşük CO emisyon değeri (0.084 %vol) 120 km/h taşıt hızında E30 yakıtında elde edilmiştir.



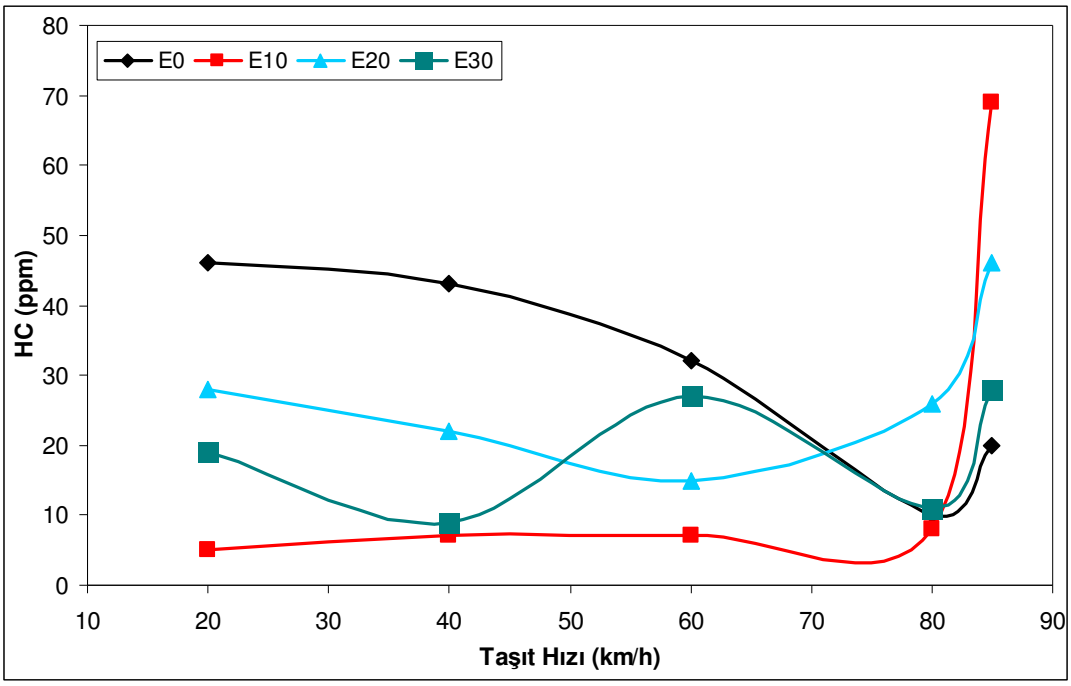
Şekil 4.16. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda CO emisyonu grafiği



Şekil 4.17. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda CO emisyonu grafiği

4.2.2. HC emisyonu

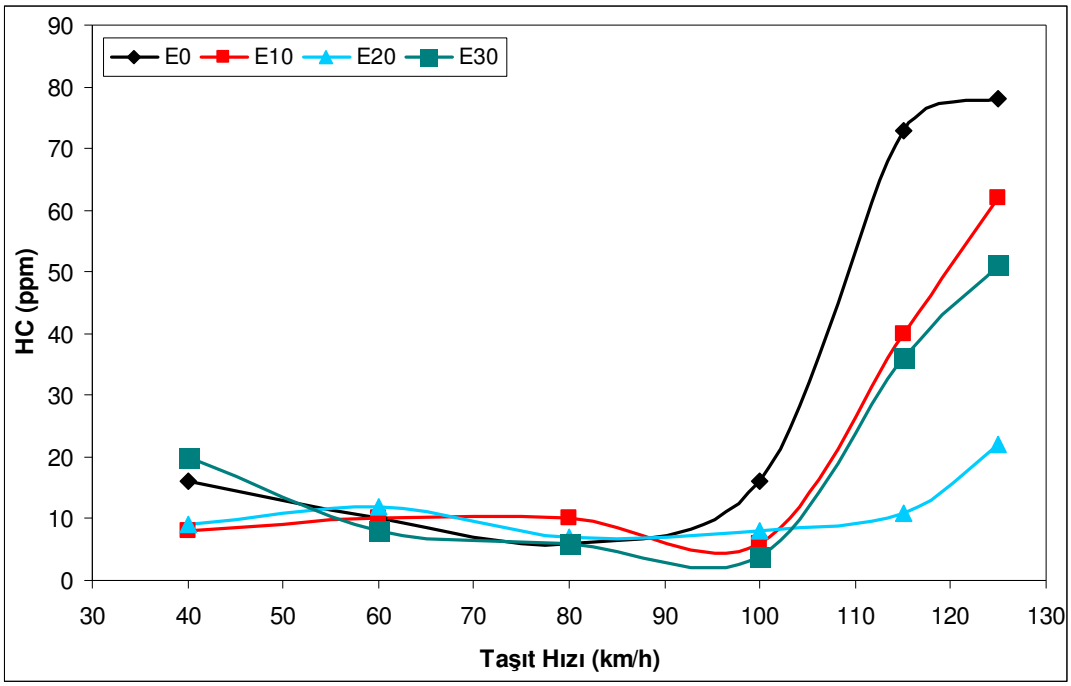
Şekil 4.18.'de 2. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında E10, E20, E30 yakıtlarının HC emisyon değerlerinin E0 yakıtı ile karşılaştırılması gösterilmiştir. Grafikte yaklaşık 70 km/h taşıt hızına kadar etanol karışımlı yakıtlar kullanılarak yapılan ölçümlerde E0 yakıtına göre daha düşük HC emisyonu görülmektedir. Bu hızdan sonra E0 yakıtı ile elde edilen HC emisyon değeri diğer yakıtlara göre düşmüştür. 20 km/h taşıt hızında E10 ile alınan ölçümler E0'a göre yaklaşık 9 kat düşmüştür. 60 km/h taşıt hızında bu oran aynı yakıtlar için 4.5 kat olmuştur. En kararlı HC emisyonu eğrileri E10 ve E20 yakıtlarında elde edilmiştir.



Şekil 4.18. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda HC emisyonu grafiği

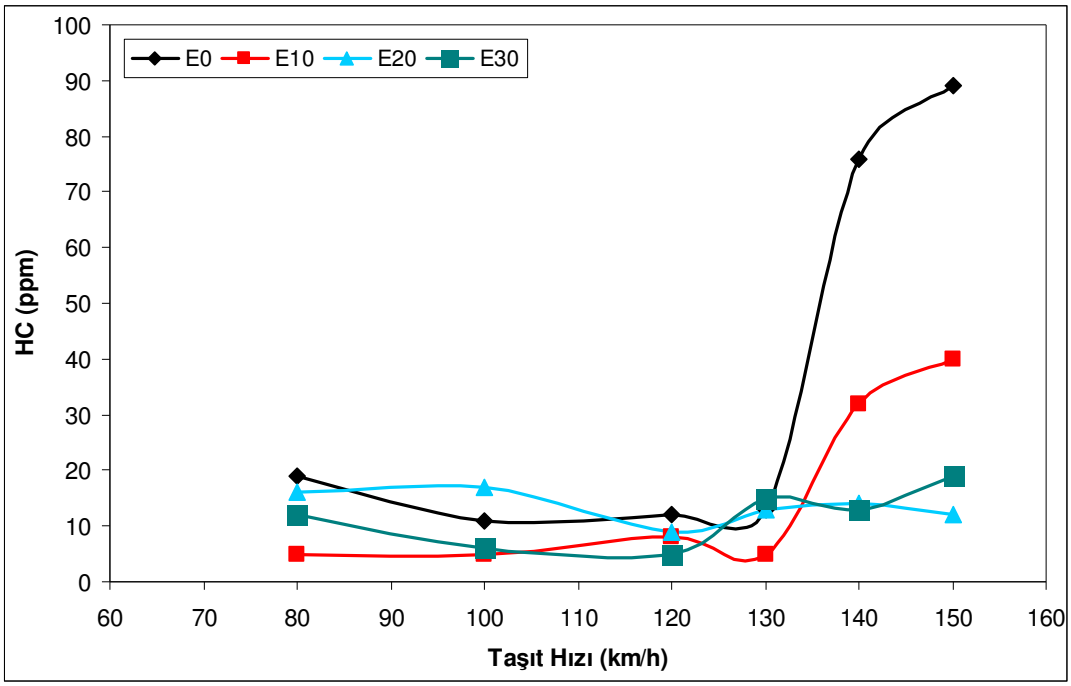
Şekil 4.19.'da değişik taşıt hızlarında, etanol katkılı yakıtları ile elde edilen HC emisyonlarının E0 yakıtı ile karşılaştırılması grafiksel olarak yapılmıştır. 3. vites durumunda, düşük hızlarda E10 ve E20 yakıtları ile yapılan deneylerden elde edilen HC emisyon değerleri E0 yakıtına göre 100 km/h taşıt hızına kadar genelde yüksek, 100 km/h taşıt hızında, etanol katkılı yakıtlarda HC emisyonu düşmüştür. Özellikle E30 yakıtından elde edilen HC emisyonları E0'a göre yaklaşık 2.5 kat daha azdır. Bu

taşıt hızından sonra, etanol katkılı yakıtların emisyon değerlerinde 3.5 kata kadar azalmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda HC emisyonu grafiği

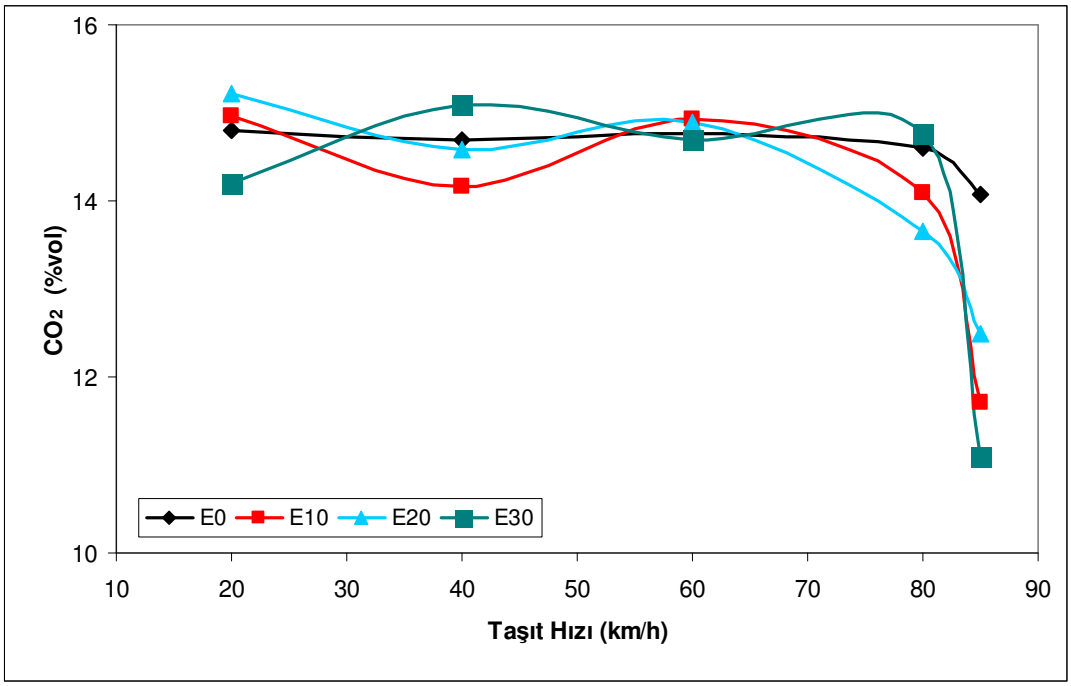
4. vites durumunda, değişik taşıt hızlarında E0,E10,E20 ve E30 yakıtları kullanılarak elde edilen HC emisyonu grafiği Şekil 4.20. de verilmiştir. 4. vites durumunda, 130 km/h taşıt hızına kadar etanol katkılı yakıtlardan elde edilen HC değerleri ile E0 yakıtından elde edilen değerler çok yakındır. Genelde E0 yakıtından oluşan HC emisyonlarından biraz daha azdır. Ancak 130 km/h taşıt hızından sonraki hızlarda elde edilen HC emisyonlarına bakıldığında; etanol katkılı yakıtlardan elde edilen HC emisyonu değerlerinde E0 yakıtına göre önemli bir azalma olmuştur. 140-150 km/h taşıt hızlarında yapılan ölçümlerde E20 ve E30 yakıtlarının HC emisyonları, E0'a göre ortalama 5.5 kat daha azdır. 4. vites durumunda en kararlı HC emisyonu eğrisi E20 yakıtı kullanılarak elde edilmiş olup en düşük HC emisyonu değeri (5 ppm) E10 yakıtı ile düşük devirlerde, E30 yakıtı ile 100-120 km/h taşıt hızlarında elde edilmiştir.



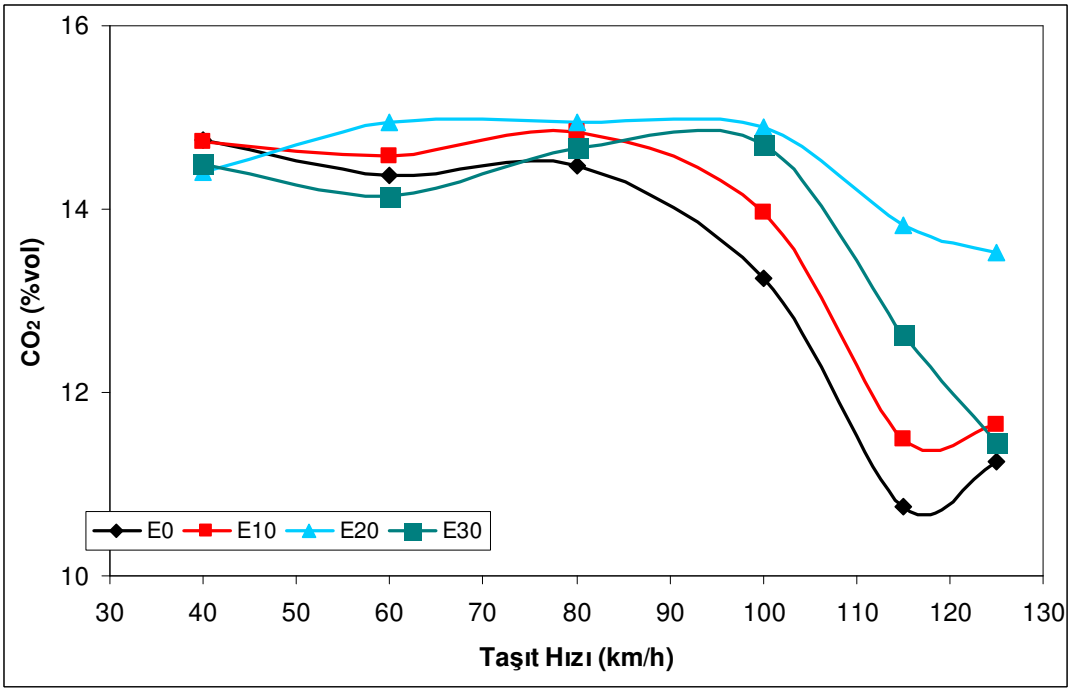
Şekil 4.20. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda HC emisyonu grafiği

4.2.3. CO_2 emisyonu

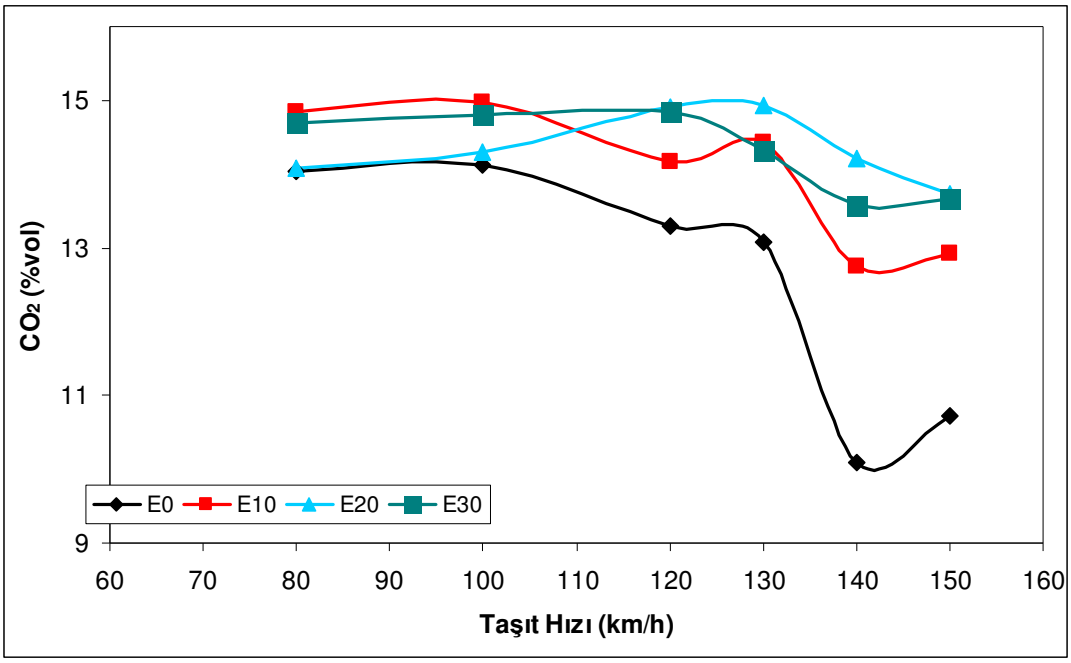
Şekil 4.21-4.24'de sırası ile 2, 3 ve 4. vites durumlarında, değişik taşıt hızlarında E0, E10, E20 ve E30 yakıtlarının CO_2 emisyonlarının taşıt hızına bağlı olarak değişimleri görülmektedir. 2. viteste, düşük ve orta taşıt hızlarında etanol katkılı yakıtların CO_2 emisyonları E0 yakıtı ile karşılaştırıldığında genelde çok yakın değerlerde olmuştur. Yüksek taşıt devirlerinde ise özellikle E30 yakıtında %26.87 oranında bir azalma olmuştur. 3. vites durumunda 80 km/h taşıt hızından sonra etanol karışımlı yakıtların CO_2 emisyon değerleri artmaya başlamıştır. 115 km/h taşıt hızında yaklaşık %30'luk bir artış olmuştur. 4. vites durumunda, düşük devirde etanol katkılı yakıtların CO_2 emisyonu değerlerinde az da olsa bir artış vardır. 100 km/h taşıt hızından sonra E0 yakıtı CO_2 emisyonu değeri diğer yakıtlara göre önemli ölçüde azdır. Özellikle 140 km/h taşıt hızında E20 yakıtı CO_2 emisyonu değeri E0'a göre yaklaşık % 42 artmıştır.



Şekil 4.21. Değişik taşıt hızlarında 2. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.22. Değişik taşıt hızlarında 3. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.23. Değişik taşıt hızlarında 4. vites durumunda CO_2 emisyonu grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, üretimi petrole bağımlı olmayan, biyokütleden elde edilen, fiziksel ve kimyasal özellikleri buji ateşlemeli bir motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılmaya elverişli olan etanolun, elektronik ateşleme sistemine ve enjeksiyonlu yakıt sistemine sahip bir taşıtta tekerlek tahrik kuvvetine, tekerlek tahrik gücüne, CO emisyonuna, HC emisyonuna ve CO_2 emisyonuna etkileri incelenmiştir. Etanolun oktan sayısının yüksek olması, benzin ile karıştırıldığında benzinin oktan sayısını artırması, buji ateşlemeli motorların sıkıştırma oranlarının artırılmasına imkan sağlar. Etanolun taşıtlarda verimli bir şekilde kullanılabilmesi için sıkıştırma oranının artırılması gerekmektedir. Bu sayede hem daha iyi motor ve taşıt performansı elde edilebilir hem de daha az egzoz emisyonu açığa çıkar.

Yapılan çalışmada hacimsel olarak %10-20-30 etanol içeren, kurşunsuz benzin-etanol karışımları kullanılmıştır.

Şekil 4.1-4.4.'de gösterilen tekerlek tahrik kuvveti eğrileri için; sabit vites durumunda, taşıt hızına bağlı olarak tahrik kuvvetindeki değişim; formül 4.1.'de gösterilen, motor momenti, transmisyon verimi ve transmisyon oranına bağlı olarak yorumlanmıştır. Buna göre, her bir vites kademesinde, motor momenti hariç diğer parametreler sabittir. Bu yüzden motor momenti maksimum olduğunda tekerlek tahrik kuvveti de maksimumdur. Motor momentinin maksimum olduğu motor devri dışındaki devirlerde, motor momenti azaldığı için tekerlek tahrik kuvveti de azalacaktır.

Değişik vites durumlarında ve taşıt hızlarında tekerlek tahrik kuvvetindeki değişim; formül 4.1.'e göre yorumlanmıştır. Buna göre, herhangi bir motor devrinde motor momenti sabit olacak, transmisyon oranının değişken olacaktır. Vites kademesi yükseldiğinde, transmisyon oranı düşeceği için tekerlek tahrik kuvveti değerleri azalacaktır.

Şekil 4.5-4.7.'de görüldüğü gibi, yapmış olduğumuz çalışmada, tekerlek tahrik kuvveti değerleri, E10 ve E20 yakıtları kullanılarak elde edilen değerlerin, ölçüm yapılan her bir vites durumunda, kurşunsuz benzine göre %9,56 oranına kadar bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. E30 yakıtı kullanılarak elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerleri, ölçüm yapılan her bir vites durumunda, kurşunsuz benzine göre

%7 oranına kadar bir azalma olduğu ortaya çıkmıştır. E10 ve E20 yakıtlarından elde edilen tekerlek tahrik kuvveti değerlerindeki artış, etanolun yaklaşık olarak ağırlıkça %40 oksijen içermesi olarak yorumlanmıştır (Can ve ark 2005). İlave oksijenin motor momentini artırdığı bilinmektedir (Sezer 2004). Bu sebepten dolayı, tekerlek tahrik kuvveti değerleri, çoğunlukla etanol katkılı karışımlarda yüksektir. Ancak, Şekil 4.7.'de 100 km/h taşıt hızında ve E30 yakıtının kullanıldığı zamanlarda etanol karışımlı yakıtların tekerlek tahrik kuvvetinin, kurşunsuz benzine göre düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni ise; özellikle hacimce yüksek etanol içeren yakıtlarda, oksijen içeriğinin artmasına rağmen alt ısıl değerin azalması ve sıkıştırma oranının artırılamaması olarak yorumlanmıştır. Çünkü alt ısıl değerin düşmesi ve motorun sıkıştırma oranının artırılamaması, motorda yanma sonucu oluşan basıncın azalması, motor momentinde düşüşe neden olur. Motor momentindeki bu düşüş tekerlek tahrik kuvvetinin de düşmesine neden olur.

Tekerlek tahrik gücü; formül 4.2.'de görüldüğü gibi, taşıt hızına ve tekerlek tahrik kuvvetine bağlıdır. Şekil 4.8-4.11.'de görüldüğü gibi, tekerlek tahrik gücünün, araç hızı arttıkça maksimum tekerlek tahrik kuvvetinin elde edildiği taşıt hızına kadar artığı ortaya çıkmıştır. Tekerlek tahrik kuvveti düşmeye başladığında ise, taşıt hızı artmasına karşın, tekerlek tahrik gücünün düştüğü gözlemlenmiştir. Bu düşüşün nedeni; taşıt hızındaki artış oranının, tekerlek tahrik kuvvetindeki düşüş oranından daha az olması olarak yorumlanmıştır.

Şekil 4.12-14.'de görüldüğü gibi, E10 ve E20 yakıtları kullanılarak elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerinin, ölçüm yapılan her bir vites durumunda, kurşunsuz benzine göre %9,56 oranına kadar bir artış olduğu ortaya çıkmıştır. E30 yakıtı kullanılarak elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerinin, ölçüm yapılan her bir vites durumunda, kurşunsuz benzine göre %5,44 oranına kadar bir azalma olduğu ortaya çıkmıştır. E10 ve E20 yakıtları kullanılarak elde edilen tekerlek tahrik gücü değerlerinin, genelde kurşunsuz benzine göre bir miktar yüksek olmasının nedeni, tekerlek tahrik kuvvetinin etanol katkılı yakıtlarda daha yüksek olması olarak yorumlanmıştır. Ancak, Şekil 4.14.'de 100 km/h taşıt hızında ve E30 yakıtının kullanıldığı zamanlarda etanol karışımlı yakıtların tekerlek tahrik gücünün, kurşunsuz benzine göre düştüğü görülmüştür. Bu durum, sıkıştırma oranının artırılamamamsından dolayı, birim çevrimde motorun silindirlerine alınan yakıtın,

yanma sonu veriminin düşmesi sonucu tekerlek tahrik kuvvetinin azalması olarak yorumlanmıştır.

CO emisyonunu, tüm karışımlar için, Şekil 4.15.'de 20 ve 40 km/h taşıt hızları, Şekil 4.16.'da 60 km/h taşıt hızı haricinde kalan durumlarda, kurşunsuz benzine göre 5 kata kadar azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Etanol katkılı yakıtlar kullanılarak elde edilen CO emisyonundaki bu düşüşün nedeni, etanolun içeriğinde oksijen bulunması ve bu nedenle karışım yakıtlarındaki oksijen miktarının kurşunsuz benzine göre yüksek olması olarak yorumlanmıştır. Çünkü, CO emisyonu, öncelikle silindirlere alınan oksijenin miktarına bağlıdır. Bununla birlikte, etanol benzinden daha az sayıda C atomu içermektedir (Etanol: C_2H_5OH, Benzin: C_8H_{18}). Bu nedenle karışımdaki toplam C atomu miktarının kurşunsuz benzine göre az olması CO emisyonunun azalma sebeplerinden birisi olarak yorumlanmıştır. Ayrıca etanol benzine göre çok daha iyi buharlaşmakta ve daha temiz yanmaktadır. Şekil 4.15.'de 20 ve 40 km/h taşıt hızları, Şekil 4.16.'da 60 km/h taşıt hızı durumlarında, karışım yakıtlarının CO emisyonunun artmasının nedeni ise sıkıştırma oranının karışım yakıtlarına göre düşük olması nedeni ile yanmanın verimli olmaması olarak yorumlanmıştır. Bulunan bu sonuçlar; Guerrieri ve ark (1995), Fanick ve ark (1996), Kelly ve ark (1996), Schifter ve ark (2004), Topgül (2006), Çolak (2006)'ın bulmuş olduğu sonuçlar ile uyumludur.

HC emisyonu, yapmış olduğumuz çalışmada, Şekil 4.18.'de 70 km/h taşıt hızına kadar etanol katkılı yakıtlarda, kurşunsuz benzine göre 9 kata kadar azalmış, bu hızdan sonra artmıştır. Şekil 4.19.'da HC emisyonunun 70-90 km/h taşıt hızı aralığında etanol katkılı yakıtlarda, kurşunsuz benzine göre 2 kata kadar arttığı, bu hızdan sonra 3,5 kata kadar azaldığı görülmektedir. Şekil 4.20.'de ise, 85-115 km/h taşıt hızı aralığında E20 yakıtı ile elde edilen HC emisyonu haricinde kalan tüm durumlarda, HC emisyonunun tüm karışım yakıtlarında, kurşunsuz benzine göre 5,5 kat kadar bir azalma görülmektedir. HC emisyonundaki azalma, taşıt hızındaki artış ile birlikte motor devrindeki artışla açıklanabilir. Çünkü motor devri arttıkça, silindir içerisine alınan yakıtın yanması sonucu açığa çıkan sıcaklık artacak ve yanma iyileşecektir. Bununla birlikte, etanoldaki oksijen bileşiği hava/yakıt oranını artırarak karışımı bir miktar fakirleştirir ve silindirlere alınan yakıtın HC bileşiği oranının azalmasını sağlaması olarak ta yorumlanabilir. Buna ek olarak etanol katkılı

yakıtların daha kolay buharlaşabilmesi ile yanmanın daha iyi olmasını sağlaması HC emisyonlarını düşürmüştür. HC emisyonundaki artış ise, etanolun ısıl değerinin düşük olması sonucu silindir içerisindeki yanma sonu sıcaklığının düşük olması olarak yorumlanmıştır. Bu sonuçlar; Fanick ve ark (1996), Schifter ve ark (2004), Koç (2006) ve Topgül (2006)' ün çalışmaları ile uyumludur.

Şekil 4.21-4.23.'de görülen CO_2 emisyonu eğrileri, C ve O atomlarının tepkimeye girme durumuna göre değişiklik göstermiştir. CO oranındaki düşüş CO_2 oranındaki artışın bir göstergesi olarak yorumlanmıştır. Bu nedenle Şekil 4.21.'de 20 ve 40 km/h taşıt hızları, Şekil 4.22.'de 60 km/h taşıt hızı haricinde kalan tüm durumlarda CO_2 emisyonu, kurşunsuz benzine göre artmıştır. Bu sonuçlar; Al-Hasan (2003), Yüksel ve ark (2004), Ceviz ve ark (2005)'in yapmış olduğu çalışmalar ile uyumludur.

Yapılan araştırmalar sonucunda etanolun yakın gelecekte yakıt olarak yaygın bir şekilde kullanılacağı gerçektir. Bu nedenle öncelikle etanol üretimi maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir.

Etanolun, motor ve taşıt performansına etkilerinin incelenmesinde, yapılan araştırmalar sonucunda özellikle yakıt tüketiminin iyileştirilmesindeki zorluklar giderilmelidir. Etanolun benzinle karıştırılması sonucu ortaya çıkan taşıt performansı değerleri, buji ateşlemeli motorlarda özellikle E10 kullanımının uygun olabileceğini ortaya koymaktadır. Ancak motorun sıkıştırma oranının artırılması ve güç aktarma organlarında yapılacak değişiklikler ile etanol kullanımının daha iyi sonuçlar ortaya çıkaracağı ve karışıma ilave edilebilecek olan etanolun yüzdesinin de artırılabileceği düşünülmektedir.

Etanolun egzoz emisyonlarına olumlu etkileri olduğu testler sonucunda ortaya çıkmıştır. En düşük emisyon değerleri E30 yakıtından elde edilen emisyon değerleri olmasına karşın, en kararlı emisyon değerleri E20 yakıtından elde edilmiştir. Bu nedenle, emisyon değerleri göz önüne alındığında, E20 yakıtının kullanımının uygun olabileceği önerilmektedir. Etanol katkılı yakıtların, yanma sonucu ortaya çıkan emisyonlarının katalitik konvertör verimi üzerine etkileri incelenebilir.

Sonuç olarak; buji ateşlemeli motorlar için gelecekteki yakıt olarak düşünülen etanol, günümüzde petrolden elde edilen benzinin yerini kolaylıkla alabilir. Otomotiv teknolojisinin petrole olan bağımlılığını azaltabilmek, hatta tamamıyla yok

edebilmek amacı ile otomotiv firmalarının, taşıtlar üzerinde yapacağı modifikasyonları belirlemelerine yardımcı olabilmek amacı ile motorun ve taşıtın, etanola uyumlu olarak; sıkıştırma oranı, ateşleme avansı, hava/yakıt oranı gibi optimum çalışma parametreleri belirlenmelidir. Ayrıca, etanolun dizel yakıtı üzerindeki etkilerinin ve dizel yakıta karıştırılması sonucu elde edilecek olan verilerin incelenmesi araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

Abdel-Rahman, A.A., Osman, M.M. 1997. Experimental Investigation on Varying The Compression Ratio of SI Engine Working under Different Ethanol-Gasoline Fuel Blends, International Journal of Energy Research, 21:31-40.

Acaroğlu, M., Oğuz, H., Ünaldı, M. 2004. Türkiye İçin Alternatif Bir Yakıt: Biyoetanol, Yakıt Olarak Kullanımı ve Emisyon Değerleri, Biyoenerji 2004 Sempozyumu, İzmir.

Ajav, E.A., Singh, B., Bhattacharya, T.K. 2000. Thermal Balance of a Single Cylinder Diesel Engine Operating on Alternative Fuels, Energy Conversion and Management, 41:1533-1541.

Al-Baghdadi, M.A.S. 2000. Performance Study of a Four-Stroke Spark İgnition Engine Working with Both of Hydrogen and Ethyl Alcohol as Supplementary Fuel, Hydrogen Energy, 25:1005-1009.

Al-Fahreydi, A.A. 2002. Effects of Octan Number on Exhaust Emissions of a Spark İgnition Engine, International Journal of Energy Research, 26:279-289.

Al-Hasan, M. 2003. Effect of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Engine Performance and Exhaust Emission, Energ Conversion and Management, 44:1547-1561.

Background Information for The EU-Project PREMIA. 2005. Assessment of Bioethanol and Biogas Initiatives for Transport in Sweden, Atrax Energi, TREN/04/FP6EN/S07.31083/503081.

Bayraktar, H. 2005. Experimental and Theoretical Investigation of Using Gasoline-Ethanol Blends in Spark-Ignition Engines, Renewable Energy, 30:1733-1747.

Benson, J.D., Koehl, W.J., Burns, V.R., Hochhauser, A.M., Knepper, J.C., Leppard, W.R., Painter, L.J., Rapp, L.A., Reuter, R.M., Rippon, B., Rutherford, J.A. 1995. Emissions with E85 and Gasolines in Flexible/Variable Fuel Vehicles – The Auto/Oil Air Quality Improvement Research Program, SAE Paper No: 952508.

Bromberg, L., Cohn, D.R., Heywood, J.B. 2006. Calculations of Knock Suppression in Highly Turbocharged Gasoline/Ethanol Engines Using Direct Ethanol Injection, Massachusetts Institute of Technology Cambridge.

Can, Ö., Çelikten, İ., Usta, N. 2004. Effects of Ethanol Addition on Performance and Emissions of a Turbocharged Indirect Injection Diesel Engine Runnig at Different Injection Pressures, Energ Conversion and Management, 45:2429-2440.

Can, Ö., Çelikten, İ., Usta, N. 2005. Etanol Karışımlı Motorin Yakıtının Diesel Motoru Egzoz Emisyonlarına Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(2): 219-224.

California Energy Commission. 2006. California Alternative Fuels Market Assessment, Tiax LLC, California.

Caro, P.S., Mouloungui, Z., Vaitilingom, G., Berge, J.C. 2001. Interest of Combining an Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engines, Fuel, 80:565-574.

Ceviz, M.A., Yüksel, F., 2005. Effects of Ethanol-Unleaded Gasoline Blends on Cyclic Variability and Emissions in an SI Engine, Applied Thermal Engineering, 25:917-925.

Ceylan, S. Kazan, D. Ünal, S. Sayar, A. A. 2004. Karadeniz Bölgesi Fındık Çotanağının Etanol Üretimi İçin Kaynak Olarak Kullanılması, Biyoenerji 2004 Sempozyumu, Ekim, 143.

Chen, H., Shuai, S.J., Wang, J.X. 2007. Study on Combustion Characteristics and PM Emission of Diesel Engines Using Ester-Ethanol-Diesel Blended Fuels, Proceedings of The Combustion Institute, 31:2981-2989.

Ciniviz, M., Haşimoğlu, C., Çınar, C., Topgül, T. 2002. Dizel Motorlarındaki Emme Manifoldundaki (CO_2) Konsantrasyonu Egzoz Emisyonlarına Etkileri, 7.Uluslar Arası Yanma Sempozyumu, Ankara.

Czerwinski, G. 1994. Performance of HD-DI-Diesel Engine with Addition of Ethanol and Rapeseed Oil, SAE Paper No: 940545.

Çelik, M.,B. 2000. Taşıt Test Tekniği Ders Notları, Karabük.

Çolak, A. 2006. Buji Ateşlemeli Bir Motorda Farklı Sıkıştırma Oranlarında Etanol Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Doğanay, H. 1998. Enerji Kaynakları Ekonomik Cpğrafya-2, Şafak Yayınevi, Erzurum.

Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2003. 2002 Türkiye Enerji Raporu, Poyraz Ofset, Ankara.

Fanick, E.R., Whitney, K.A., Bailey, B.K. 1996. Particulate Characterization Using Five Fuels, SAE Paper No: 961089.

Fessenden, R. J., Fessenden, J. S. 1990. Organic Chemistry, 4th ed. B/CPC, California.

Guerrieri, D.A., Caffery, P.J., Rao, V. 1995. Investigation into The Vehicle Exhaust Emissions of High Percentage Ethanol Blends, SAE Paper No: 950777.

Gürbüz, Ö. 2006. Petrolden İkinci Kaçış Seferberliği, 04.04.2006 Tarihli Referans Gazetesi.

Hart, H. Hart, D. J., Craine, L. E.1998. Organic Chemistry, 9th ed. HMC, Boston.

He, B.Q., Wang, J.X., Hao, J.M., Yan, X.G., Xiao, J.H. 2003. A Study on Emission Characteristics of an EFI Engine with Ethanol Blended Gasoline Fuels, Atmospheric Environment, 37:949-957.

He, B.Q., Shuai, S.J., Wang, J.X., He, Hong. 2003. The Effect of Ethanol Blended Diesel Fuels on Emissions from a Diesel Engine, Atmospheric Environment, 37:4965-4971.

Heiseh, W.D., Chen, R.H., Wu, T.L., Lin, T.H. 2002. Engine Performance and Pollutant Emission of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline Blended Fuels, Atmospheric Environment, 36:403-410.

İmrağ, H. 2006. Benzinli Motorlarda Biyoetanol Kullanımının Motor Karakteristik Değerlerine ve Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Jia, L.W., Shen, M.Q., Wang, J., Lin, M.Q. 2005. Influence of Ethanol-Gasoline Blended Fuel on Emission Characteristics from a Four-Stroke Motorcycle Engine, Journal of Hazardous Materials, A123:29-34.

Kelly,K.J., Bailey, B.K., Coburn, T. 1996. Federal Test Procedure Emission Test Result from Ethanol Variable-Fuel Vehicle Chevrolet Luminas, SAE Paper No: 961092.

Koç, M. 2006. E85 ve E50 Kullanımının Yüksek Sıkıştırma Oranlarında Benzin Motoru Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kutlar, O.A., Ergeneman, M., Arslan, H., Mutlu, M. 1998. Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Özdalyan, B. 2002. Motorlu Taşıtlar Mekaniği Ders Notları, Karabük.

Pang, X., Shi, X., Mu, Y., He, H., Shuai, S., Chen, H., Li, R. 2006. Characteristics of Carbonyl Compounds Emission from a Diesel-Engine Using Biodiesel-Ethanol-Diesel as Fuel, Atmospheric Environment, 40:7057-7065.

Poulopoulos, S.G., Samaras, D.P., Philippopoulos, C.J. 2001. Regulated and Unregulated Emissions from an Internal combustion Engine Operating on Ethanol-Containing Fuels, Atmospheric Environment, 35:4399-4406.

Schifter, I., Diaz, L., Vera, M., Guzman, E., Lopez-Salinas, E. 2004. Fuel Formulation and Vehicle Exhaust Emissions in Mexico, Fuel, 83:2065-2074.

Sezer, K. 2004. Klasik Motorlara Saf Oksijen Verilmesinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Song, C.L., Zhang, W.M., Pei, Y.Q., Fan, G.L., Xu, G.P. 2006. Comparative Effects of MTBE and Ethanol Additions into Gasoline on Exhaust Emissions, Atmospheric Environment, 40:1957-1970.

Şenol, C., Şahin, T. 2003. Kimya 5-6 Ders Notu, 1. Baskı, 4. Akşam Sanat Okulu Matbaası, Ankara.

Thuijil, E., Roos, C.J., Beurskens, L.W.M. 2003. An Overview of Biofuel Technologies, Markets and Policies in Europe, ECN-C-03-008

Topgül, T. 2006. Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Etil Alkol-Benzin Karışımı Kullanımında Optimum Çalışma Parametrelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Tüzün, C. 1999. Organik Kimya, 8. Baskı, Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

Uçar, G. 2005. Yakıtlar, Biyomotorin Yakıtları ve Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Semineri, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

www.konyaseker.com.tr

Westerholm, R., Rehnlund, B., Egeback, K.E., Henke, M. 2004. Blending of Ethanol in Gasoline for Spark Ignition Engines, AVL/MTC, Sweden.

Wu, C.W., Chen, R.H., Pu, J.Y., Lin, T.H. 2004. The Influence of Air-Fuel Ratio on Engine Performance and Pollutant Emission of an SI Engine Using Ethanol-Gasoline-Blended Fuels, Atmospheric Environment, 7093-7100.

Xing-cai, L., Jian-guang, Y., Wu-gao, Z., Zhen, H. 2004. Effect of Cetane Number Improver on Heat Release Rate and Emissions of High Speed Diesel Engine Fueled with Ethanol Diesel Blend Fuel, Fuel, 83: 2013-2020.

Yaman, H. 2004. Benzinli motorlarda Egzoz Emisyonlarına Etki Eden Faktörlerin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Yüksel, F., Yüksel, B. 2004. The Use of Ethanol-Gasoline Blend as a Fuel in an SI Engine, Renewable Energy, 29:1181-1191.

EK

Ek Çizelge 1. E0 yakıtı 2. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
20	2070	11,5
40	2673	29,7
60	2802	46,7
80	2025	45

Ek Çizelge 2. E0 yakıtı 3. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
40	1800	20
60	1848	30,8
80	2020,5	44,9
100	1681,2	46,7
115	1446,26	46,2

Ek Çizelge 3. E0 yakıtı 4. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
80	1399,5	31,1
100	1587,6	44,1
120	1428	47,6
130	1354,15	48,9
140	1152	44,8

Ek Çizelge 4. E10 yakıtı 2. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
20	2196	12,2
40	2682	29,8
60	2856	47,6
80	2043	45,4

Ek Çizelge 5. E10 yakıtı 3. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
40	1791	19,9
60	1854	30,9
80	2083,5	46,3
100	1839,6	51,1
115	1449,39	46,3

Ek Çizelge 6. E10 yakıtı 4. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
80	1453,5	32,3
100	1573,2	43,7
120	1452	48,4
130	1359,69	49,1
140	1049,14	40,8

Ek Çizelge 7. E20 yakıtı 2. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
20	2268	12,6
40	2628	29,2
60	2850	47,5
80	2034	45,2

Ek Çizelge 8. E20 yakıtı 3. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
40	1755	19,5
60	1866	31,1
80	2043	45,4
100	1778,4	49,4
115	1449,39	46,3

Ek Çizelge 9. E20 yakıtı 4. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
80	1426,5	31,7
100	1562,4	43,4
120	1446	48,2
130	1365,23	49,3
140	1144,29	44,5

Ek Çizelge 10. E30 yakıtı 2. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
20	2106	11,7
40	2628	29,2
60	2784	46,4
80	2016	44,8

Ek Çizelge 11. E30 yakıtı 3. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
40	1683	18,7
60	1788	29,8
80	1998	44,4
100	1807,2	50,2
115	1424,35	45,5

Ek Çizelge 12. 30 yakıtı 4. vites tekerlek tahrik kuvveti ve tekerlek tahrik gücü değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	Tekerlek Tahrik Kuvveti (N)	Tekerlek Tahrik Gücü (kW)
80	1404	31,2
100	1501,2	41,7
120	1440	48
130	1356,92	49
140	1095,43	42,6

Ek Çizelge 13. E0 yakıtı 2. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
20	0,424	46	14,8
40	0,245	43	14,7
60	0,452	32	14,76
80	1,029	10	14,6

Ek Çizelge 14. E0 yakıtı 3. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
40	0,24	16	14,76
60	0,454	10	14,36
80	0,524	6	14,47
100	2,883	16	13,24
115	6,403	73	10,75

Ek Çizelge 15. E0 yakıtı 4. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
80	1,334	19	14,04
100	1,31	11	14,12
120	2,745	12	13,29
130	2,98	13	13,08
140	7,486	76	10,08

Ek Çizelge 16. E10 yakıtı 2. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
20	0,159	5	14,96
40	0,807	7	14,16
60	0,208	7	14,92
80	1,865	8	14,1

Ek Çizelge 17. E10 yakıtı 3. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
40	0,481	8	14,74
60	0,65	10	14,58
80	0,381	10	14,84
100	1,758	6	13,97
115	5,838	40	11,5

Ek Çizelge 18. E10 yakıtı 4. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
80	0,432	5	14,85
100	0,383	5	14,97
120	1,706	8	14,17
130	1,447	5	14,42
140	4,002	32	12,76

Ek Çizelge 19. E20 yakıtı 2. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
20	0,252	28	15,22
40	0,765	22	14,58
60	0,311	15	14,89
80	2,424	26	13,65

Ek Çizelge 20. E20 yakıtı 3. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
40	0,794	9	14,41
60	0,123	12	14,94
80	0,278	7	14,95
100	0,228	8	14,89
115	2,25	11	13,83

Ek Çizelge 21. E20 yakıtı 4. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
80	1,353	16	14,08
100	0,926	17	14,3
120	0,233	9	14,9
130	0,412	13	14,94
140	1,587	14	14,21

Ek Çizelge 22. E30 yakıtı 2. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
20	1,141	19	14,2
40	0,072	9	15,1
60	0,424	27	14,69
80	0,164	11	14,77

Ek Çizelge 23. E30 yakıtı 3. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
40	0,384	20	14,5
60	0,858	8	14,14
80	0,22	6	14,67
100	0,285	4	14,71
115	3,606	36	12,63

Ek Çizelge 24. E30 yakıtı 4. vites emisyon değerleri

Taşıt Hızı (km/h)	CO (%vol)	HC (ppm)	CO_2 (%vol)
80	0,209	12	14,7
100	0,239	6	14,8
120	0,084	5	14,84
130	1,031	15	14,33
140	2,33	13	13,57