

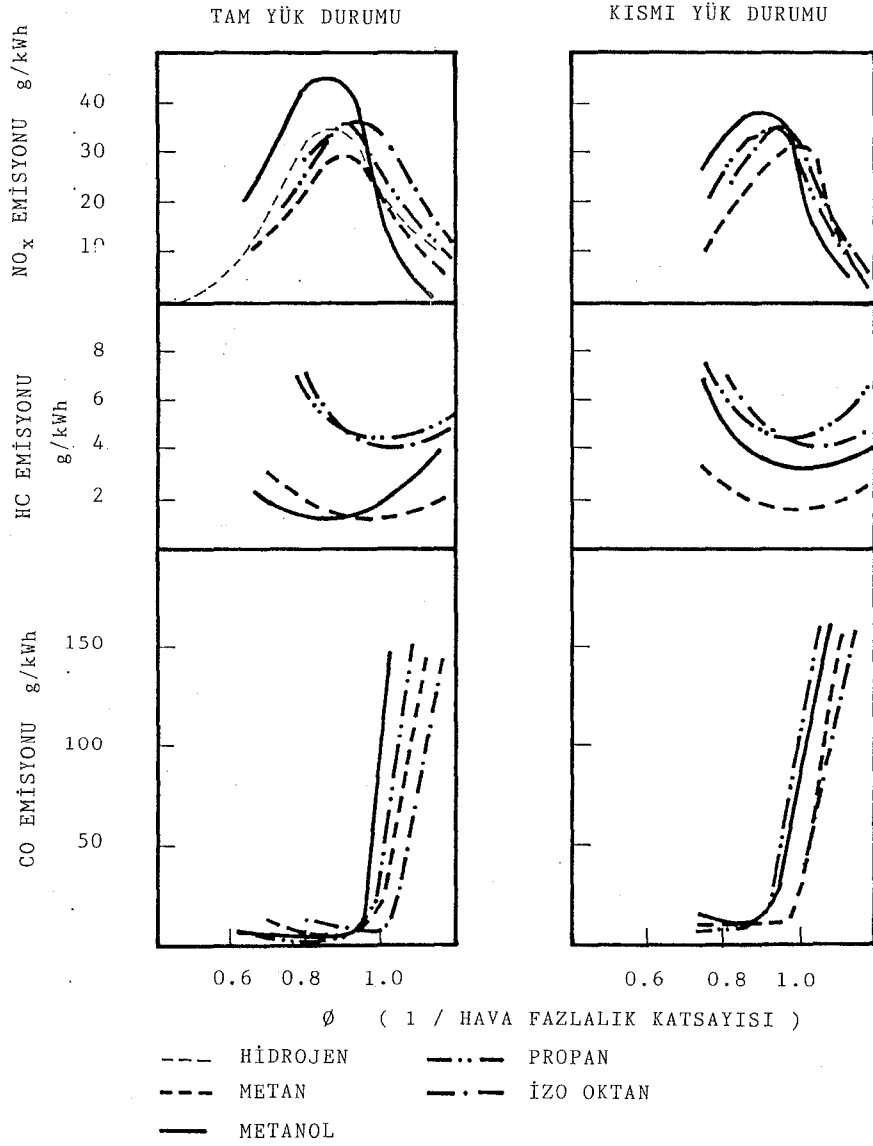
5. YAKIT ÖZELLİKLERİNİN EMİSYONA ETKİLERİ

1970'lerden başlayarak ortaya çıkan petrol kökenli yakıtların azalması sorunu nedeniyle alternatif motor yakıtları için kaynakların aranmasına başlanmıştır. Emisyon açısından da üstün bazı alternatif yakıtların benzin ve dizel motorlarında kullanımı mümkün olmakla birlikte mevcut sistemin değişimi ile oluşacak üretim, dağıtım ve depolama sorunlarının getireceği ek maliyetler nedeniyle, alternatif yakıtların bazı kısıtlı uygulamaları dışında günümüzde hala yaygın olarak kullanılan konvansiyonel yakıtlardır.

5.1 Alternatif Motor Yakıtlarının Emisyona Etkileri

Motor yakıtlarının yanma performansı ve ürettiği kirletici emisyon miktarı yakıtın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Çeşitli alternatif motor yakıtlarının özellikleri Tablo 5.1'de verilmiştir.

Watson ve Milkins tarafından izo-oktan (C_8H_{18}), metanol (CH_3OH), metan (CH_4), propan (C_3H_8) ve hidrojen (H_2) ile yapılan deneyler sonucunda hava fazlalık katsayısı ile özgül HC, CO ve NO_x emisyon miktarlarının değişimi belirlenmiştir (Şekil 5.1). Tam yük durumunda NO_x emisyonları karışım oranına bağlı olarak bir çan eğrisi oluşturmaktadır. Denenen yakıtlar arasında metanol daha yüksek bir tepe noktası oluşturmakta ve bu nokta daha fakir karışım oranlarında gerçekleşmektedir. Diğer taraftan konsantrasyon olarak ele alındığında hidrojen en fazla miktarda NO_x üreten yakıt olmaktadır (Şekil 5.2). Kısmi yüklerde ise sıcaklıkların düşmesi sonucu eğrilerin tepe noktaları daha zengin karışımlara doğru kaymaktadır. HC emisyonu açısından propan ile izo-oktan aynı mertebelerde değerlere sahip bulunmaktadır. Ancak burada kullanılan tek silindirli CFR motoru yerine çok silindirli motor kullanıldığında bu durum farklı olacaktır. Çok silindirli motorda sıvı yakıtın silindirlere eşit dağılımı sorun yaratacağından, yanmamış yakıt miktarı da artış gösterecektir. CO emisyonu açısından ise bütün yakıtlar için HFK ile benzer karakterde bir değişim görülmektedir. Hidrojenin tam olarak



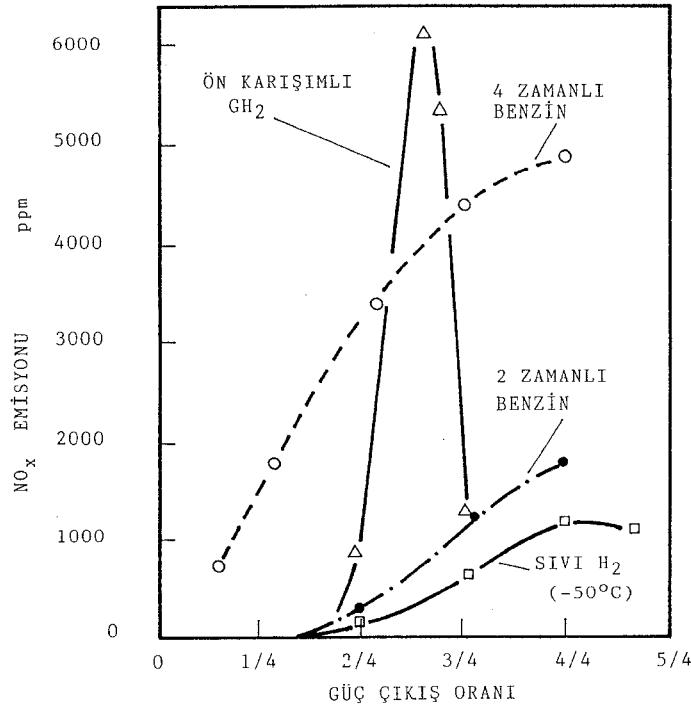
Şekil 5.1 Alternatif motor yakıtlarının emisyon değerleri.

Tablo 5.1 Alternatif Motor Yakıtlarının Özellikleri

	HİDROJEN	METAN	METANOL	ETANOL	BENZİN
Kimyasal denklemi	H ₂	CH ₄	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₈ H ₁₈
C/H oranı	0	0.25	0.25	0.333	0.556
Moleküler ağırlığı	2.02	16.04	32.04	46.07	91.4
Özgül ağırlığı					
sıvı	0.07	0.424	0.79	0.79	0.73 ^a
gaz (x10 ³)	0.084	0.78			
Isıl değeri					
MJ/kg	119.93	50.8	20.1	26.9	43.4
MJ/litre	8.41	20.8	15.9	21.3	31.8
Stokiyometrik karışım için					
hava/yakıt kütleisel	34.32	17.2	6.44	8.96	14.7
hava/yakıt hacimsel	2.38	9.53	7.14	14.3	45.79
kJ/litre	3.20	3.4	3.53	3.61	3.78
Buharlaştırma ısısı					
MJ/kg	0.447	0.509	1.102	0.856	0.272 ^a
Tutuşma sınırları					
% hacim	4.1-74	5-15.4	6-37	3.5-19	1.3-7.6
HFK	0.15-4.35	0.59-2	0.24-2.22	0.29-1.92	0.26-1.67
Laminar alev hızı					
m/s	2.91	0.37	0.52		0.37
Adyabatik alev sıcaklığı					
K	2383	2227	2151	2197	2266 ^a
Oktan sayısı					
ROS	130	130	110	106	91-100
MOS		105	87	89	82-94

^a izooktan

yanması sonucunda yanma ürünleri arasında sadece H_2O ve CO_2 bulunmaktadır. Bu bakımdan sadece NO_x emisyonu açısından sorun oluşturmakla birlikte, diğer bileşenleri egzoz gazları arasında bulundurmadığı için hidrojen en temiz yakıt olarak kabul edilebilir. Ayrıca çok zengin ve çok fakir karışım oranlarında tutuşabilme yeteneği sonucunda fakir karışımlarla motoru çalıştırarak NO_x emisyonu da düşürülebilmektedir.

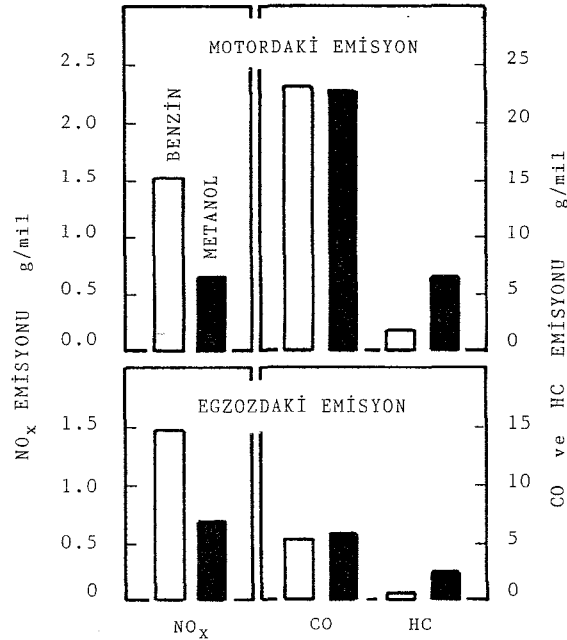


Şekil 5.2 Hidrojen yakıtlı motorlarda NO_x emisyonu.

Metanol da benzine oranla daha iyi yanma verimine sahip bulunmaktadır. Ancak daha düşük yanma sıcaklığına sahip olması nedeniyle benzine oranla NO_x emisyonu daha düşüktür (Şekil 5.3). CO emisyonu HFK'na bağlı olduğundan her iki yakıt için de aynı mertebelerdedir. HC emisyonu ise metanol ile daha yüksek olmaktadır. Benzin ile etanol karışımları kullanıldığında (%90 benzin, %10 etanol : Gasohol) motoru daha fakir karışım ile çalıştırma olanağı bulunduğu için CO emisyonu azalma gösterir. Bu arada HC emisyonu artmakta, NO_x bir miktar azalmaktadır (Tablo 5.2). Metanol ile benzin karıştırıldığında ise (%85 benzin, %15

metanol) emisyon miktarındaki değişimler gene aynı doğrultudadır (Tablo 5.3).

Etanol ise, metanole oranla daha düşük verimle yanmaktadır. Yanma sıcaklığı fazla olup, mol ürün/mol hava oranı az ve enerji yoğunluğu da az olduğundan ürettiği güç de az olmaktadır. Metanole oranla yanma sıcaklığının yüksek olması nedeniyle NO_x emisyonu daha yüksek olmaktadır. CO emisyonu ise gene yakıtın türüne bağlı olmayıp HFK ile orantılı olarak değişecektir.



Şekil 5.3 Metanol ve benzin yakıtlı motorlarda emisyon değerlerinin karşılaştırılması.

Doğalgazın büyük bir kısmını (%90-95) oluşturan metan gazı ile benzine oranla daha düşük güç elde edilmesine karşın, daha fakir karışımlarla çalışma olanağının bulunması sonucu verim artacak ve kirletici emisyon azalacaktır. Ayrıca doğalgazın sahip olduğu yüksek oktan sayısı nedeniyle motorun sıkıştırma oranı artırılabilir ve ısıl verim ile birlikte güç de artırılmaktadır. Öteki alternatif yakıtlara oranla da metanın NO_x ve HC emisyonu açısından sağladığı değerler oldukça düşüktür (Şekil 5.1).

Tablo 5.2 Gasoholün egzoz gazları emisyonuna etkisi.

	HC	CO	NO _x
BENZİN	2.73	10.43	1.62 g/mil
GASOHOL	3.01	8.03	1.20

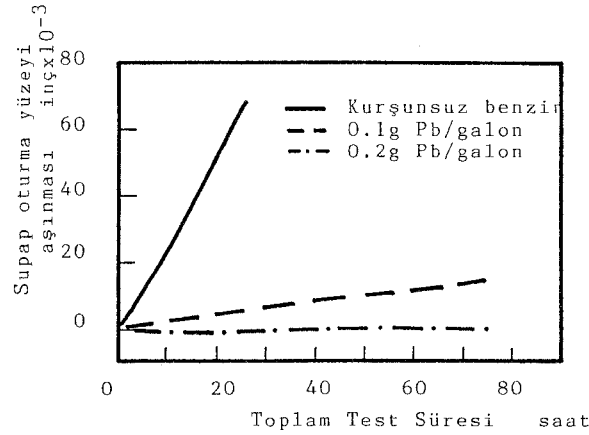
Tablo 5.3 Metanolün egzoz gazları emisyonuna etkisi.

	HC	CO	NO _x
BENZİN	1.1	18	2.5 g/mil
%15 METANOL	1.5	9	1.9

5.2 Katkı Maddeleri ve Etkileri

Benzine katılan katkı maddelerinin başında, yakıtın vurutuya dayanıklılığını (Oktan Sayısını) arttırmak amacıyla eklenen maddeler gelmektedir. Bunlardan en önemlisi 1921 yılından beri kullanılmakta olan kurşun tetraetildir ((C₂H₅)₄ Pb). Kurşun tetraetil genellikle etilen bromür ve etilen klorür ile birlikte kullanılmaktadır. Etilen bromür ard karışımındaki reaksiyonları önlemektedir. Vurutuya dayanıklılığı arttırmak amacıyla ayrıca demir penta karbonil (Fe (CO)₅) de kullanılmaktadır. Yakıtta katılan bu katkı maddeleri yanma odasında kalarak supaplarda ve bujiler civarında birikimler oluşturmaktadır. Supaplarda biriken kurşun bileşenleri burada yağlama görevi yapmakta ve supap

yuvasının aşınmasını önlemektedir. Aksi halde yüksek sıcaklıklarda supap ile supap yuvası arasında bir çeşit kaynama oluşmakta ve supabın açılması ile bazı parçalar koparak supapta birikmektedir. Çok az miktarda kurşun (0.2 g/galon benzin) bile bu aşınmayı önlemektedir (Şekil 5.4). Kurşunsuz benzin kullanıldığında supap çubuğu iyi soğutulmalıdır. Bu amaçla sodyum veya lityum soğutmalı supaplar kullanılmaktadır.



Şekil 5.4 Kurşunsuz benzin kullanımı sonucu supap aşınması.

Yanma ürünleri arasındaki kurşun çevre ve insan sağlığı açısından zararlı bir madde olduğundan oktan sayısını arttırmak için benzine kurşun katılması olayına bir sınırlandırma getirilmiştir. Ayrıca hava kirliliğini önlemek için egzoz sistemine eklenen katalitik reaktörler de kurşundan zarar görmekte, tıkanmaktadır. Bu nedenle A.B.D., Avrupa ve Japonya'da benzine katılan kurşun miktarına bir kısıtlama getirilmiştir. Bu değerler A.B.D. için 0.1 g/galon benzin ve Almanya ve İngiltere için 0.15 g/litre benzin

şeklindedir. Katalitik reaktörlü taşıtlarda ise "kurşunsuz benzin" kullanılmaktadır. Ancak kurşunsuz benzin olarak adlandırılan bu benzin içersinde de standartlara göre bir miktar kurşuna izin verilmektedir. Bu miktar DIN 51607 Alman standartlarına göre 10 mg/litre olup, A.B.D. standartlarına göre 13 mg/litredir.

Kurşun yerine başka katkı maddelerinin de vuruntuya dayanıklılığı arttırmak amacıyla kullanımı düşünülmüştür (Tablo 5.4). Etkinlik açısından, katkı maddeleri arasında kurşundan sonra MMT (Methylcyclopertadienyl manganese tricarbonyl) gelmektedir. Ancak MMT de, çeşitli ülkelerde zararlı etkileri nedeniyle 1960 yılından itibaren öteki metalik yapıdaki katkı maddeleri ile birlikte yasaklanmıştır.

Tablo 5.4 Vuruntu Dayanıklılığını Arttırıcı Katkı Maddeleri.

Bileşen	Formülü	Bağıl Etkinliği
Kurşun tetraetil	$(C_2H_5)_4 Pb$	1.0
Anilin	$C_6H_5NH_2$	33.9
Benzen	C_6H_6	332.0
Etanol	$C_2H_5 OH$	161.0
Nikel karbonil	$NNi(CO)_4$	1.8
MMT	$CH_3(C_5H_4MnCO_3)$	1.3
Amonyak	NH_3	67.8
Toluen	$C_6H_5 CH_3$	298.0

Dizel motorlarında ise, tutuşma gecikmesini azaltmak, yakıttaki karbonun yanmasını kolaylaştırmak ve karışımın oluşmasını iyileştirmek amacıyla yakıtta katkı maddeleri katılmaktadır. Baryum

ve kalsiyum kökenli katkı maddeleri kullanılarak is yoğunluğu (opasite) azaltılmaktadır. Ancak bu bileşenlerin yanma sırasındaki oksidasyonu sonucu partikül emisyonu artış göstermektedir. Yakıta eklenen diğer amil nitrat, hexil nitrat gibi maddeler de cetan sayısını artırmak için kullanılmaktadır. Bu maddeler de partikül emisyonunu artırmakta, ancak HC, CO ve NO_x emisyonunu bir miktar azaltmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Ferguson, C.R., Internal Combustion Engines, John Wiley & Sons, New York, 1986.
2. Soruşbay, C. ve E. Arslan, Hidrojen-Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlarda Yanma Performansı, Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 29, Sayı 339, 23, 1988.
3. Watson, H.C. ve E.E. Milkins, Comparison and Optimization of Emission Efficiency and Power of Five Automotive Fuels in one Engine, Int J Vehicle Design, Vol 3, No 4, 463, 1982.
4. Furuham, S. ve Y. Kobayashi, Hydrogen Cars with LH₂ Tank, LH₂ Pump and Cold GH₂ Injection Two-Stroke Engine, SAE Paper No. 82 0349, 1982.
5. Soruşbay, C. ve T.N. Veziroğlu, Hydrogen as a Fuel For Spark Ignition Engines, 8th Miami International Conference on Alternative Energy Sources, Miami Beach, Florida, U.S.A., 14-16 December, 1987.
6. A Technical Assessment of Alcohol Fuels, Alternate Fuels Committee of the Engine Manufacturers Association, SAE Paper No. 82 0261, 1982.
7. Fleming, R.D. ve G.B. O'Neal, Potential for Improving the Efficiency of a Spark Ignition Engine for Natural Gas Fuel, SAE paper No. 85 2073, 1985.
8. Heywood, J.B., Automotive Engines and Fuels: a Review of Future Options, Prog Energy Combust Sci, Vol 7, pp 155-184, 1981.
9. Schoonveld, G.A., R.K. Riley, S.P. Thomas ve S. Schiff, Exhaust Valve Recession with Low-Lead Gasolines, Automotive Engineering, Vol 95, No 11, 72, 1987.
10. Automotive Handbook, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, 1986.