

Motorlu Taşıt Emisyonlarının İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerine Etkileri

Fevzi KELEN*

Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri
Bölümü, 65080 Van, Türkiye

*e-posta: fkelen@yyu.edu.tr

ÖZET: Sürekli çoğalan dünya nüfusu ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte artan enerji tüketimi çevre kirliliği açısından önemli sorunlar teşkil etmektedir. Çevre kirliliğinin önemli bir kısmını hava kirliliği oluşturmaktadır. Hava kirliliği oluşumunda birçok etmen bir arada bulunmasına karşın ana etmen "yanma" olaylarıdır. Dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıt veya bunların sentetik türevlerinin yakılması sonucu elde edilmektedir. Fosil kökenli yakıtların içten yanmalı motorlarda temel enerji kaynağı olarak kullanılması, motorlu taşıtları hava kirliliğinin oluşumunda başlıca kaynak haline getirmiştir. Ayrıca, motorlu taşıtlarda yanmadan sonra açığa çıkan egzoz emisyonları diğer kirleticilere nazaran kirletici etkilerinin yanı sıra ani ve doğrudan etkili toksik özelliklere de sahip olmalarıdır. Bu çalışmada, motorlu taşıt kaynaklı emisyonların zararları ve bunlara karşı geliştirilen kontrol sistemlerine dikkat çekilmek istenmiştir.

Anahtar kelimeler: İçten yanmalı motorlar, Motorlu taşıt emisyonları, Hava kirliliği, Yakıtlar ve yanma,

Effects of Motor Vehicle Emissions on Human Health and Environment

Abstract: Continuously increasing world population and together with advances in technology in terms of increased energy consumption environmental pollution causes significant challenges. Air pollution constitutes a significant portion of the environmental pollution. Although many factor together effect in the formation of air pollution, the main factor is "burning" events. An important part of the world energy consumption is obtained by burning fossil originated fuel or their synthetic derivatives. Fossil fuels, used as the main energy source of fuel in internal combustion engines, motor vehicles has become a major source of air pollution in the formation. In addition to this, in comparison of the exhaust emissions which are formed from motor vehicles, besides their pollutants effect, they have immediate and direct toxic qualities effect. In this study, it is aimed to emphasize the harms of emission caused by motorized vehicles and the importance of control systems developed for them.

Key words: Internal combustion engines, Motor vehicle emissions, Air pollution, Fuels and burning,

Giriş

Hava kirliliği insan sağlığı ve çevre kalitesi açısından büyük önem arz etmektedir. Hava kirliliğinin oluşmasında birçok etmen bir arada rol alsada temel etmen "yanma" olaylarıdır. Dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı fosil kökenli yakıt veya bunların sentetik türevlerinin yakılması sonucu elde edilmektedir. Hava kirliliğinin önemli kaynaklarından biri içten yanmalı motorlarda yanma sonucu oluşan egzoz emisyonlarıdır. Bu nedenle günümüzde sayıları giderek artan içten yanmalı motorlu taşıtlar hava kalitesi açısından önemli sorunlar teşkil

etmektedir. Özellikle şehirlerdeki hava kirliliğinin büyük bir bölümü içten yanmalı motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerin özellikleri ve yoğunlukları motor tipine, motor ayarına, kullanım tarzına, yakıt bileşimine ve atmosferik şartlara bağlıdır (Çakıroğlu, 1996). Motorlu taşıtlar çevreyi; egzoz emisyonu, yakıt-yağ buharı, kursun bileşikleri, asbest ve lastik tozları, aşınma, paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz, sıvı ve katı atıklarla kirletmektedir (Işıksoluğu, 1997). İnsan sağlığını ve çevre kalitesini doğrudan veya dolaylı olarak tehdit

eden bu kirleticilerin kontrolü kaçınılmaz bir hal almıştır. Gelişmiş ülkelerde motorlu taşıt emisyonlarına sınırlamalar getirilmiş ve bu bağlamda birçok standart geliştirilmiştir. Tablo 1’de hafif hizmet tipi motorlu taşıtlar için Avrupa Birliği (AB) emisyon standartları verilmiştir.

Tablo 1. Binek Taşıtlar İçin AB Emisyon Standartları (g/km) (Uçarol ve ark., 2009).

Standart	Tarih	CO	HC	HC + NO _x	NO _x	Partikül Madde
Benzinli Motorlu Taşıtlar						
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2,3	0.2	-	0,15	-
Euro 4	2005.01	1	0.1	-	0.08	-
Euro 5	2009.09	1	0.1	-	0.06	0.005
Euro 6	2014.09	1	0.1	-	0.06	0.005
Dizel Motorlu Taşıtlar						
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	0.14
Euro 2	1996.01	1	-	0.7	-	0.08
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.5	0.05
Euro 4	2005.01	0.5	-	0.3	0.25	0.025
Euro 5	2009.09	0.5	-	0.23	0.18	0.005
Euro 6	2014.09	0.5	-	0.17	0.08	0.005

Geliştirilen bu standartlar emisyonların maksimum değerlerini sınırlamış olup, bu değerlerin aşılması durumunda bir takım yaptırım unsurları içermektedir. Bundan dolayı araştırmacılar içten yanmalı motorlarda egzoz

emisyonlarının azaltılması konusunda birçok çalışma yapmaktadır. Yapılan bu çalışmalar doğrultusunda benzinli ve dizel motorlarda emisyon kontrol sistemleri geliştirilmiş olup, emisyonlara karşı bir takım önlemler alınmıştır.

Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyonlar ve Etkileri

Son yıllarda gelişen çevre bilinciyle beraber hava kirliliği büyük önem kazanmıştır. Hava kirliliğinin başlıca sebepleri endüstri gazları, konut ısıtmaları sonucu oluşan gazlar, termik santraller ve motorlu taşıt emisyonlarıdır. Hava kirleticileri arasında motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonları kirleticilerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Motorlu taşıtlarda kullanılan fosil kökenli yakıtlar (HC), ideal koşullarda oksijen ile reaksiyona girmesi sonucunda, oluşan emisyonlar karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O) ve azot oksit (NO_x) bileşikleridir. Fakat gerçekte ideal koşulların sağlanması mümkün olmadığından tam yanma gerçekleşmemekte ve diğer kirletici unsurlar da oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam kirleticilerin % 75’ini oluşturan egzoz gazlarının bileşiminde; parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, aldehytler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x, SCb, kurşun bileşikleri ve partikül maddeler bulunmaktadır (Alkaya, B. ve ark. 2000). İnsan sağlığını ve çevre kalitesini olumsuz yönde etkileyen bu emisyonların önemli olanları altı grupta incelenebilir.

Bunlar;

- Karbon oksitler,
- Azot oksitler,
- Kükürtlü bileşenler,
- Hidrokarbonlar,

- Aldehitler,
- Partiküllerdir (Borat, O. ve ark. 1994).

Yanma sonucu oluşan bu emisyonların diğer kirletici kaynaklardan çok daha önemli olmasının sebebi, kirletici niteliklerinin yanında, ani ve doğrudan etkili toksit niteliklerinin de bulunmasıdır.

Emisyon kontrolü alınmamış motorlu bir taşıt, bir insanın günlük 15 m³ temiz hava ihtiyacını 10 dakika gibi kısa bir süre içerisinde solunması sakıncalı hale getirebilmektedir. Emisyonlar, insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeleri bakımından solunum süreleri ve alınış miktarlarına göre değişmektedir. Bu bakımdan üç farklı konsantrasyon tanımlanmış ve tehlike sınırları belirtilmiştir (Kuş, 2000).

- **MAK** (Maksimum Atm. Konsantrasyonu): Sürekli olarak solunduğunda zarar vermeyecek miktar.
- **MİK** (Maksimum İşyeri Konsantrasyonu): sekiz saat süre ile solunduğunda zarar vermeyecek miktar.
- **DTK** (Doğrudan Teh. Konsantrasyonu): Çok kısa süre içerisinde tehlike doğuracak miktar.

Bu tanımlamalar doğrultusunda mevcut sınırlamalar ppm (milyondaki hacimsel oran-oran-parts-per million) veya mg/m³ cinsinden Tablo 2' de verilmiştir.

Motorlu taşıt emisyonlarının insan sağlığı ve çevre kalitesi üzerine olan etkileri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

Tablo 2. Zararlı Maddelerin Tehlike Sınırı (Ergeneman, M.ve ark. 1998).

Kirletici Maddeler	MAK	MİK	DTK
CO (ppm)	9	50	5000
HC (ppm)	20	300	30000
HC HO (ppm)	0.02	1	650
NO (ppm)	0.15	-	-
NO ₂ (ppm)	0.05	5	200
SO ₂ (ppm)	0.1	5	400
Pb (mg/m ³)	0.003	-	-
Pb(C ₂ H ₅) ₄ (ppm)	-	0.01	-

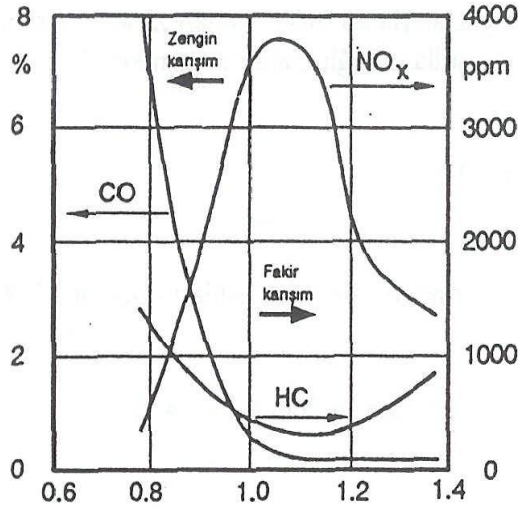
• Karbonmonoksit

Silindir içerisinde yanma esnasında yakıtın yeterli miktarda oksijen ile reaksiyona girememesi sonucu ortaya çıkar. Daha çok zengin karışımla çalışan motorlarda görülür. Fakir karışımla çalışan motorlarda ise heterojen karışım, silindir içerisinde homojen olmayan sıcaklık dağılımı ve karbon monoksitin oksijenle ikinci bir reaksiyon oluşturma zamanı bulamadan egzozdan dışarıya atılması gibi nedenlerden kaynaklanır. Renksiz ve kokusuz olan karbonmonoksit gazı hemoglobine olan yüksek afinitesi nedeniyle, kandaki oksijen taşıyıcı hemoglobine bağlanarak, dokulardaki oksijen miktarını azaltır. Vücuttaki oksijen miktarını kısıtlayarak zehirlenme ve boğulmalara yol açar. Uzun süreli 100 ppm karbon monoksit içeren ortamda kalınırsa hafif baş ağrıları, 500 ppm karbon monoksit içeren ortamda kalınırsa şiddetli baş ağrıları, baş dönmesi ve baygınlık, 2000 ppm ve üzerindeki değerlerde solunum zayıflaması, şuur kaybı ve ölüm görülür (Kaytakoğlu ve ark., 1995).

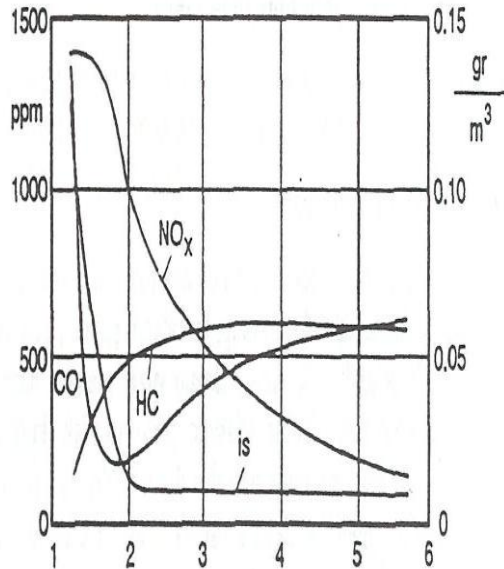
• Azot oksitler

NO, NO₂, N₂O₂ ve benzeri bileşiklerin tümü azot oksit (NOx) olarak

tanımlanmaktadır. Hava fazlalık katsayısına (HFK) bağlı olarak NO_x emisyonu değişmektedir. Normal seyir halinde iken (90 km/h sabit hızla) HFK > 1 NO_x emisyonu artmaktadır (Alkaya, B. ve ark. 2000). Şekil 1 ve 2' de hava fazlalık katsayısının (HFK) benzinli ve dizel motor emisyonları üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 1. Benzinli motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi (Sert, 2008).



Şekil 2. Dizel motorlarda hava fazlalık katsayısının emisyonlara etkisi (Sert, 2008).

Azot oksitler, kandaki hemoglobin ile birleşmektedir. Ciğerdeki nemle birleşerek nitrik asit oluştururlar. Oluşan asit miktarının

konsantrasyonu' nun azlığı nedeniyle etkisi de az olmaktadır. Ancak zamanla birikerek solunum yolu hastalıkları bulunan kişiler için tehlike oluşturmaktadır (Sert, 2008).

Ayrıca NO_x 'ler aerosol ve fotokimyasal duman oluşumu ile ozon tabakasının tahribine yol açmaktadırlar (Kaytakoğlu ve ark., 1995). Azot oksitler içinde NO , kokusuz bir gazdır. Akciğerlerin çalışmasını bozar, mukoza zarını tahriş eder ve felç yapıcı etkisi vardır. Nitrik asit oluşumuna sebep olur. Çevre şartlarında kararsızdır ve oksijenle birleşerek NO_2 'ye dönüşür. MAK değeri 9 mg/m^3 ' tür.

NO_2 , keskin kokulu kırmızı kahverengi karışımı bir gazdır. Düşük yoğunlukta olması halinde bile akciğeri tahriş eder, dokulara ve mukoza zarına zarar verir. MAK değeri 9 mg/m^3 ' tür (Schafer ve ark., 1995)

• Kükürtlü Bileşenler

Yanma sonucu açığa çıkan kükürtlü bileşenler (SO_2 , SO_3), renksiz ve kokulu emisyonlardır. Yanma olayından sonra egzozdan atmosfere bırakılan kükürt, oksijenle reaksiyonu sonucu oksidasyona uğrar. Bu oksidasyon sonucu kükürt dioksit (SO_2) ve kükürttrioksit (SO_3) emisyonları oluşur. Kükürt dioksit (SO_2) akciğer ve karaciğer hastalıklarını tetiklemekte ve mukoza zarını tahriş etmektedir. Kükürt trioksit (SO_3) ise atmosferde sülfürik aside (H_2SO_4) dönüşerek çevre açısından önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır.

SO_2 ve H_2SO_4 sülfat tuzları solunum sistemi ve mukozayı tahriş eder. Bronşit ve astım gibi kronik hastalıkların oluşumuna neden olur. SO_2 'nin partiküllerle reaksiyonu sonucu solunum sisteminde daha da belirgin rahatsızlıklara neden olmaktadır (Tünay, 1986).

- **Hidrokarbonlar**

Hidrokarbonlar karter havalandırmadan buharlaşma yolu ile egzozdan ise hatalı hava-yakıt oranı, düşük kompresyon, supap bindirmesi ve silindir içerisinde homojen olmayan sıcaklık dağılımından dolayı ya kısmen yanmış ya da yanma olayına hiç dâhil olmadan atmosfere bırakılan emisyonlardır. Atmosferde süspansiyon halinde bulunan hidrokarbon emisyonları azot oksitlerle reaksiyona girerek “fotokimyasal sis-smog” olarak bilinen bir sis tabakası oluşturup, solunum sistemi ve canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır(Schafer ve ark., 1995)

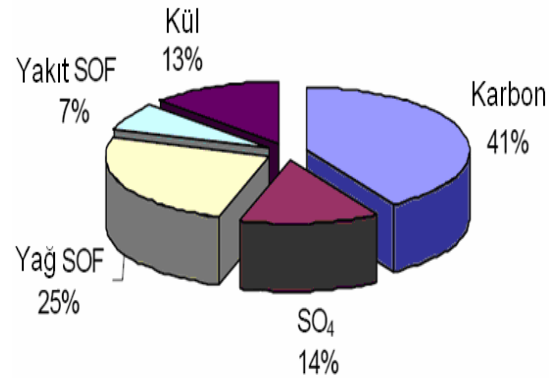
Hidrokarbonlar özellikle solunum sistemi ve göz bozukluklarına neden olup, oluşturdukları polisiklik aromatik bileşiklerle başta kan kanseri olmak üzere diğer kanser türlerine de neden olmaktadır (Alkaya ve ark., 2000).

- **Aldehitler**

Düşük sıcaklıklarda hidrokarbonların kısmi oksidasyonu sonucu oluşan aldehitler, keskin kokulu ve kansere yol açan emisyonlardır. Özellikler dizel motorlarda karşılaşılan formaldehitler (HCHO) kötü kokulu, göz ve solunum sistemini tahriş edici etkiye sahip olup, maksimum atmosfer konsantrasyon değeri 0.6 mg/m^3 'tür (Schafer ve ark., 1995)

- **Partiküller**

İçten yanmalı motorlarda yanma esnasında yeterli miktarda oksijen bulamayan yakıt damlası içerisindeki karbon moleküllerinin yanma olayına katılmadan egzozdan atmosfere atılması sonucu oluşan emisyonlardır. Özellikle dizel motorlarda karşılaşılan partiküller, karbon, karbon-hidrojen bağları, kükürt dioksit ve sülfürik asit gibi bileşenleri bünyesinde ihtiva etmektedirler (Kılıç ve ark., 2007). Şekil 3'te dizel motorlardan kaynaklanan partikül maddenin bileşenlerine göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 3. Dizel motorlardan kaynaklanan partikül madde bileşenleri (Keskin, 2009).

Motorlu Taşıtlarda Kullanılan Emisyon Kontrol Sistemleri

İçten yanmalı motorlarda 20. yüzyılın ilk yarısında motor gücü, vuruşu, tutuşma gecikmesi ve motor ömrü konularında yoğunlaşan çalışmalar, aynı yüzyılın ikinci yarısından itibaren yakıt tasarrufu ve egzoz emisyonlarını azaltma sorunları üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda egzoz emisyonlarını minimize edecek yenilikçi teknolojiler uygulamaya konulmuştur.

Benzinli motorlarda fakir karışimli yanmanın gerçekleştirildiği direkt püskürtmeli motor tasarımı, kademeli dolgulu motorlar, son dönemlerde motor boyutlarının küçültülmesi ve küçük strok hacimli motorlarda güç kaybını önlemek amacıyla aşırı doldurma sistemlerinin uygulanması bu teknolojiler arasında yer almaktadır (Soruşbay, 2010).

Günümüzde içten yanmalı motorlarda egzoz emisyonları; katalitik konvertörler, egzoz gazı resirkülasyonu (EGR), karter havalandırma, yakıt buharlaştırma ve termal egzoz reaktörleri ile kontrol edilmektedir. Bunlarla birlikte dizel motorlarda kullanılan partikül filtrelerde mevcuttur.

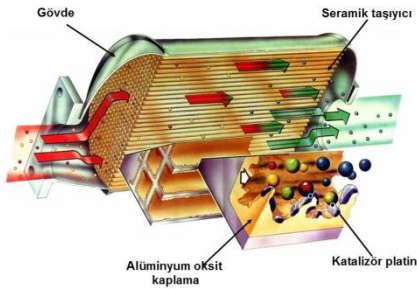
- **Katalitik Konvertörler**

İlk olarak 1950'li yıllarda motorlu taşıt emisyonları üzerine yapılan

çalışmalarda Fransız makine mühendisi Houdry i Eguene tarafından icat edilmiştir. Daha sonraki dönemlerde John J. Mooney ve Carl D. Keith tarafından geliştirilerek 1973 yılında seri üretimine geçilmiştir (Anonim, 2014).

Katalitik konvertörler egzoz sisteminin en komplike parçasıdır. Katalitik konvertörler bir seramik destek katalist etkisi oluşturan önemli metaller (platin, rodyum, paladyum vb.) ve bu metalleri kaplayan alüminyumu (Al_2O_3) içermektedir. Katalitik konvertörler egzoz emisyonlarındaki HC ve CO'leri okside, NO_x 'leri ise redükte edip bunları zararsız olan CO_2 , H_2O ve N_2 gazlarına dönüştürürler (Şekil 4) (Sandalcı, 2014).

Katalitik Konvertör



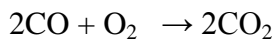
Şekil 4. Katalitik konvertör (Anonim, 2014a).

İçten yanmalı motorlarda genel olarak oksidasyon (iki yollu) ve oksidasyon-redüksiyon (üç yollu) katalisti olmak üzere iki tip katalitik konvertör kullanılır.

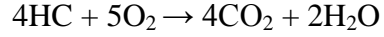
İki yollu katalitik konvertör

1980'li yılların başlarına kadar yaygın olarak kullanılan iki yollu katalitik konvertörler eş zamanlı olarak;

1. Karbon monoksitin karbondioksite oksidasyonu,



2. Yanmamış hidrokarbonların oksidasyonu nu,



gerçekleştirmektedirler. Ancak azot oksit (NO_x) emisyonlarını kontrol edemediklerinden dolayı yerlerini üç yollu katalitik konvertörlere bırakmışlardır.

Üç yollu katalitik konvertör

İçten yanmalı motorlarda yanma sonucu açığa çıkan NO_x , HC ve CO emisyonları üç yollu katalitik konvertörlerle indirgenerek zararsız N_2 , CO_2 ve H_2O gazlarına dönüştürülür. Üç yollu katalitik konvertörlerle yanma sonucu açığa çıkan zararlı egzoz emisyonları % 90 ile 95 oranlarında indirgenip zararsız gazlar haline dönüştürülür (Şekil 5) (Haşimoğlu ve ark., 2002).



Şekil 5. Katalitik mekanizması.

• Egzoz Gazı Resirkülasyon (EGR) Sistemi

Motorlu taşıtlarda NO_x emisyonlarını azaltmak için EGR sistemleri kullanılır. NO_x emisyonları yüksek sıcaklıklarda karışım içerisindeki hava ve azotun reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Bundan dolayı NO_x emisyonunu azaltmanın yollarından biride silindir içerisindeki sıcaklığı düşürmektir (İlkılıç ve ark. 2009). Yanma odası içindeki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu yanma sonu sıcaklıkları, dolayısıyla açığa çıkan NO_x emisyonları azaltılmaktadır (İçingür ve ark. 1993).

NO_x emisyonlarının EGR oranına bağlı olarak değişimi üzerine yapılan bir çalışmada, standart değerler ile % 10 ve % 20 EGR uygulanan durumlar arasındaki mukayesede NO_x emisyonlarında sırasıyla yaklaşık olarak ortalama % 35 ve % 75'lik bir azalma

olduğu tespit edilmiştir (İlkılıç ve ark. 2009).

- **Karter Havalandırma Sistemi**

Silindir içerisine alınan hava yakıt karışımı, sıkıştırma ve iş zamanı esnasında ya yanmamış ya da kısmi yanmış bir halde piston ile segmanlar arasından sızarak kartere iner. Kartere inen bu gazlar motor yağının özelliklerini bozarak motorun performansını olumsuz yönde etkiler. Bundan dolayı bu gazların dışarı atılması gerekir. Günümüzde kullanılan pozitif karter havalandırma sistemleri (PCV), bu gazları, emme manifoldu vakumu yardımıyla silindir içerisine göndererek yanma olayına bir kez daha dahil eder. Böylece bu sistemle hem yakıt sarfiyatı hem de zararlı emisyonlar önlenmiş olur.

- **Yakıt Buharlaştırma Sistemi**

Bu sistemde yakıt deposu içerisinde buharlaşan yakıt molekülleri bir karbon filtrede toplanır. Karbon filtrede toplanan yakıt molekülleri motorun çalışması esnasında buhar boşaltma sistemi kanalından vakum yardımıyla yanma odası içerisine gönderilerek yakılır. Bu yöntemle depo içerisinde gaz halindeki hidrokarbonların atmosfere sızması önlenmiş olur.

- **Termal Egzoz Reaktör Sistemi**

Bu sistemlerde egzoz emisyonları, egzoz sisteminde bulunan ve belli bir sıcaklığa sahip (600-700° C) odada belli bir süre bekletilerek, dışarıdan ilave hava sağlayıcısı yardımıyla CO ve HC emisyonlarının oksidasyonu sağlanarak zararsız hale getirilmektedir. Ancak NO_x emisyonlarında aynı verimliliği sağlayamadığı için yerini katalitik konvertörlere bırakmıştır.

- **Partikül Filtre Sistemi**

Dizel motorlarda partikül emisyonlarını kontrol etmek için geliştirilen partikül filtreler, genellikle üzerinde çok gözenek açılmış paslanmaz bir

taşıyıcının üzerine poroziteli seramik kaplanarak oluşturulurlar. Emisyonlar seramik yüzeyli filtre içerisinden geçerken partiküller yüzeyde tutulmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalar bu filtrelerin % 80 verimle çalıştığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla egzoz gazı içerisinde gözle görülebilen isin % 80'i tutulabilmektedir (Kuş, 2000).

Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde ve dünyada giderek artan hava kirliliği, insan sağlığı ve çevre kalitesi açısından önemli sorunları da beraberinde getirmektedir. Hava kirliliğinin oluşumunda motorlu taşıt emisyonları önemli bir role sahiptir. Bundan dolayı motorlu taşıtlarda emisyon kontrol sistemlerinin geliştirilip, yasal yaptırımlarla uygulanması yoluna gidilmelidir. Ayrıca tasarım esnasında taşıt boyutunun küçültülmesi, hafif malzeme tercihi ile kütle azaltımı, aerodinamik yapının iyileştirilmesi ve lastik performansının artırılması gibi stratejilerle yakıt tasarrufunun yanı sıra egzoz emisyonlarının da azaltımı sağlanmalıdır. Dahası hibrit ve Wankel gibi alternatif motorlar veya hidrojen ve doğal gaz gibi çevreci ve yenilenebilir enerjilerin kullanımı teşvik edilerek, hem fosil kökenli yakıtlara olan bağımlılık hem de bunların sebep olduğu kirlilik minimize edilmelidir.

Kaynaklar

- Anonim (2014). http://tr.wikipedia.org/wiki/Katalitik_konvert%C3%B6r,_Catalytic_converter. 19.05.2014.
- Anonim, (2014a). Enjeksiyonlu Araçlarda LPG dönüşümü, ikinci ve üçüncü nesil sistemler. <http://okulsel.net/docs/index-35992.html>. 16.05.2014.

- Alkaya, B., Yıldırım, M. A., (2000). Taşıt Kaynaklı Kirleticilerin Azaltılma Yöntemleri. Ekoloji Çevre Dergisi, Ocak-Şubat-Mart 2000, 9(34):15-20, 2000.
- Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A. (1994). Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği. Teknik Eğitim Vakfı Yayınları 3, Ankara, 1994.
- Çakıroğlu, M., (1996). ‘Motorlu Taşıt Trafikinde Egzoz Emisyonları. I. Ulusal Ulaşım Sempozyumu, İstanbul, 1996.
- Ergeneman, M., Arslan, H., Mutlu, M., (1998). Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, Birsan Yayınevi, İstanbul, 1998.
- Haşimoğlu, C., İcingür, Y., Öğüt, H., (2002). Dizel Motorlarında Egzoz Gazları Re sirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Analizi, Tübitak Dergisi, 26 (2002),127-135
- İşıksoluğu, M. A., (1997). Dizel Motorlu Taşıtların Egzoz Gazındaki Duman Koyuluğu ve Ölçümünde Karşılaşılan Sorunlar. Mühendis ve Makine Dergisi, sayı 453, sayfa 21-25, Ekim 1997.
- İlkılıç, C., Behçet, R., Aydın, S., Aydın, H., (2009). Dizel Motorlarında Azot oksitlerin Oluşumu ve Kontrol Yöntemleri. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 Mayıs 2009.
- İcingür, Y., Salman, M.S., (1993). İçten Yanmalı Motorlardan Kaynaklanan Emisyonlar ve Kontrol Yöntemleri. 2. Ulusal Yanma ve Hava Kirliliği Sempozyumu Sayfa:115-130, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 27-29 Eylül 1993.
- Kaytakoğlu, S., Var, F., Öcal, S. E., (1995). Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kirlilik ve Giderme Yöntemleri. Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü 3. Ulusal sempozyumu, Ankara, 1995.
- Keskin, A., (2009). Dizel Motorlarında Partikül Madde Emisyon Kontrolü ve Gelişmeler. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 Mayıs 2009.
- Kılıç, T., Bozkurt, T., Mamalı, C., Ünal, G., Gümüş, A., Şentürk, H., Solak, Z., Karataş, Ö., (2007). Motorlu Taşıtlar ve Adapazarı’nda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterlenmesi. Adapazarı. Bitirme Projesi 2007.
- Kuş, R., (2000). ‘‘Motorlu Taşıtlarda Emisyon Kontrol Sistemleri’’, Ders Notları, Konya, 2000.
- Uçarol, H., Kural, E., (2009). Ulaşım Enerji Verimliliği için Hibrid ve Elektrikli Araçlar’, Mühendis ve Makine Dergisi, 50:594, sayfa,66-71, 2009.
- Sert, İ., (2008). Balıkesir İl Merkezinde Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 2008.
- Soruşbay, C., (2010). Trafik Kaynaklı Hava Kirliliği ve Otomotiv Sektöründe Alınan Önlemler. 4. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Ankara, 25-27 Ekim 2010.
- Sandalcı, T., (2014). Taşıt ve Çevre. Ders Notları, <http://www.yildiz.edu.tr/~sandalci/dersnotu>, 20.05.2014.
- Schafer, F., Basshuysen, R. V., (1995). Reduced Emissions and Fuel Consumption in Automobile Engines, Springer-Verlag Press, Germany, 6, 1995.
- Tünay, O., (1986). Hava Kirliliği ve Kontrolü. Ders Notları, İTÜ.