



**2050 YILINA KADAR TÜRKİYE'DEKİ OTOMOBİL SAYILARININ
VE
EMİSYON MİKTARININ TAHMİNİ**

Recep DAYI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2019

Recep DAYI tarafından hazırlanan “2050 YILINA KADAR TÜRKİYE’DEKİ OTOMOBİL SAYILARININ VE EMİSYON MİKTARININ TAHMİNİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Makina Eğitimi Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. İsmet ÇELİKTEN

MAKİNA EĞİTİMİ, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. M. Bahattin ÇELİK

OTOMOTİV, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU

MAKİNA EĞİTİMİ, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 09/09/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Recep DAYI

09/09/2019

2050 YILINA KADAR TÜRKİYE'DE OTOMOBİL SAYILARININ VE EMİSYON YÜKÜNÜN TAHMİNİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Recep DAYI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2019

ÖZET

Binek araçlar ve hafif ticari araçlar Türkiye'deki araç filosunun dörtte üçünü oluşturmaktadır. Türkiye'de üretilen yeni taşıtlara ilişkin taşıt ağırlığı, büyüklüğü, motor gücü, yakıt tüketimi ve karbondioksit emisyon seviyeleri gibi filo özellikleri arasındaki farklılıklar dikkate alındığında, durum AB piyasasıyla benzerlikler göstermektedir. Sürekli çoğalan dünya nüfusu ve teknoloji alanındaki hızlı gelişmelerle birlikte artan enerji tüketimi çevre kirliliği açısından önemli sorunlar teşkil etmektedir. Fosil kökenli yakıtların içten yanmalı motorlarda temel enerji kaynağı olarak kullanılması, motorlu taşıtları hava kirliliğinin oluşumunda başlıca kaynak haline getirmiştir. Şehirlerde hava kirliliği kaynaklarından olan motorlu araçların sayısı her geçen gün artmaktadır. Trafikte araç sayısı ve trafik sıkışıklığı arttıkça ulaşım kaynaklı hava kirletici emisyonu da o oranda artmaktadır. Bu çalışmada Türkiye genelindeki otomobil sayılarının geçmiş 2002 ile 2017 yılları arası 15 yıllık istatistikleri göz önüne alınarak 2050 yılına kadar taşıt sayılarının tahmini yapılmıştır. 2017 yılında Türkiye İstatistik Endüstrisi Kurumu (TÜİK) verilerine göre toplam otomobil sayısı 11 358 629 adet iken, bu sayı 2050 yılı için 81 940 43 adet olacağı tahmin edilmektedir. Otomobil sayısındaki bu artış miktarına bağlı olarak da emisyon değerlerinin arttığı görülmektedir. Toplam CO emisyon değeri sırasıyla 2018 ve 2050 de 77 724 - 594 59 kiloton/yıl, HC emisyon değeri 103 335 - 749 204 kiloton/yıl, NO_x emisyonu değeri 106 825-795 058 kiloton/yıl, SO_x emisyonunun değeri de 17 293-127 707 kiloton/yıl olduğu hesaplandı. Karbon salınımlı otomobil sayısındaki bu artış miktara bağlı olarak emisyon değerinde de yaklaşık olarak 6 ile 8 kat civarında bir artış göstereceği belirlendi.

Bilim Kodu : 93008

Anahtar Kelimeler : Otomobil sayısı, emisyon yükü ve analizi, egzoz emisyonu, yakıtlar ve yanma

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Prof. Dr. İsmet ÇELİKTEN

ESTIMATION OF AND EMISSION LOAD AND AUTOMOBILE NUMBER IN
TURKEY TILL 2050

(M. Sc. Thesis)

Recep DAYI

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2019

ABSTRACT

Passenger vehicles and light commercial vehicles constitute three out of four vehicle fleet. Regarding the differences in the fleet characteristics like vehicle weight, size, motor power, fuel consumption and carbon dioxide emission levels in newly-produced vehicles in Turkey, the situation is similar to the market in EU. Energy consumption increased by the rapid developments in technology and continuously growing world population constitutes significant problems. Using fossil-based fuel as the main Energie source in internal combustion engines makes motor vehicles the primary source of air pollution. The number of motor vehicles in traffic as the air pollution sources in cities is increasing day by day. As the number of vehicles and traffic jam increase, the air pollutant emission caused by transportation increases in the same rate. In this study, the number of vehicles till 2050 is estimated considering the previous 15-year statistics of vehicle numbers overall in Turkey. According to TÜİK; In 2017 total number of automobiles was 11 358 629 and it is calculated to be 8 194 043 in the year 2050. Based on this increase in the number of vehicles it has been observed that emission levels are also rising. It has been calculated that total CO emission amount at 2018 was 77 724 kilotons/year, in year 2050 it will be 594 59 kilotons/year; HC emission amount in year 2018 is 103 335 kilotons/year, in year 2050 it will be 749 204 kilotons/year; NO_x emission is 106 825, 795 058 kilotons/year respectively and SO_x emission is 17 293, 127 707 kilotons/year respectively. It is seen that the increase in the emission value has increased approximately 8-10 times depending on the increase in the numbers of automobiles.

Science Code : 93008

Key Words : The number of motor vehicle, emission load and analysis, exhaust emissions, fuels and combustion

Page Number : 55

Supervisor : Prof. Dr. İsmet ÇELİK TEN

TEŐEKKÖR

Bu alıŐma Karabük Üniwersiesi tarafından desteklenen “INCOS2018 14.Uluslar Arası Yanma” isimli sempozyumu kapsamında gerçekleŐtirilmiŐtir. Proje çalışmalarına sağladıkları destek nedeniyle T.C. EGM Trafik Tescil Şubesi’ne, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na, TÜİK’e teşekkür ederim. ÇalıŐmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım danıŐmanım Prof. Dr. İsmet ÇELİKTEN’e teŐekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. EMİSYON VE HAVA KİRLİLİĞİ	5
2.1. Karbon Monoksit (CO)	5
2.2. Azot Oksitler (NO _x).....	6
2.3. Hidrokarbonlar (HC).....	7
2.4. Kükürt Oksitler (SO _x).....	7
2.5. Partikül Maddeler.....	7
3. MOTORLU TAŞITLARDA KULLANILAN EMİSYON KONTROL SİSTEMLERİ.....	9
3.1. Katalitik Konvertörler	9
3.1.1. Kimyasal reaksiyonlar.....	10
3.2. Egzoz Gazı Resirkülasyon (EGR) Sistemi.....	12
3.3. Karter Havalandırma Sistemi.....	15
3.4. Yakıt Buharlaştırma Sistemi	16
3.5. Termal Egzoz Reaktör Sistemi.....	18
3.6. Partikül Filtre Sistemi	18

	Sayfa
4. TÜRKİYE’DEKİ OTOMOBİL İSTATİSTİĞİ VE EMİSYON TAHMİN METODU	21
4.1. Otomobil Sayısı ve Emisyon Yüğü Tahmin Yazılımı	32
4.1.1. Programın çalıştırılması	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	47
EKLER	50
EK-1. Türkiye geneli 2050 yılına kadar yakıt cinsine göre otomobil sayısı tahmini	51
EK-2. Türkiye geneli benzinli otomobiller kirletici tahmini (2018-2050)	52
EK-3. Türkiye geneli dizel otomobiller kirletici tahmini (2018-2050)	53
EK-4. Türkiye geneli LPG’li otomobil kirletici tahmini (2018-2050)	54
ÖZGEÇMİŞ	55

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Türkiye geneli silindir hacmine göre otomobil dağılımı	24
Çizelge 4.2. Yakıt cinslerine göre kirletici faktörleri	25
Çizelge 4.3. 2019-2050 yılları için kirletici faktörleri	25
Çizelge 4.4. 2004 yılı için kirletici faktörleri.....	25
Çizelge 4.5. Türkiye geneli yakıt cinsine göre otomobil dağılımı	26
Çizelge 4.6. Türkiye geneli benzinli otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları ...	29
Çizelge 4.7. Türkiye geneli dizel otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları	30
Çizelge 4.8. Türkiye geneli LPG’li otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları	31
Çizelge 4.9. Programın Çalışması İçin Sistem Gereksinimleri.....	37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Türkiye geneli yakıt cinsine göre otomobil dağılımı.....	27
Şekil 4.2. Türkiye geneli benzinli otomobiller için hesaplanan kirletici grafiği	29
Şekil 4.3. Türkiye geneli dizel Otomobiller için hesaplanan kirletici miktarı grafiği	30
Şekil 4.4. Türkiye geneli LPG’li otomobil için hesaplanan kirletici miktarları	32
Şekil 4.5. Tahmin programı akış şeması.....	34
Şekil 4.6. Program ekranı yıl bölümü	38
Şekil 4.7. Program ekranı otomobil sayıları bölümü	39
Şekil 4.8. Program çalıştırma emisyon değerleri bölümü.....	39
Şekil 4.9. Türkiye geneli 2050 yılına kadar yakıt cinsine göre otomobil sayısı tahmini	40
Şekil 4.10. Türkiye geneli benzinli otomobiller kirletici tahmini (2018-2050).....	41
Şekil 4.11. Türkiye geneli dizel otomobiller kirletici tahmini (2018-2050)	42
Şekil 4.12. Türkiye geneli LPG’li otomobil kirletici tahmini (2018-2050).....	42

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Katalitik konvertör kesit resmi	11
Resim 3.2. Oksidasyon katalizörü akış şeması	12
Resim 3.3. EGR valfi ve sistemdeki yeri	13
Resim 3.4. EGR'nin motordaki konumu ve gaz akışı	14
Resim 3.5. Karter havalandırma sistem çalışması	16
Resim 3.6. Yakıt buharlaştırma emisyon kontrol sistemi	18
Resim 3.7. Dizel partikül filtresi	19
Resim 4.1. Otomobil sayısı ve emisyon yükü tahmin programı çalışma ekranı.....	33
Resim 4.2. Tahmin programı yazılım işlemi başlangıcı	35
Resim 4.3. Tahmin programı yazılım içeriği (1)	35
Resim 4.4. Tahmin programı yazılım içeriği (2)	36
Resim 4.5. Program ana ekran görüntüsü	37

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

g

Gram

Mt

Metrikton

Kısaltmalar

Açıklamalar

CO

Karbonmonoksit

CO₂

Karbondioksit

DPF

Dizel partikül filtresi

ECU

Elktronik kontrol ünitesi

EGR

Egzoz gazı resirkülasyonu

GDI

Kademeli dolgu benzinli motor

H₂O

Su

HC

Hidrokarbon

NO₂

Azotdioksit

NO₃

Azottrioksit

NO_x

Azotoksit

PCCI

Ön karışimli stokiyometrik motor

PM

Partikül madde

SO_x

Kükürtoksit

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarihin gelişiminden beri enerji tüketmektedir. Yeni enerji kaynakları bulunduğça ve enerji dönüşüm metotları geliştirilebildikçe çok daha fazla enerji tüketmeye başlamıştır. Yakıt olarak nitelendirilen maddelere bakıldığında yıllarca doğada kalıp fosilleşme sonucu oluşan maddelerdir. O nedenle fosil yakıt olarak adlandırılırlar. Tabi ki bu yakıtların birçok alanda kullanılmasının getirmiş olduğu en büyük dezavantaj çevreye verilen emisyonlardır. Emisyon, bir yakıtın yanması sonucu çevreye verdiği zararlı gazlar ve partiküllerdir. Bilim adamları bu bilinçsizce kullanımın önüne geçebilmek için bir takım kısıtlamalar getirmişlerdir. Bu kısıtlamalar özellikle her geçen gün sayısı hızla artan otomobiller için egzoz emisyon standartları olarak daha baskın durumdadırlar. Her geçen yıl bu kısıtlamalar zorlaştırılmakta ve emisyon değerleri düşürülmektedir. Otomotiv kaynaklı hava kirliliği, ilk olarak 1940'ta California'da problem olarak tanımlandı ve 1960'lardan beri emisyon standartları çıkarılmakta ve geliştirilmektedir [1].

Ülkemizde Euro standartlarına geçiş son zamanlarda gerçekleşmiştir. 2008 yılında ilk olarak Euro Standartları'na geçilmiştir. İlk standart Euro-1 standardıdır. 2014 yılı eylül ayı itibariyle Euro-6 standardı uygulamaya başlanmıştır. Euro standartlarında numara büyüdükçe çevre verilecek maksimum emisyon değerleri düşmektedir. Her yeni standart egzoz emisyon değerlerini biraz daha düşürmektedir. Bu durum bilim adamlarını yakıtı az miktarda kullanıp, daha fazla enerji elde etme yolları arayışlarına mecbur bırakmaktadır. Böylece hem çevrenin emisyon açısından kirliliği azalacak hem de rezervleri kısıtlı olan fosil yakıtlar daha uzun yıllar kullanılabilir. Otomobil teknolojisinde son zamanlarda fosil yakıtlar yerine elektrik enerjisi kullanımı üzerinde çalışmalar yoğun bir biçimde devam etmektedir. Otomobil üretimi yapan firmalardan biri benzinli ve dizel seçeneği bulunan bir modele elektrikli versiyonunu da eklemiştir. Ancak bu araçların trafikte kullanılabilmesi için öncelikli olarak bazı teknik alt yapılarının oluşması gerekir.

Türkiye'deki yeni otomobiller ve hafif ticari araçların ortalama yakıt tüketimleri ve karbondioksit emisyon seviyeleri AB ortalamasının (otomobiller için 123 g/km, hafif ticari araçlar için 171 g/km) biraz daha altındadır. AB'nin 2021 için belirlemiş olduğu 95 g/km hedefi şu anda en zorlayıcı hedef, -resmi NEDC laboratuvar test prosedürü temel alınırsa- ABD'nin 2025 için binek otomobillere ilişkin 97 g/km hedefi ise en uzun vadeli hedefdir. Türkiye'nin AB'nin karbondioksit hedefleri sistemini transfer etmesi durumunda, sınırlı bir yönlendirme söz konusu olacaktır. Bunun nedeni, Türkiye'deki yeni otomobil

tescillerinin %70 kadarının yurtdışından ithal olması ve yerel olarak üretilen araçların %79'unun da AB'ye ve karbondioksit standartlarına tabi olan diğer ülkelere ihraç edilmesi dolayısıyla, diğer piyasalardaki araç karbondioksit yönetmeliklerin den faydalanmakta olmasıdır. Ayrıca Türkiye'de ki yakıt vergileri dünyadaki en yüksek oranlar arasında olduğundan tüketicilere nominal olarak düşük yakıt tüketim değerleri olan araçlar satın almaları için güçlü teşvikler sağlanmış olmaktadır. Türkiye'de ki toplam petrol ihtiyacı günde tahmini 670 000 varil civarındadır. Türkiye ulaştırma sektörü toplam sera gazı emisyonlarının yaklaşık %15'inden sorumludur ve karbondioksit bu orana katkıda bulunan en yüksek emisyon kategorisidir. Türkiye'de karayolu ulaşımında yakıt tüketiminin 2030'a kadar neredeyse iki katına çıkması beklenmektedir [2,3].

2014'te Türkiye'deki yeni binek otomobillerin ortalama karbondioksit emisyon seviyeleri 121 g/km idi. Bir taşıtın karbondioksit emisyonu ile yakıt tüketimi doğru orantılı olduğundan, 121 g/km değeri yaklaşık 4,8 l/100 km yakıt tüketimine eşittir. Hafif ticari araçlar için, 2014 yılındaki ortalama seviye 157 g/km ya da yaklaşık 6.2 l/100km'dir. Bu değerler Avrupa'nın resmi tip onay test prosedürü Yeni Avrupa Sürüş Çevrimi (New European Drive Cycle) (NEDC) uyarınca saptanmıştır [4].

Yakıt tüketimiyle karbondioksit emisyonları birbiriyle doğru orantılı olduğundan, her geçen yıl taşıt sayısı bir önceki yıla göre yaklaşık %15 artmakta ve emisyon değerleri de buna bağlı olarak artış gösterecektir. 2030'a kadar karbondioksit emisyonları da yaklaşık iki katına çıkacaktır (2010'da 66 milyon metrik tondan (Mt), 2030'da 130 (Mt)'a). Beklenen artıştan daha çok kamyon ve otobüsler sorumlu olurken binek otomobillerin karbondioksit emisyonları daha az artacaktır. Dolayısıyla, kamyon ve otobüslerin sayıları binek otomobillerin sayısından daha az olsa da yakıt tüketimleri ve karbondioksit emisyonları çok önemli etkiye sahiptir [5].

Türkiye'deki azot oksit (NO_x) emisyonlarının yaklaşık %45'i, ulaşımı sektörü kaynaklıdır. Euro VI emisyonları standardına uygun yeni kamyonların ve otobüslerin taşıt filosuna girmeleriyle birlikte, ağır taşıtların azot oksit emisyonlarının önemli ölçüde azalması beklenmektedir [5].

Türkiye, binek otomobiller için 2016/17'den itibaren Euro 6 standardını uygulayacaktır. Ancak, Euro VI ile bile dizel otomobillerin gerçek hayattaki azotoksit emisyonlarının yüksek seviyelerde seyretmesi beklenmektedir. Yakın geçmişte yapılan bir dizi

araştırmanın ortaya koyduğu üzere, dizel otomobillerin başta NO_x olmak üzere emisyon seviyeleri, laboratuvar testlerine kıyasla gerçek sürüş koşullarında çok daha yüksektir. AB, 2017'den itibaren Gerçek Sürüş Emisyonları (Real Driving Emissions, RDE) olarak adlandırılan, karayolunda zorunlu emisyon test prosedürünü uygulayarak Euro 6 yönetmeliğinde değişiklik yapma kararı almıştır. Türkiye'nin de gerçek hayattaki sürüş koşullarında azot oksit seviyelerinde kayda değer azalma sağlamak üzere, yolda sürüş esnasında gerçekleştirilecek sistematik testler ve emisyonlar için aşılmaması gereken sıkı limitler uygulamak gibi benzer önlemler alması gerekecektir. Ayrıca, elektrikli araçların artması da İstanbul ve Ankara gibi kentsel merkezlerden azından hava kirliliği açısından olumlu olacağı düşünülmektedir [6].

Otomobiller den kaynaklanan kirleticilerin çevre ve insan sağlığı üzerinde etkisi büyüktür. Bu amaçla, mevcut taşıt kaynaklı kirleticilerinin belirlenmesi, geleceğe ait bir takım öneriler yapılarak ve bu önerilere bağlı olarak olası sorunların önüne geçmek için önceden tedbirlerin alınmasının oldukça önemli olduğu düşünülerek bu çalışma yapılmıştır.

Yapılan bu çalışmada TÜİK verileri kullanılarak 2004-2017 yılları arası binek taşıt tipleri ve sayılarına göre ortalama CO (Karbonmonoksit), HC (Hidrokarbon), NO_x (Azotoksit), SO_x (Kükürtoksit), PM (Partikül madde) emisyonları tahmininde bulunuldu. Daha sonra elde edilen bu bulgulara göre 2050 yılına kadar ülkemizdeki otomobil sayılarının değişimi ve bu değişime bağlı olarak taşıt türlerine ve toplam otomobil sayılarına bağlı olarak emisyon miktarları tahmin edildi.

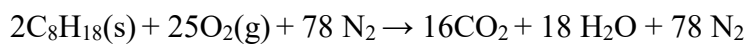


2. EMİSYON VE HAVA KİRLİLİĞİ

Yanma reaksiyonları sonucu oluşan emisyonlar, (çevre kirleticiler) yanma odasının geometrisi, yanma koşulları, yakıtın fiziksel hali ve kimyasal yapısı, yakma havası, sıcaklık ve basınç gibi parametrelerden etkilenmektedir. Bu kirleticiler; CO, HC, NO_x, SO_x ve partikül maddelerdir. Bu emisyonların oluşumu en fazla otomobiller tarafından olduğu ve otomobillerde de yakıt olarak hidrokarbon yakıtlar kullanıldığı için, içten yanmalı motorların emisyonları üzerindedir. Motor emisyonları arasında en çok önemlilik arz eden ve üzerinde durulması gereken kirleticiler, egzoz gazlarında bulunan hidrokarbonlar, azot ayrışma ve azot tepkimelerinin ürünleri (azot oksitler), kükürt tepkimelerinin ürünleri ve partikül maddelerdir. Otomobillerde bu emisyonların oluşumunu önlemek için egzoz gazlarına uygulanan son işlemler önemlidir. Bu işlemler esas, katalitik konvertör uygulamaları ve partikül filtreleri uygulamalarıdır.

Yakıtın oksijenle birleşerek büyük miktarda enerji açığa çıkardığı kimyasal reaksiyona yanma denir. Yanma için gerekli oksijen genellikle havayla sağlanır. Dizel motor yakıtı olarak kullanılan motorini genellikle C₁₇H₃₄ temsil eder. Yakıt le havanın karışarak tam yanması sonucunda yanma ürünleri oluşur. Bunlar CO₂, H₂O ve N₂'dir. Ege yakıt çevrim sonucu tam olarak yanmamış ise bu bileşenlere ek olarak CO, HC, NO_x, PM, SO_x gibi ürünler de oluşur.

Benzin-hava karışımının stokiyometrik yanma denklemi;

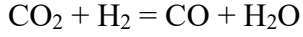


Motorin-hava karışımının yanma denklemi;

C₁₇H₃₄ + 25,5 (O₂ + 3,76N₂) → PM, NO_x, CO₂, CO, CH₄, H₂O, N₂ şeklinde gerçekleşmektedir.

2.1. Karbon Monoksit (CO)

Yanma ürünlerinin arasında karbon monoksit bulunması oksijen yetersizliğinin sonucudur. Yanma odasının tümü ele alındığında oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tamamen homojen olmaması durumunda, yanma odasının belirli bir konumunda yerel olarak oksijen eksikliği meydana gelebilir. Fakat temelde CO oluşumu eküvalans oranının kuvvetli bir fonksiyonu olarak değişmektedir.



Yüksek alev sıcaklıklarında bu denge reaksiyonundan karbondioksit (CO_2) miktarına oranla daha fazla CO (Karbon monoksit) elde edilir. Ancak sıcaklık düştükçe karbon monoksitin (CO) karbondioksite (CO_2) oksidasyonu söz konusudur. Bu yüzden fakir veya stokiometrik karışımlarda egzoz gazları içerisinde CO (Karbon monoksit) miktarı daha az olurken, zengin karışımlarda soğuk egzoz gazları içerisinde bile O_2 yetersizliği nedeniyle yüksek miktarlarda CO (Karbonmonoksit) bulunur. Yanma sırasında, alev cephesinin iç tarafından ulaşılan yüksek sıcaklık bölgesinde çok miktarda CO (Karbonmonoksit) oluşur. Ancak daha sonra gazların genişlemesi ve soğuması sırasında, oksidasyon sonucu karbon monoksitler karbon dioksite dönüşür. Yanma odası sıcaklıklarının genişleme esnasında düşmesi halinde, denge reaksiyonu sıcaklıktaki düşüşü takip edemediğinden egzoz gazları içerisindeki CO (Karbonmonoksit) miktarı beklenenden daha fazla olur. Bu nedenle yanma odasının sıcaklığının düşürülmesi CO (Karbonmonoksit) oluşumunu azaltmaktadır. Hava-yakıt oranının CO (Karbonmonoksit) emisyonu üzerindeki etkisi benzin motorlarında oldukça büyüktür. Hava-yakıt oranı arttıkça düşük sıcaklıklarda özellikler karbondioksit (CO_2) oluşumunu sağlayan denge reaksiyonun hızı düşük olduğu için CO'nun (Karbonmonoksit) mol kesri artar. Dizel motorlar genellikle fakir karışımlarla çalıştıkları için CO (Karbonmonoksit) emisyonu azdır. Yakıt demetinin civarında, yanmanın gerçekleştiği bölgede karışım yerel olarak zengindir. Ancak genel yanmada fakir karışımın mevcudiyeti CO (Karbonmonoksit) emisyonunu düşük seviyelerde kalmasını sağlar [7].

2.2. Azot Oksitler (NO_x)

Yanma sonucu ulaşılan sıcaklıklarda, havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu azot oksitler meydana gelir. NO_x içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunur. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu serbest oksijen ile temas etmesiyle NO'ların bir kısmı NO_2 'ye, geriye kalan kısmı ise NO_3 'e dönüşür. Bu bakımdan NO_x oluşumunu etkileyen iki önemli parametre yanma oda sıcaklığı ve hava-yakıt oranıdır. Ayrıca kimyasal reaksiyon hızları da etkilidir. Ancak hız katsayıları sıcaklığa göre değiştiği için dolaylı yoldan yine yanma odası sıcaklığı etkilidir. Azot oksit oluşumu aynı zamanda oksijen miktarına da bağlıdır. Bu nedenle zengin karışımlarda NO seviyesi düşmektedir. Maksimum değer ise %10 fakir karışımlarda ulaşılmaktadır. Karışımın hava

miktarı çok fazla olduğu durumlarda ise, yanma sıcaklığı düşeceği için NO miktarı da düşer [8].

2.3. Hidrokarbonlar (HC)

Egzoz gazlarında bulunan hidrokarbonların oluşumu, sıcaklıkların ve oksijenin yetersiz olması gibi etkenler sonucunda yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum, yerel karışım oranının çok fakir veya çok zengin olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının çok yavaş olması ve alevin ısı kayıpları nedeniyle sönmesi, yanma odasının çeşitli bölümlerinde bulunan karışım için yüzey/hacim oranının büyük olması nedeniyle ısı kayıplarının, buradaki karışımlarının tutuşmasına engel olacak kadar büyük olması, yanma odasının soğuk cidarlarına olan ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi nedenleriyle oluşmaktadır. Karışımın zengin ya da fakir olmasını sağlayan yakıt-hava karışımı da HC'lerin oluşmasında etkilidir. Eküvalans oranının 1'den büyük olduğu durumlarda yeterli oksijen bulunmadığı için eksik ve dengesiz yanma sonucu, eküvalans oranının 1'den küçük olduğu durumlarda ise, havanın içerisindeki fazla azot sistemden ısı çekeceği için yanma odasının sıcaklığını düşürmesi sonucu HC'ler oluşmaktadır [8].

2.4. Kükürt Oksitler (SO_x)

Yakıt içerisinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak, özellikle dizel motorlarda, yanma sonucu kükürdün hava ile birleşmesi ile SO₂ oluşur. Daha sonra egzoz gazları içindeki su buharı ile SO₂ birleşmesi sonucu, silindir içinde ve atmosfere atıldıktan sonra H₂SO₄ (sülfürik asit) oluşur. Oluşan sülfürik asit motor elemanlarının korozyonuna neden olur. Atmosfere atılan sülfürik asit ise asit yağmurlarına neden olur ki çevre için çok tehlikeli durumlara neden olabilir. Kükürt oksitler oluşumu önlemek için ya kükürt ihtiva etmeyen yakıtlar kullanılmalı veya kükürt tutucu kimyasallar ile kükürdün atmosfere salınımı önlenmelidir. Fakat kükürt tutucular ile kükürdün atmosfere salınımı önlese bile motor elemanlarına vereceği zararları önleyemez. Dolayısı ile kükürt ihtiva etmeyen yakıtların kullanımı daha sağlıklıdır [8].

2.5. Partikül Maddeler

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 sülfirik asit gibi bileşenleri bünyesinde bulundurmaktadır.



3. MOTORLU TAŞITLARDA KULLANILAN EMİSYON KONTROL SİSTEMLERİ

İçten yanmalı motorlarda 20. yüzyılın ilk yarısında motor gücü, vuruş, 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 [9].

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.

3.1. Katalitik Konvertörler

İlk olarak 1950'li yıllarda motorlu taşıt emisyonları üzerine yapılan çalışmalarda Fransız makine mühendisi Houdry Eguene tarafından icat edilmiştir. Daha sonraki dönemlerde John J. Mooney ve Carl D. Keith tarafından geliştirilerek 1973 yılında seri üretimine geçilmiştir. 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 alüminyum (Al_2O_3) içermektedir. Katalitik konvertörler egzoz emisyonlarında ki HC ve CO'leri oksitlenirken, NO_x 'leri ise indirgenip, zararsız olan CO_2 , H_2O ve N_2 gazlarına dönüştürülürler [9].

Egzoz emisyonlarının yasal düzenlemelerle sıkı bir şekilde takip edilmesiyle, araçlarda katalitik konvertörün kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Artık üretilen otomobiller belirli egzoz standartlarını karşılamak zorundadır, emisyon kontrollerinden geçemeyen otomobillerin trafiğe çıkışı yasaklanmıştır. Egzoz emisyon standartlarında, ülkelerin belirlediği yasal limit değerler veya Avrupa'daki gibi Euro normları (Euro 4, Euro 5, Euro 6 gibi) referans alınmaktadır.

Katalitik konvertör hem benzinli hem de dizel motorlarda kullanılır. Günümüzde kullanılan katalitik konvertörler “Üç Yollu Katalitik Konvertör “TWC: Three – Way Catalytic Converters” tipidir. Üç farklı egzoz gazını birden zararsız hale çevirebilen katalitik konvertörlere üç yollu katalitik konvertör denir. Bunlar karbonmonoksit, hidrokarbonlar ve azot oksitlerdir.

3.1.1. Kimyasal reaksiyonlar

Önce nitro oksitlerden oksijen ayrışır (indirgeme reaksiyonu), böylece geriye N (azot zararsız) ve Oksijen (zararsız) kalır. Buradan açığa çıkan N (azot) atmosfere salınır, yaklaşık olarak havanın %78'i azottur. Oksijen ise, sonraki reaksiyonlarda karbon monoksit ve hidrokarbonları yakmak için kullanılır [10].

Zararlı Azot Oksitler (NO_x) indirgenerek; zararsız Azot (N) ve Oksijene (O_2) dönüşür. (İndirgenme) Karbon monoksit (CO) ve hidrokarbonların (HC) oksitlenmesi için gerekli olan Oksijen (O_2), Azot oksitlerin (NO_x) indirgenmesi sonucu oluşan oksijenden sağlanır.

1. Azotoksit (NO_x) → Oksijene (O_2) ve Nitrojene (N_2) dönüştürür.
2. Karbonmonoksit (CO) oksitlenerek Karbondioksite dönüşür (CO_2). (Yükseltgenme)
Karbonmonoksit (CO) → Karbondioksite (CO_2)
3. Hidrokarbonlar (HC) oksitlenerek; karbondioksit (CO_2) ve su buharına (H_2O) dönüşür.
(Yükseltgenme) Yanmamış hidrokarbonları (HC) → Karbondioksit (CO_2) ve Suyu (H_2O) dönüşür.

Yukarıdaki 3 işlemi yerine getiren konvertörlere, “Üç Yollu Katalitik Konvertör” (TWC) denir. Konvertör çalışma sıcaklığı, 400-500 °C dir. Kurşunsuz yakıt kullanılmalıdır, aksi halde kurşun yüzeye yapışır ve delikleri tıkar (günümüzde kurşunlu benzin satılmamaktadır). Katalitik konvertördeki kimyasal reaksiyonları hızlandıran katalizörler: Platin, Paladyum, İridyum, Radyum'dur [10].

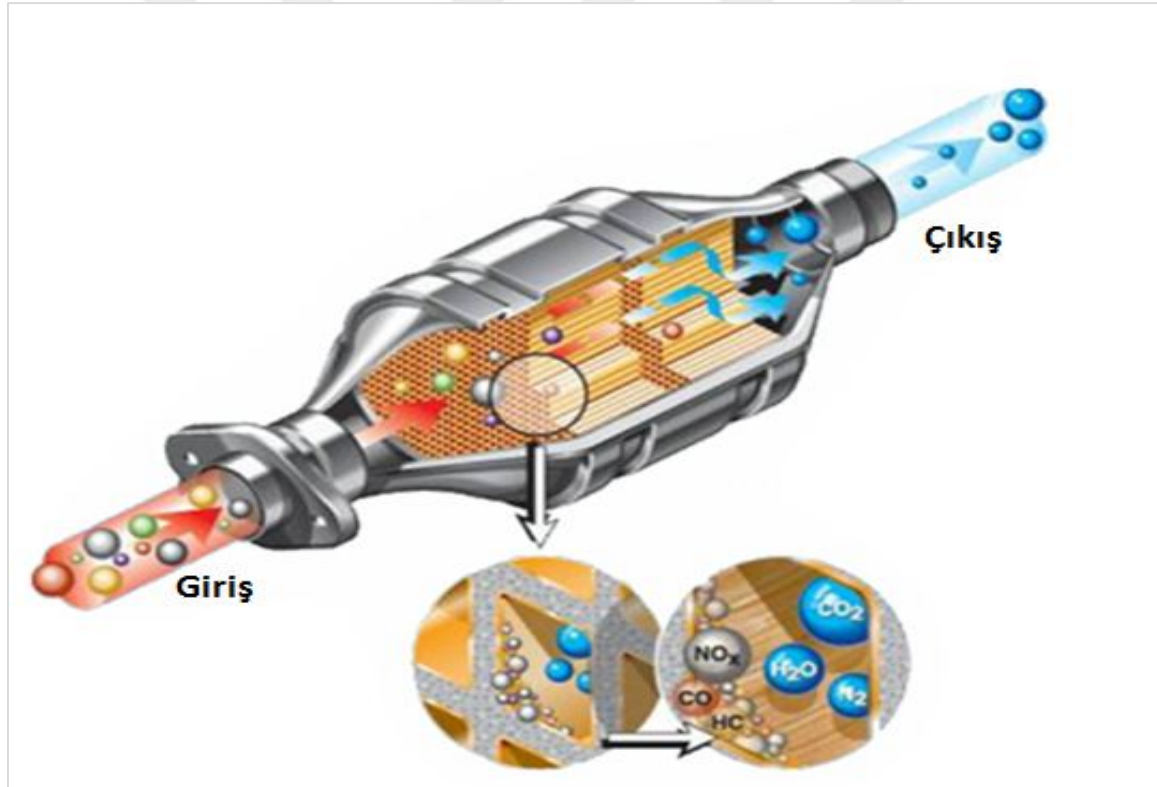
Katalitik konvertörün içerisinde çok küçük gözeneklere sahip seramik bir petek yapı vardır. Seramik peteğin üzeri katalizör elementlerle kaplıdır ve bu petek yapı sayesinde, egzoz gazlarının katalizör elementlere temas yüzeyi arttırılmıştır. Katalitik konvertörün peteksi yapısı açılmış olsa, yüzey alanı olarak bir futbol sahası büyüklüğüne ulaşılabilir.

Katalitik konvertörün içerisinde, egzoz gazlarını kimyasal reaksiyona sokan katalizör elementleri vardır. Bunlar; Platin, Paladyum, İridyum, Radyumdur.

Katalitik konvertörler soğukken çalışamazlar, içerisindeki kimyasal elementler yüksek sıcaklıklarda aktif olabilmekte ve görevlerini yapabilmektedir. Bu sebeple, çabuk ısınan diye konvertörler motora daha yakın konuma takılır. Katalitik konvertör çalışma sıcaklığı: 400 °C – 500 °C'dir.

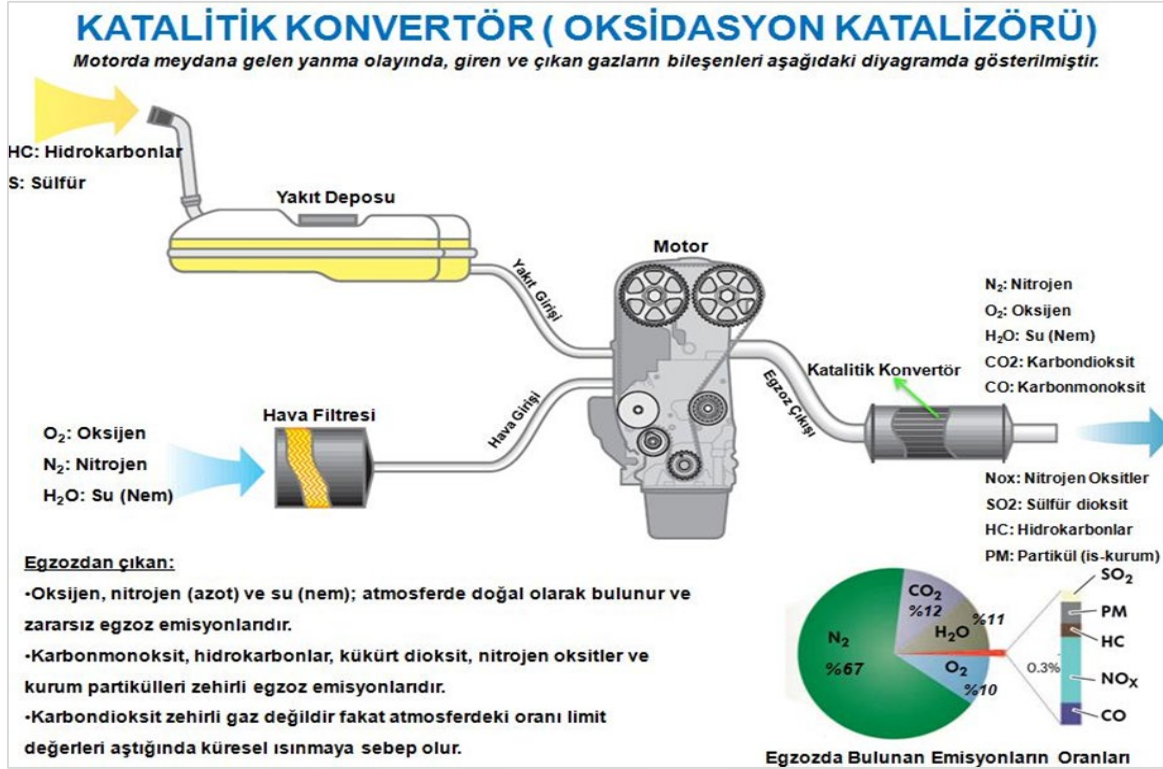
Ayrıca kurşunlu benzin kullanılması yasaktır. Kurşunsuz yakıt kullanılmalıdır, kurşun yüzeye yapışır ve delikleri tıkar [10].

Resim 3.1.'de Katalitik konvertörün kesit resmi görünmektedir. Konvertör içerisindeki çok küçük deliklere sahip seramik yapı bulunmaktadır. Egzoz gazları konvertöre girdikten sonra karbon monoksit, hidrokarbon ve azot oksitleri % 90 oranında, zararsız olan nitrojene (N_2), suya (H_2O) ve karbon dioksite dönüşümü görülmektedir [11].



Resim 3.1. Katalitik konvertör kesit resmi [11]

Resim 3.2.'de Dizel araçlarda kullanılan Katalitik konvertörün araç sistemi üzerindeki yerleşimi ve yanma sonucu giren ve çıkan gazların bileşen diyagramı görülmektedir. Dizel araçlarda Oksidasyon katalizörü olarak adlandırılırlar.



Resim 3.2. Oksidasyon katalizörü akış şeması [11]

3.2. Egzoz Gazı Resirkülasyon (EGR) Sistemi

Motorlu taşıtlarda NO_x emisyonlarını azaltmak için EGR sistemleri kullanılır. NO_x emisyonları yüksek sıcaklıklar da karışım içindeki hava ve azotun reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Bundan dolayı NO_x emisyonunu azaltmanın yollarından biride silindir içerisindeki sıcaklığı düşürmektir [10]. Yanma odası içindeki karışımın egzoz gazları ile seyreltilmesi sonucu yanma sonu sıcaklıkları, dolayısıyla açığa çıkan NO_x emisyonları azaltılmaktadır [11]. 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.

Günümüz dizel ve benzin motorlarının en önemli parçalarından birisi olan EGR valfi neredeyse tüm içten yanmalı motorlarda bulunur ve üreticiler bu valf olmadan motor tasarımı yapmazlar. Günden güne önem taşımaya başlayan düşük emisyon değerlerine ise büyük katkısı vardır ve bu yüzden de vazgeçilmezdir. Bu valfin amacı ise silindirler içerisinde atılan egzoz gazlarının %6-%10 civarındaki miktarını emme manifoldu üzerinden temiz hava ile karışarak silindirler içerisine tekrar geri dönmesini sağlamaktır.

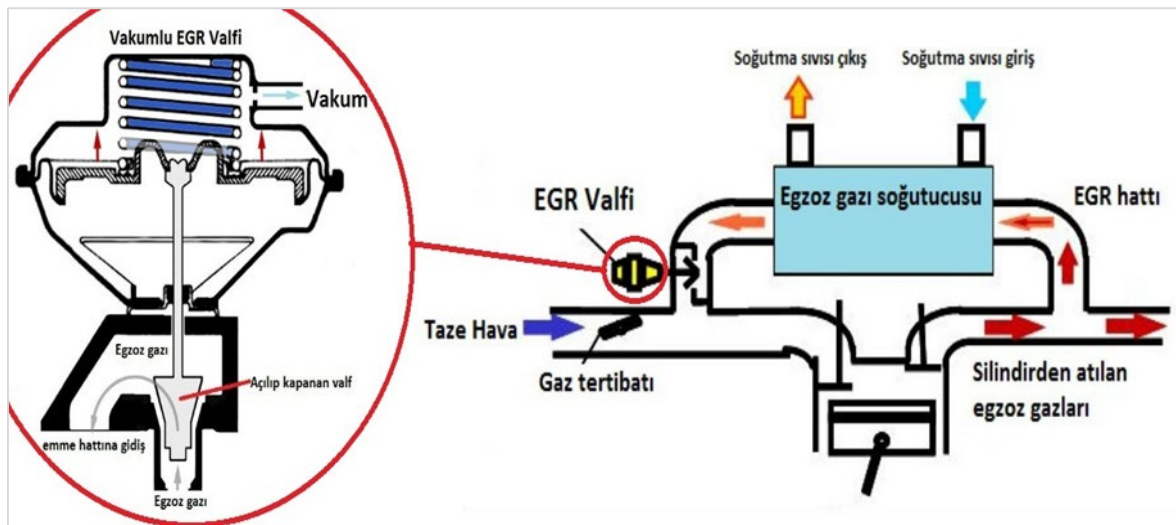
Egzoz gazlarının ne miktarda kullanılacağına ise motor beyni karar verir. Günümüzde genellikle elektronik kontrollü EGR valfleri kullanılmaktadır [11].

Egzoz gazlarının silindirler içerisindeki yanma sürecine tekrar dahil olması sonucu Nitrik Oksit (NO) ve Azot Dioksit (NO₂) gibi zararlı gazların tekrar yanması sağlanır. Aşağıdaki çizimde görüldüğü gibi silindirden atılan bu gazların büyük bir kısmı egzozdan atılırken bir kısmı da EGR hattına doğru döner. Ara soğutucuda (bazı motorlarda bulunmaz) sıcaklığı düşürülen egzoz gazları bu valfin müsaade ettiği ölçüde emme manifoldunda taze hava ile karışır ve yanma döngüsüne tekrar girerek yanar [11].

Egzoz gazlarının bir kısmının tekrar yanması sonucunda ise;

- Egzoz gazının emisyon değerleri düşer.
- Silindirler içerisindeki yanma sıcaklığı düşer.
- Yanma sıcaklığının düşmesi sonucu motor daha sağlıklı çalışır.
- Egzoz gazlarının tekrar yanması verimi yükseltir.
- Verimin artması sonucu yakıt tüketimi olumlu etkilenir.

Resim 3.3.'de görüldüğü gibi silindirden atılan bu gazların büyük bir kısmı egzozdan atılırken bir kısmı da EGR hattına doğru döner. Ara soğutucuda (bazı motorlarda bulunmaz) sıcaklığı düşürülen egzoz gazları bu valfin müsaade ettiği ölçüde emme manifoldunda taze hava ile karışır ve yanma döngüsüne tekrar girerek yanar.



Resim 3.3. EGR valfi ve sistemdeki yeri [11]

EGR sistemi; motor devri, emilen hava miktarı, emilen hava sıcaklığı, enjeksiyon miktarı ve hava gibi parametreleri esas alarak çalışır. Egzoz gazı geri çevrimi (EGR), egzoz manifoldundaki egzoz gazının bir kısmını tekrar yanma odasına gönderir ve yanma odasındaki yanma ısısını düşürerek azot oksit oluşumunu azaltır.

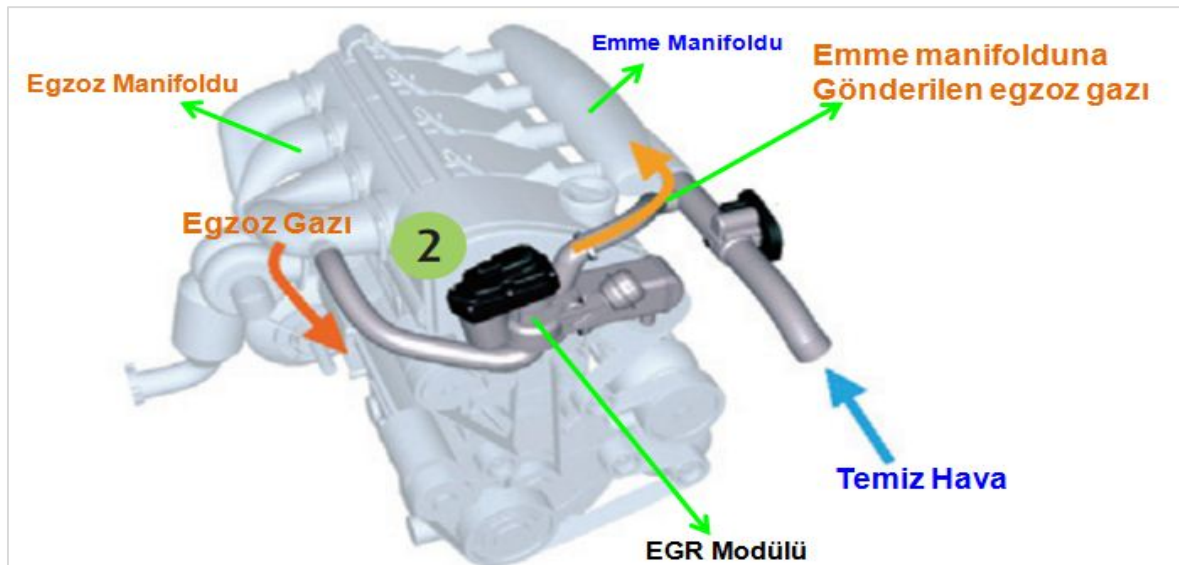
EGR sistemi, emme manifoldu ile egzoz manifoldu arasında çalışır. EGR sistemi, egzoz manifoldundan metal bir boru ile egzoz gazını alır, bu gazı soğutur (EGR soğutucusuyla), bu gazın miktarını hassas olarak ayarlar ve emme manifoldu girişine gönderir.

Egzoz gazının bir kısmı emilen havaya karıştırılınca;

- Yanma reaksiyon hızı azalır. (Gürültü azdır)
- Yanma sıcaklığı düşer.
- Düşük yanma sıcaklığı Nitrojen Oksit' in azaltılmasını sağlar.

Egzoz gazı devir daimi elektronik kontrol ünitesi (ECU)' da ki bir tabloya göre kontrol edilir. Elektronik kontrol ünitesi (ECU) egzoz da oluşan O_2 ve NO_x gibi gazların miktarını lambda sondası ile ölçerek ve motor devrine bağlı olarak EGR valfinin çalışması için gerekli işlemleri yapar.

Resim 3.4.'de Emme manifolduna gönderilecek egzoz gazı miktarının, EGR valfi tarafından düzenlenip, emme manifolduna gönderiliş sistematığı motor üzerinde görülmektedir.



Resim 3.4. EGR'nin motordaki konumu ve gaz akışı [11]

3.3. Karter Havalandırma Sistemi

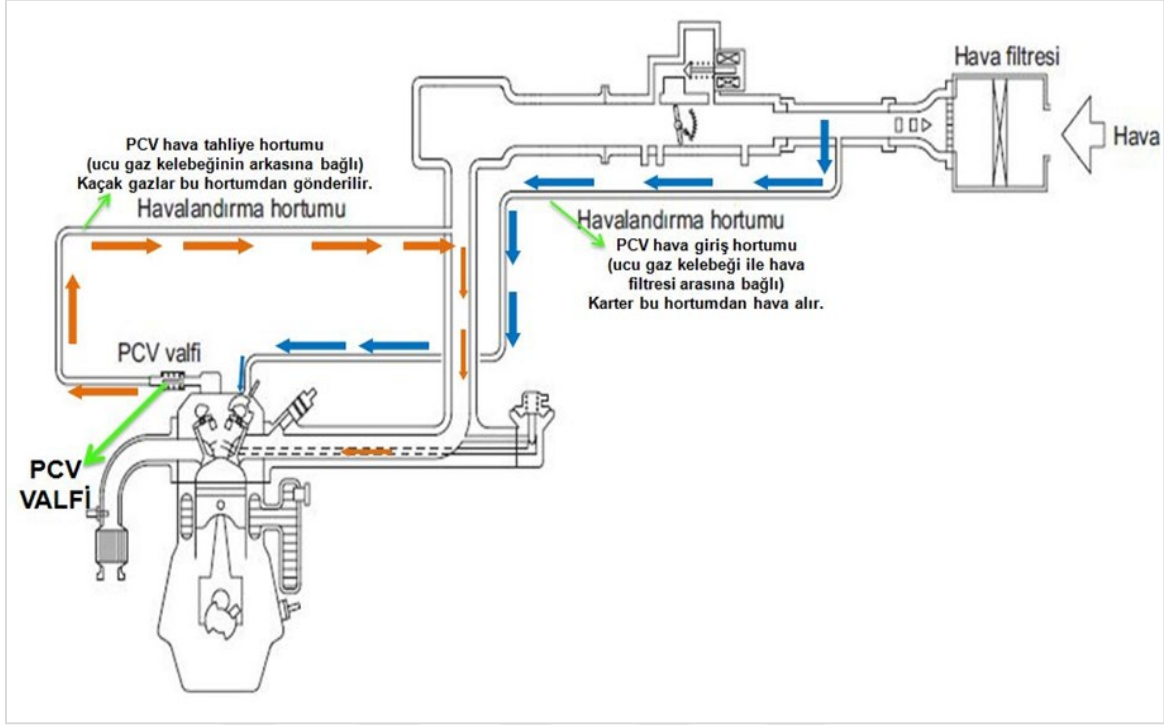
Silindir içersine alınan hava yakıt karışımı, sıkıştırma ve iş zamanı esnasına dayanmamış ya da kısmi yanmış bir halde piston ile segmanlar arasından sızarak kartere iner. Kartere inen bu gazlar motor yağının özelliklerini bozarak motorun yanma olayına bir kez daha dahil eder. Böylece bu sistemle hem yakıt sarfiyatı hem de zararlı emisyonlar önlenmiş olur.

Silindirlerde (yanma odasında) meydana gelen yanmadan dolayı basınçlı olarak bir miktar gaz ve hidrokarbon, pistondaki sızdırmazlık segmanlarından sızarak aşağıya, kartere kaçar, bu kaçak gazlar da motor yağının özelliğini bozar, çamurlaşmaya sebep olur. Bu kaçak gazlara “blow by emissions – kaçak emisyonları” da denir. Bu gaz sızıntısı özellikle sıkıştırma ve yanma (iş) zamanlarında meydana gelir. Kartere sızan kaçak gazların büyük çoğunluğu (%80) yanmamış gazlardır, geriye kalanlarsa yanma sonucu oluşan su buharı, asit vb. gazlardır.

Kartere gelen kaçak gaz kaynaklarından bir diğeri de, turbo şarjdır. Bilindiği gibi turbo şarjın yağlanması motor yağıyla gerçekleşir. Turbonun içerisinde kompresör ve türbin kanatçıklarını taşıyan turbo mili vardır. Bu mil turbo gövdesine yataklandırılır ve bu mil yatağında yağ delikleri vardır. Tüm parçalar sızdırmaz yapılmış olsa da bir miktar egzoz gazı, turboyu dolaşan yağın içersine kaçak yapar ve turboyu yağlayıp kartere dönen yağla beraber kartere sızar.

Yağı sürekli hareket halinde olması ve yüksek sıcaklıklarda çalışması, yağ buharına sebep olur. Yağ buharının asit özelliği sebebiyle motora zararlıdır. Bu asidik özellik motor parçalarını aşındırıcı etki gösterir. Silindirlerde (yanma odasında) meydana gelen yanmadan dolayı basınçlı olarak bir miktar gaz ve hidrokarbon, pistondaki sızdırmazlık segmanlarından sızarak aşağıya, kartere kaçar, bu kaçak gazlar da motor yağının özelliğini bozar, çamurlaşmaya sebep olur. Bu kaçak gazlara “blow by emissions – kaçak emisyonları” da denir. Bu gaz sızıntısı özellikle sıkıştırma ve yanma (iş) zamanlarında meydana gelir [12].

Resim 3.5.’de karter havalandırma sistem çalışması gözükmektedir. Gaz kelebeği ile hava filtresi arasına bağlı hortum vasıtası ile kartere temiz hava girişi olur. Karter havalandırma hortumu da bir valf ile birlikte kirli gaz çıkışını bir hortum üzerinden gönderir.



Resim 3.5. Karter havalandırma sistem çalışması [12]

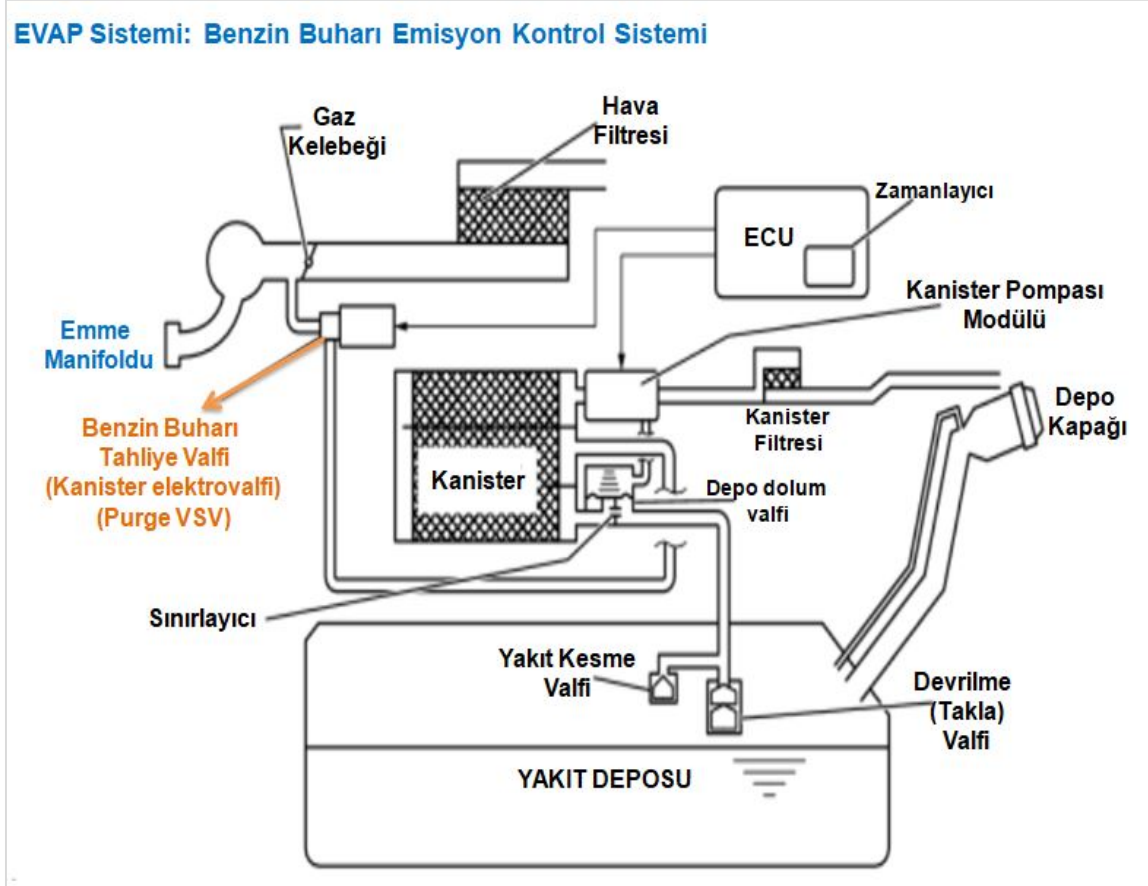
3.4. Yakıt Buharlaştırma Sistemi

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.

Benzinli motorların yakıt deposunda bulunan sıvı benzinin üzerinde her zaman bir miktar benzin (yakıt) buharı bulunmaktadır. Bu yakıt buharının depodan çekilip, geçici olarak depolanmasını ve emme manifolduna (gaz kelebeği boğazına) gönderilmesini sağlayan sisteme EVAP Sistemi "Benzin Buharı Emisyon Kontrol Sistemi" denir. Benzin deposu hava tahliye sistemi olarak da belirtilebilir. Benzin buharını depolayan kutuya karbon buhar kutusu denir. Benzin buharının emme manifolduna gönderilmesi sayesinde, hem benzin deposundaki benzin buharı (hidrokarbonlar) doğaya salınıp havayı kirletmemiş, hem de benzine verilen para (yakıt) boşa gitmemiş yakıt tasarrufu sağlanmış olur. En basit anlatımla, yakıt deposunda oluşan benzin buharı bir hortumla benzin deposu hava tahliye selenoid valfine aktarılır, bu valfin bulunduğu kutuda geçici olarak depolanır. Benzin

buharı selenoid valf ile emme manifolduna gönderilerek, benzin buharının motorda yakılması sağlanır.

Motor çalışırken, motor kontrol ünitesi, önceden belirlenmiş çalışma şartları gerçekleştiğinde, benzin buharı tahliye valfini (karbon buhar selenoid valfini - Purge VSV) çalıştırır, buhar kutusunda depolanmış olan benzin buharı emme manifolduna gönderilir. ECU, benzin buharı tahliye valfinin (Purge VSV) çalışma döngüsünü, emme manifolduna gönderilen benzin buharı miktarına göre değiştirir. Benzin buharının gönderilme miktarı (hacmi) ayrıca emme manifoldu basıncı tarafından da belirlenir. Benzin buharı tahliye valfi (karbon buhar selenoid valfi) ECU tarafından açıldığında, emme manifoldunda bulunan vakum, karbon buhar kutusuna etki eder (buradaki havayı içine çeker). Karbon buhar kutusuna vakum (emme manifoldu vakumu) uygulandığında, benzin buharı akışının devam etmesi için, atmosferik basıncın, havalandırma valfinden buhar kutusuna girmesine izin verilir. Böylece karbon buhar kutusuna atmosferik basınca sahip hava girerken, bu kutudaki benzin buharı da emme manifolduna doğru akar. Bu, benzin buharının emme manifolduna tahliye işlemidir, bu sırada “benzin buharı tahliye valfi (karbon buhar selenoid valfi-Purge VSV)” açık durumdadır ve benzin buharını emme manifolduna göndermektedir. Karbon buhar valfi açıldığında, emme manifoldundaki vakumun etkisiyle benzin buharı, gaz keleşinden giren temiz havanın içine karışarak yanma odasına gönderilir. Motorda direkt benzin enjeksiyon sistemi varsa da sistem aynı çalışır. Resim 3.6.’da Buhar emisyon sisteminin çalışması görülmektedir. Motor soğukken karbon buhar valfi kapalıdır ve benzin buharını göndermez (aşırı zengin karışım oluşmasını diye), motor ısındığında (yaklaşık 70°C’den sonra), buhar haznesi doluyorsa, valf açılarak benzin buharını gönderir. Yanma odasına ilave olarak gönderilen benzin buharı, hava-yakıt karışımını oranını değiştirir, bu değişim lambda sensörü tarafından algılanır ve ECU’ye iletilir, ECU, enjeksiyon süresini azaltarak hava yakıt karışımını düzenler [13].



Resim 3.6. Yakıt buharlaştırma emisyon kontrol sistemi [13]

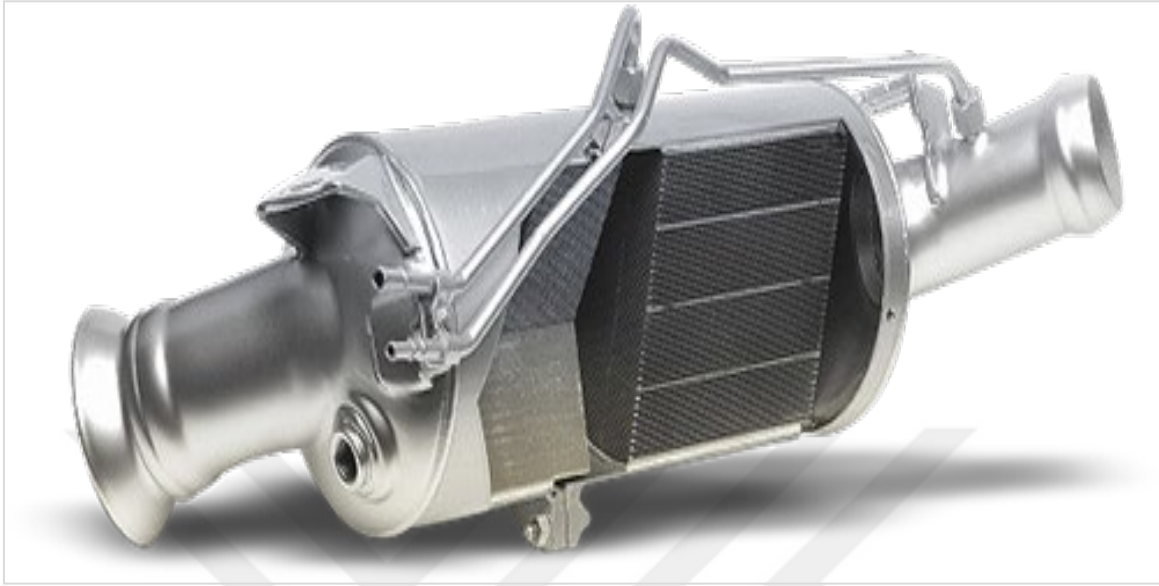
3.5. Termal Egzoz Reaktör Sistemi

Bu sistemlerde egzoz emisyonları, egzoz sisteminde bulunan ve belli bir sıcaklığa sahip ($600^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$) 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.

3.6. 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 filtrelerinin %80 verimle çalıştığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla egzoz gazı içerisinde gözle görülebilen isin %80'i tutulabilmektedir [14].

Resim 3.7.'de Partikül filtresi kesit olarak gösterilmektedir. Yapı olarak bal peteğine benzeyen bu filtre, egzozdaki çevreye zararlı katı partikülleri tutar ve bünyesinde hapseder.



Resim 3.7. Dizel partikül filtresi [14]

Euro 4 araçların bazılarında, Euro 5 ve Euro 6 araçların tümünde bulunan dizel partikül filtresi (DPF), emisyon standartlarını karşılamak için geliştirilen bir parçadır. Ancak filtrede tutulan bu partiküllerin seviyesi zamanla artar ve tıkanma gibi sebeplere yol açabilir. Basınç sensörleri dizel partikül filtresindeki kurum tortusunun seviyesini ölçer ve filtrede kritik kurum seviyesi teşhis edildiğinde ve uygun koşullar da oluşmuş ise rejenerasyon işlemi başlar.

Bazı durumlarda araç rejenerasyon işlemi gerçekleştirilemez ve kurum seviyesi motorun verimli çalışmasını engelleyecek hale gelir. Bu durumda gösterge ekranında DPF işareti belirebilir. Bu uyarı görüldüğünde araç sabit hızda ve yüksek devirde belirli bir süre kullanılmalıdır. Otomatik araçlarda ise bu işlem vites kolu manuel konuma alınarak yapılabilir. Aracın yüksek devirde kullanılmaya başlamasıyla motor yönetim sistemi daha fazla yakıt gönderir ve egzoz sıcaklığını artırır. Egzoz sıcaklığının yaklaşık 600°C'ye ulaşmasıyla rejenerasyon işlemi başlar ve katı partiküller yakılarak kuruma dönüştürülür. Bazı durumlarda ise bu işlem de bir işe yaramayabilir aracın DPF veya Motor Arıza Lambası sönmez ve araçta güç kaybı yaşanır. Böyle bir durumda araç servise götürülerek arıza tespit cihazı yardımıyla rejenerasyon işlemi yapılmalıdır. Genel olarak DPF aşağıdaki sebeplerden tıkanır:

- Düşük kaliteli yakıt, düşük hızda ve dur-kalk'lı trafikte uzun süreli araç kullanımı
- Aracı rolantide uzun süre çalıştırmak, yanlış spesifikasyonda yağ kullanımı.

Yeni çıkan tüm dizel araçlarda bulunan DPF, gerekli önlemlerin alınmaması durumunda rejenerasyon işlemi ile dahi temizlenemeyecek duruma gelebilir ve değişimi gerekebilir.



4. TÜRKİYE'DEKİ OTOMOBİL İSTATİSTİĞİ VE EMİSYON TAHMİN METODU

Ülkemizde halen her bin kişiye düşen taşıt sayısı, gelişmiş ülkeler ile kıyaslandığında çok düşük düzeydedir. Ancak ekonomik gelişmeye paralel olarak ülkemizdeki taşıt parkının önemli artış potansiyeli bulunmaktadır. Taşıt sayısında beklenen artışa karşın, taşıtların teknolojik düzeyindeki gelişmeler sera gazı emisyonlarının kontrolünde önem taşımaktadır.

Yakıt ekonomisinin önemi kazandığı taşıt ve motor teknolojilerinin kullanımı sonucu birim taşıt başına emisyonlarda önemli kazanım sağlamak mümkün olup, son yıllarda bu konuda etkin gelişmeler kaydedilmiştir. Motor boyutlarını küçültülmesi, fakir karışimli kademeli dolgulu benzin motoru (GDI) vb. uygulamaları, ön karışimli sıkıştırılmalı ateşlemeli motor teknolojilerinin (PCCI, HCCI) vb. uygulanması, alternatif yakıtların kullanımı son yıllarda motor teknolojisinde yakıt tüketimlerinin ve emisyonların kontrolüne yönelik yaklaşımlar arasında bulunmaktadır. Benzer şekilde taşıt boyutunun ve kütlesinin azaltılması, aerodinamik yapının iyileştirilmesi, lastik performansının iyileştirilmesi, hibrid ve elektrikli taşıt uygulamaları da taşıt teknolojisindeki gelişmeler arasında yer almaktadır [15,16].

Ülkemizde mevcut taşıt parkının %58 kadarını oluşturan emisyon kontrol sistemi içermeyen, benzini motorlu otomobillerden önemli miktarda CO₂ emisyonu ve diğer emisyonlar salınmaktadır. Sayıları 2,3 milyona ulaşan bu taşıtların hurdaya çıkartılması yolunda sağlanacak teşvikler sektöre ait sera gazı emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynayacaktır. Örneğin, tanınan vergi avantajı nedeniyle 2003-2004 yılında hurdaya çıkarılan 320 000 araç CO₂ emisyonlarında %4,87 oranında bir azalma sağlamıştır [17].

Sera gazı emisyonlarının kontrolünde uygulanan en etkin yaklaşımlardan biri de ulaştırma politikalarının düzenlenmesi sonucu ulaşım taleplerinin yönetimi ve kontrolüdür. Şehir planlaması ve bununla bütünleşik olarak toplu taşımacılık payının artırılması, demiryolu ve denizyolu gibi kişi başına sera gazı emisyonu düşük olan ulaşım yöntemlerine yönlendirilmesi, seyahat gereksinimlerinin düzenlenmesi ve azaltılması, karayolu ulaşımında araç doluluk oranlarının artırılması da etkin önlemler arasında bulunmaktadır. Karayolu ulaşımında ayrıca yakıt tüketimi açısından elverişli olan hızların sağlanabileceği şekilde

trafik akımının düzenlenmesi, trafik sıkışıklıklarının giderilmesi, maksimum hızların sınırlandırılması da alınabilecek önlemler arasında yer almaktadır [18,19].

Emisyon faktörleri kullanılarak kirleticilerin kirlilik yüklerinin belirlenmesi, sadece genel bir bilgi vermektedir. Hareketli kaynaklardan oluşabilecek kirlilik yükünün belirlenmesi için ülkemizde herhangi bir çalışma olmadığından farklı ülkelerdeki emisyon faktörleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da CORINAIR emisyon faktörleri kullanılmıştır. Ancak Türkiye'deki şartlara uygun emisyon faktörlerinin olması gereklidir. Hatta, bu faktörün oluşmasında aracın kat ettiği yolun özellikleri de önemli olduğundan bölgeler bazında farklı emisyon faktörleri oluşturulmalıdır. En önemlisi ise, bölgede aktif ya da pasif örneklemelerle gerçek kirlilik yükünün tespit edilmesi gerekmektedir. Özellikle kentin yaya ve araç trafiğinin yoğun olduğu noktalarında burun seviyesinde ölçümler yapılmalıdır [20].

Her geçen yıl gerek gelir düzeylerine gerekse ihtiyaçlara ve yaşam koşullarına bağlı olarak araç sayısının arttığı dikkate alınır, trafikten kaynaklanan kirliliğin de arttığı ve azaltılabilmesi için çeşitli önlemler almak gerektiği söylenebilir.

Hesaplamalar sonucunda karayolu taşıt parkında bulunan eski model araçların trafikten çekilmesi ve bunların yerine daha az yakıt tüketen ve emisyon regülasyonuna uygun araçların parka eklenmesi, karayolu kaynaklı emisyonlarda belirgin bir iyileşme sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Önleyici tedbirler olarak, öncelikle kirleticilerin miktarında, trafikteki taşıt sayısı kadar aracın özellikleri (aracın cinsi, yaşı, motor ve kirlilik önleme teknolojisi gibi) ve sürüş koşullarının (kent içi-dışı, otoyol, yol durumu, hız gibi) da önemli olması sebebiyle “çok kirletenden çok, az kirletenden az” prensibinden hareketle gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Otomobillerin düzenli bakıma ve denetime tabi tutulması, egzoz kirliliğinin yoğun olarak yaşandığı bölgelerde trafik sinyalizasyonlarının sürekli trafik akışını engelleyecek şekilde yanlış planlanması sebebiyle motorlu taşıtların trafikte çok beklemesi sonucu oluşan egzoz kirliliğinin azaltılması için trafik ışıklarının senkronize olarak yeniden düzenlenmesi, kent içinde hız sınırlaması gereklidir [21].

Kış sezonunda konutların ısıtılması sebebiyle artan hava kirliliğine egzoz kirliliğini azaltıcı önlemlerin alınması (tek, çift plaka uygulaması gibi), yolcu ulaşımının maksimum olduğu

saatlerde yük trafiğinin kısıtlanması, özel otomobil kullanım sürelerinin kısıtlanması ve doluluk oranlarının artırılması, toplu taşıma araçlarının yaygınlaştırılması gereklidir.

Ayrıca yeşil alanların artırılması, alternatif enerji kullanan motorlu taşıtların geliştirilmesi ve özendirilmesi, motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirliliğin tespiti ve izlenmesi ile insan ve çevre sağlığına getirdiği zararların tespit edilerek, gerekli koruma ve kirliliği azaltıcı tedbirlerin biran önce alınmasının sağlanması gerekmektedir. Bunun için İl'de Valilik Başkanlığı'nda Sağlık İl Müdürlüğü, Çevre ve Orman İl Müdürlüğü, Trafik Müdürlüğü, Belediye, Üniversite ve Meslek Odaları'ndan oluşan bir ekip oluşturulması, gibi bazı önlemlerin benimsenmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır [22].

Türkiye genelinde trafiğe kayıtlı araç sayısı 2017 Ocak ay sonu itibarıyla 21 211 701 olmuştur. Ocak ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı toplam 21 211 701 adet taşıtın %53,8'ini otomobil, %16,4'ünü kamyonet, %14,2'sini motosiklet, %8,3'ünü traktör, %3,9'unu kamyon, %2,2'sini minibüs, %1'ini otobüs, %0,2'sini ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmaktadır. Trafiğe kaydı yapılan taşıt sayısı geçen yılın aynı ayına göre %15,9 artmıştır. Ocak ayında geçen yılın aynı ayına göre trafiğe kaydı yapılan taşıt sayısında %15,9 artış gerçekleşmiştir. Bu artış otomobilde %23,6, kamyonette %14,3, motosiklette %5,6 özel amaçlı taşıtlarda %63,3 traktörde %8,2 olarak gerçekleşmiştir. Minibüste %26,2, otobüste %10 kamyonunda ise %49,1 azalış olmuştur [23].

2017 Ocak ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı 11 401 452 adet otomobilin %39,1'i LPG, %33,8'i dizel, %26,7'si benzin yakıtlıdır. Yakıt türü bilinmeyen otomobillerin oranı ise %0,4'tür. Ocak ayında trafiğe kaydı yapılan 84 626 adet otomobilin %40,9'u 1501-1600cc, %28,5'i 1401-1500cc, %13,7'si 1301-1400cc, %13,1'i 1300cc ve altı, %2,9'u 1601-2000cc, %0,9'u 2001cc ve üstü motor silindir hacmine sahiptir [23].

Çizelge 4.1'de 2017 yılında ki mevcut duruma göre silindir hacmi göz önüne alınarak otomobil sayıları verilmiştir. Buna göre Türkiye geneli en fazla kullanılan silindir hacmine sahip otomobil 1501-1600 cc otomobiller olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. 2017 Yılı Türkiye geneli silindir hacmine göre otomobil dağılımı (adet) [13].

Silindir Hacmi(cc.)	Otomobil Sayısı	Dağılım %
-1300	70 987	14,3
1301 – 1400	66 006	13,3
1401 – 1500	132 904	26,9
1501 – 1600	199 937	40,4
1601 – 2000	19 398	3,9
2001+	5 447	1,1
Bilinmiyor	116	0,0

Ülkemizde motorlu kara taşıtı sayısında önemli derecede artışlar göze çarpmaktadır. TÜİK verilerine göre, 2002 yılında 8 655 170 olan taşıt sayısı 2017 yılı Eylül ayı itibariyle 21 940 757'ye çıkmıştır. Son 15 yılda motorlu taşıt sayısı 2,5 kat artmıştır. Türkiye'de 15 yaş üzeri yaklaşık 8 milyon taşıt bulunmaktadır. Motorlu araçlar yaşlandıkça tükettikleri yakıt miktarı ve kirlletici emisyonu artar. Ülkemizde 0-5 yaş arası taşıtlar, araç parkının %33,4'ünü, 6-10 yaş arası taşıtlar %21,7'sini, 10 yaş üzeri taşıtlar ise %44,9'unu oluşturmaktadır [23].

Gelişmiş ülkelerde 1000 kişiye düşen motorlu taşıt sayısı Almanya'da 588, İngiltere'de 516, İtalya'da 682, ABD'de 786 ve Türkiye'de 262'dir. Türkiye gelişmiş ülkelerin ortalama değerlerinin oldukça altında yer almaktadır. Türkiye'de motorlu taşıt sayısı yıllık %15-%19 oranında artmaktadır. Planlama çalışmaları açısından, 1000 kişiye düşen araç sayısı bakımından yoğun olmayan Türkiye'de, çevre dostu elektrikli araçların üretimi ve kullanımı, ulaşım kaynaklı hava kirliliğinin azaltılması açısından fevkalade önemlidir. Bazı Ülkelerde 1000 Kişiye Düşen Otomobil ve Taşıtlar Sayısı Özellikle yaşlı motorlu taşıtlar, periyodik bakımı-onarımı yapılmayan araçlar, karbüratörlü araçlar, istiap haddinin üzerinde yük taşıyan araçlar, bozuk yollar ve trafik tıkanıklığı hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. İngiltere'de yapılan bir çalışmaya göre hava kirliliği, trafik kazalarından iki kat daha fazla ölümlere neden olmaktadır [24].

Kirlletici miktarlarının belirlenmesinde diğer bir önemli parametre kirlletici faktörleridir. Yakıt tüketimi, taşıt tipi ve sayısına bağlı olarak yapılan kirlletici miktarı hesaplamalarında çeşitli şekillerde türetilen kirlletici faktörleri kullanılmaktadır. Kirlletici faktörleri, yakıtın cinsine, bileşimine, yakıcı sistemi ve yakıcı işletme şartlarına bağlıdır. Dolayısıyla kirlletici

faktörlerinin teknolojik gelişmeye bağlı olduğu söylenebilir. Kirletici faktörleri kütleli esaslı olup, sistem etkinliği dikkate alınarak yapılmalıdır [25].

Çizelge 4.2’de yakıt cinslerine göre kirletici faktörleri görülmektedir [26].

Çizelge 4.2. Yakıt cinslerine göre kirletici faktörleri (kg/ton) [27]

Bileşenler	LPG/Ng	Benzin	Gaz Yağı	Motorin
CO	0,0031	375,3	10,0	8,83
HC	0,000	32,61	50,0	20,02
NO _x	0,908	18,42	25,0	31,00
PM	0,149	1,96	15,0	16,19
SO _x	0,0031	1,47	2,5	5,88

Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de 2050 yılı için [27] kirletici faktörleri kullanarak hesaplanan değerler (kg/ton) olarak verilmiştir.

Çizelge 4.3. 2019-2050 yılları için kirletici faktörleri (kg/ton).

Kirleticiler	Otomobil		Otobüs		Kamyonet		Kamyon	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
CO	133,05	8,84	168,63	11,68	120,6	9,51	131,10	12,12
PM	0,06	0,24	0,86	0,351	0,08	0,24	0,091	0,360
NO _x	2,21	5,89	7,22	15,7	2,16	6,38	7,63	18,023
CO ₂	3 138	2 872	3 058	2 855	2 728	2 870	3 120	2 854
HC	2,94	1	10,44	4,53	2,70	0,82	9,81	4,604

Çizelge 4.4. 2004 yılı için kirletici faktörleri(kg/ton).

Kirleticiler	Otomobil		Otobüs		Kamyonet		Kamyon	
	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel	Benzin	Dizel
CO	202,81	15,84	382,17	27,47	233,25	17,76	347,47	38,60
PM	0,143	0,57	0,293	1,348	0,12	0,73	0,31	1,44
NO_x	15,13	11,24	24,797	57,74	19,60	12,59	22,87	58,62
CO₂	2 996	2 852	2 675	2 804	2 926	2 841	2 724	2 802
HC	12,86	3,36	25,24	7,755	19,878	6,058	26,79	0,93

Bu çalışmada geleceğe yönelik bir tahmin içermesi ve birçok parametre sonucu ortaya çıkarılmasından dolayı Zhang ve arkadaşlarının belirlediği kirletici faktörleri kullanılırken, SO_x kirletici faktörlerinin Zhang ve arkadaşlarının belirlediği kirletici faktörleri içerisinde yer almamasından dolayı Çizelge 4.2’deki SO_x kirletici faktörleri kullanıldı.

Bilindiği gibi taşıtların kullanım şartları ve taşıt yaşına bağlı olarak yakıt tüketimleri değişmekte, yani taşıtın yaşı arttıkça tükettiği yakıt miktarı da artmaktadır. Elde edilen bulgular ve yapılan değerlendirmelere göre otomobil için 100 km deki yakıt tüketimi, benzinli taşıtlarda ortalama 5,8 l/100 km, dizel taşıtlarında ortalama 4,6 l/100 km LPG’li taşıtlarda ise 8 l/100 km olarak kabul edildi.

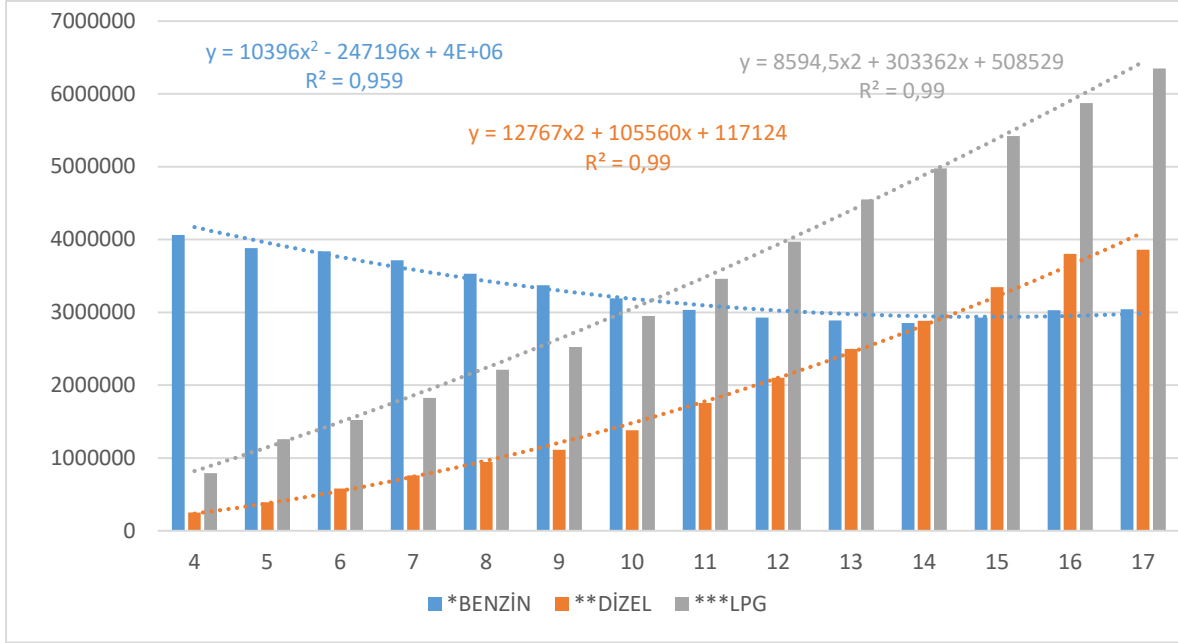
Çizelge 4.5’de Türkiye geneli yakıt cinsine göre 2004 ve 2017 yılları arası araç sayıları tablo halinde verilmiştir [23].

Çizelge 4.5. Türkiye geneli yakıt cinsine göre otomobil dağılımı [23].

Yıl	Benzin	Dizel	LPG	Toplam Araç Sayısı (Adet)
2004	4 062 486	252 629	793 081	5 108 196
2005	3 883 101	394 617	1 259 327	5 537 045
2006	3 838 598	583 794	1 522 790	5 945 182
2007	3 714 973	763 946	1 826 126	6 305 045
2008	3 531 763	947 727	2 214 661	6 694 151
2009	3 373 875	1 111 822	2 525 449	7 011 146
2010	3 191 964	1 381 631	2 900 034	7 473 629
2011	3 036 129	1 756 034	3 259 288	8 051 451
2012	2 929 216	2 101 206	3 569 143	8 599 565
2013	2 888 610	2 497 209	3 852 336	9 238 155
2014	2 855 078	2 882 885	4 076 730	9 814 693
2015	2 927 720	3 345 951	4 272 044	10 545 715
2016	3 031 744	3 803 772	4 439 631	11 275 147
2017	3 044 258	3 859 039	4 455 332	11 358 629

Şekil 4.1’de Çizelge 4.5’de TÜİK verileri kullanılarak 2004 ile 2017 yılları arası yakıt cinsine göre otomobil sayılarının grafik olarak gösterimi mevcuttur.

Grafiğe göre Dizel ve LPG’li otomobil sayısında artış gözlenirken Benzinli otomobil sayısında azalma gözlenmektedir. Bunun nedenleri arasında Benzin fiyatlarındaki artış miktarı, ekonomik sebepler ve LPG’li araç sayısının artış olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Türkiye geneli yakıt cinsine göre otomobil dağılımı (Adet)

Şekil 4.1’de, Türkiye geneli 2004-2017 yılları arasındaki araç sayıları verileri kullanılarak Microsoft Office Excel programı ile araç dağılım grafiği çizilmiştir. Bu grafikten elde edilen veriler ile her bir yakıt cinsine ait araç artış diyagramı üzerinden formüller çıkartılmıştır. Kirletici tahmin tablosu Çizelge 4.6 hesaplanırken Çizelge 4.5’deki değerler kullanılarak Excel Programına hesaplatılan formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Türkiye’deki taşıtların ileriye dönük tahmini için 2004–2017 otomobil sayıları alındı. Diğer araçların programa katılmama sebebi 2017 yılına kadar genel araç sayısının yaklaşık %53’ünün otomobil cinsi araç oluşudur.

Taşıtlarının belirlenmesi kirletici tahmini için tek başına yeterli bir parametre değildir. Taşıtların kullandıkları yakıt türüne bağlı olarak oluşturdukları kirletici miktarları farklılıklar gösterir. Doğru bir kabul yapılması için belirlenen taşıtların kullandıkları yakıt türlerinin doğru tespit edilmesi gereklidir.

Bu nedenden dolayı 2004-2017 yılları arasındaki TÜİK verileri kullanılmıştır. Kirletici miktarlarının belirlenmesinde diğer bir önemli parametre kirletici faktörleridir. Yakıt tüketimi, taşıt tipi ve sayısına bağlı olarak yapılan kirletici miktarı hesaplamalarında çeşitli şekillerde türetilen kirletici faktörleri kullanılmaktadır. Kirletici faktörleri, yakıtın cinsine, bileşimine, yakıcı sistemi ve yakıcı işletme şartlarına bağlıdır. Dolayısıyla kirletici

faktörlerinin teknolojik gelişmeye bağlı olduğu söylenebilir. Kirletici faktörleri kütleli esaslı olup, sistem etkinliği dikkate alınarak yapılmalıdır [28,29].

Emisyon değerinin belirlenmesinde her yakıt grubuna ait otomobillerin bir yılda gittiği mesafeyi belirlemek gereklidir. Bu değer için kesin bir kaynak bulunmamakla beraber, daha önce kullanılan Türkiye'deki toplam yakıt tüketim değerleri ile bir yakıt dengesi sağlayacak şekilde, araç sayısı ve 100 km'deki ortalama yakıt tüketimleri yardımıyla, araçların yıllık menzillerini ortalama olarak elde etmek mümkün olmaktadır. Burada izlenen yöntem, Türkiye'deki araç parkının değişim trendi ve toplam yakıt tüketimlerinin değişim trendi baz alınır, çeşitli otomotiv sanayi firmalarının da önerdiği değerler dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.6'de Benzinli aracın yıllık ortalama 10 000 km yol kat ettiğini ve 5,8lt/100km yakıt tükettiği varsayılmıştır.

Benzinin yoğunluğu 0,76 kg/cm³, kirletici faktörü[PM(1,96), SO_x(1,47), CO(37,53), NO_x(18,42), HC(32,61), HCHO (0,65)] kg/ ton yakıt olarak alınmıştır [27].

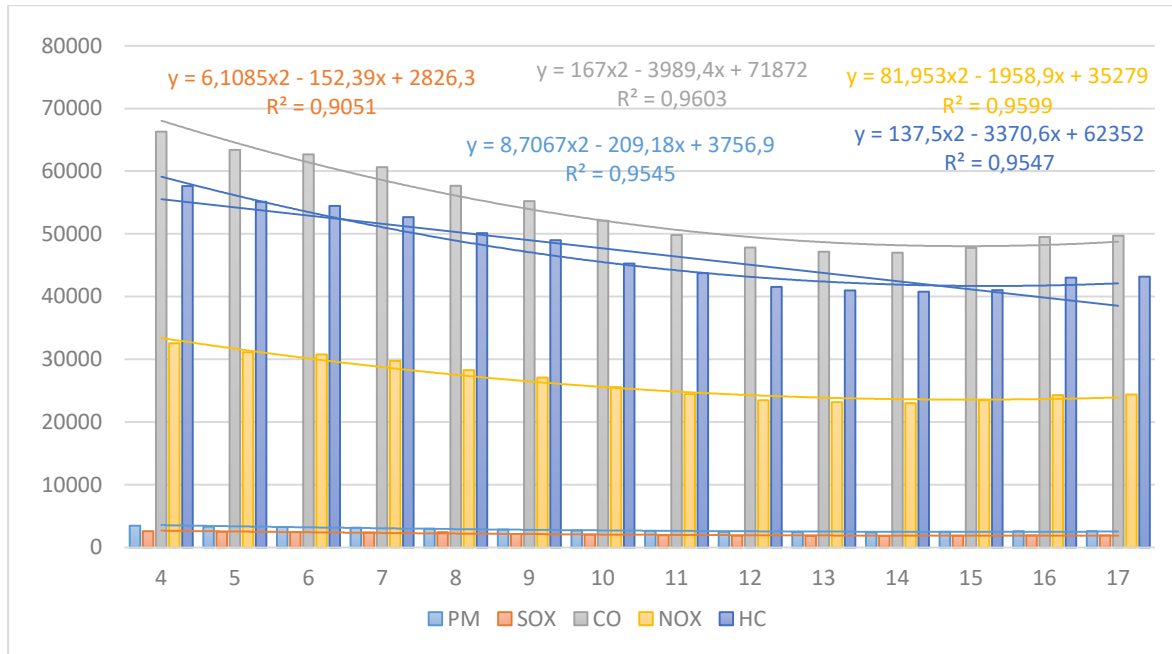
Emisyon değeri aşağıdaki formülle hesaplanıp Çizelge 4.6 hazırlandı ve Şekil 4.2 oluşturularak 2018 -2050 tahmin hesaplamaları için gerekli formüller çıkartılmıştır

Emisyon değeri (ton/yıl) =[yakıt tüketimi(cm³) * yoğunluk(kg/cm³)] * kirletici faktörü (kg/ton yakıt) * araç sayısı / 1000

Çizelge 4.6. Türkiye geneli benzinli otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları (kiloton/yıl)

Yıl	PM	SOx	CO	NOx	HC
2004	3 464	2 598	66 320	32 550	57 644
2005	3 310	2 483	63 394	31 115	55 132
2006	3 272	2 454	62 667	30 758	54 452
2007	3 167	2 375	60 650	29 767	52 698
2008	3 012	2 450	57 658	28 299	50 099
2009	2 877	2 157	55 242	27 113	49 000
2010	2 722	2 041	52 111	25 576	45 279
2011	2 640	1 923	49 820	24 470	43 750
2012	2 497	1 873	47 820	23 470	41 551
2013	2 436	1 847	47 157	23 145	40 975
2014	2 398	1 810	46 999	23 000	40 795
2015	2 496	1 872	47 796	23 458	41 010
2016	2 584	1 938	49 494	24 292	43 005
2017	2 595	1 946	49 700	24 392	43 184

Şekil 4.2’de Çizelge 4.6 değerleri kullanılarak 2004-2017 yılları arası benzinli otomobillerin emisyon miktarları görülmektedir. Bu grafik üzerinden elde edilen formüller ile ileriye dönük tahminler de kullanıldı.



Şekil 4.2. Türkiye geneli benzinli otomobiller için hesaplanan kirletici grafiği (2004-2017)

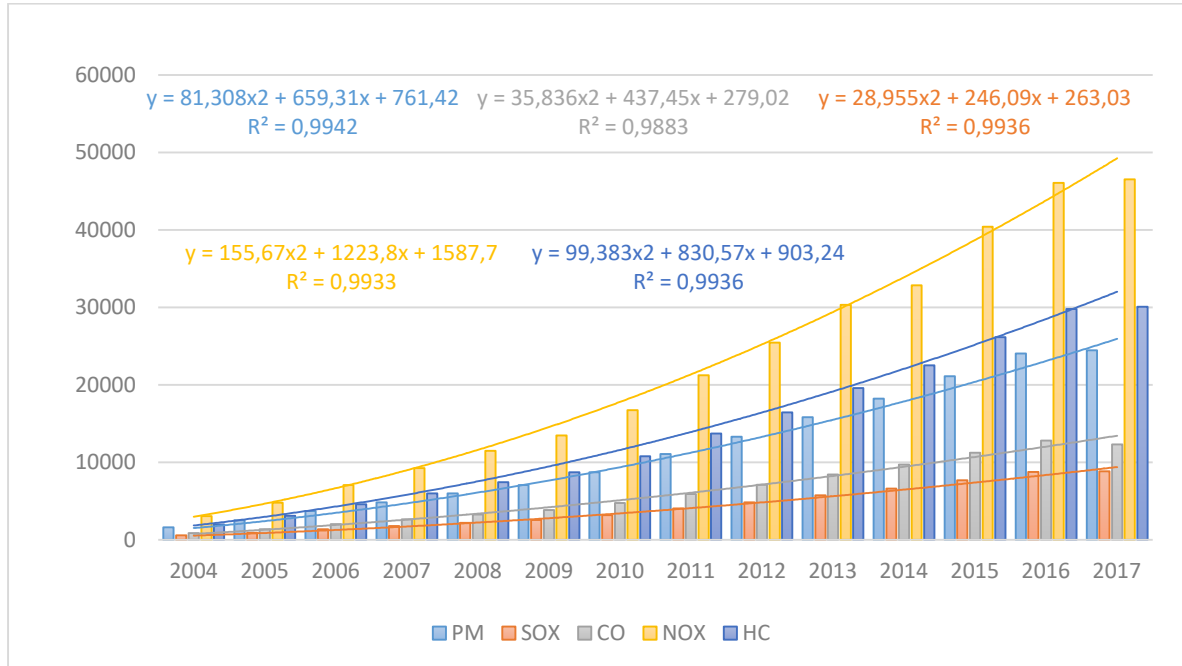
Dizel otomobilin benzinli otomobile göre yakıt ekonomisinden dolayı yıllık ortalama 15 000 km yol kat ettiğini ve 4,6 l/100km yakıt tükettiği varsayılmıştır.

Dizel yakıtının yoğunluğu 0,84 kg/cm³, kirletici faktörü [PM(16,19), SO_x(5,88), CO(8,83), NO_x(31,0), HC(20,02), HCHO (1,47)] kg/ton yakıt olarak alınmıştır [25].

Emisyon değeri(ton/yıl) = [yakıt tüketimi(cm³) * yoğunluk(kg/cm³)] * kirletici faktörü(kg/ton yakıt) * araç sayısı/1000

Çizelge 4.7. Türkiye geneli dizel otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları (kilo ton/yıl)

Yıl	PM	SO _x	CO	NO _x	HC
2004	1 599	580	872	3 062	1 975
2005	2 497	907	1 362	4 782	3 085
2006	3 695	1 342	2 015	7 076	4 565
2007	4 836	1 756	2 638	9 260	5 974
2008	5 999	2 179	3 272	11 487	7 411
2009	7 038	2 556	3 838	13 476	8 694
2010	8 727	3 169	4 759	16 710	10 780
2011	11 080	4 024	5 901	21 221	13 690
2012	13 296	4 828	7 081	25 465	16 428
2013	15 822	5 745	8 426	30 303	19 590
2014	18 195	6 606	9 690	32848	22 528
2015	21 106	7 662	11 240	40 420	26 132
2016	24 060	8 734	12 813	46 080	29 790
2017	24 466	8 823	12 305	46 540	30 087



Şekil 4.3. Türkiye geneli dizel Otomobiller için hesaplanan kirletici miktarı grafiği

Şekil 4.3’de Çizelge 4.7’den alınan Dizel kirletici değerleri kullanılarak grafikleme yöntemiyle emisyonlar polinom denklemler haline getirildi.

Çizelge 4.8’de 2004-2017 yılları arası LPG’li otomobil kirletici miktarları hesaplandı. Bu hesaplama da Çizelge 4.5’de ki LPG’li otomobile ait değerler kullanılmıştır

LPG’li bir otomobilin yıllık ortalama 15 000 km yol kat ettiğini ve 8 lt/100km yakıt tükettiği varsayılmıştır.

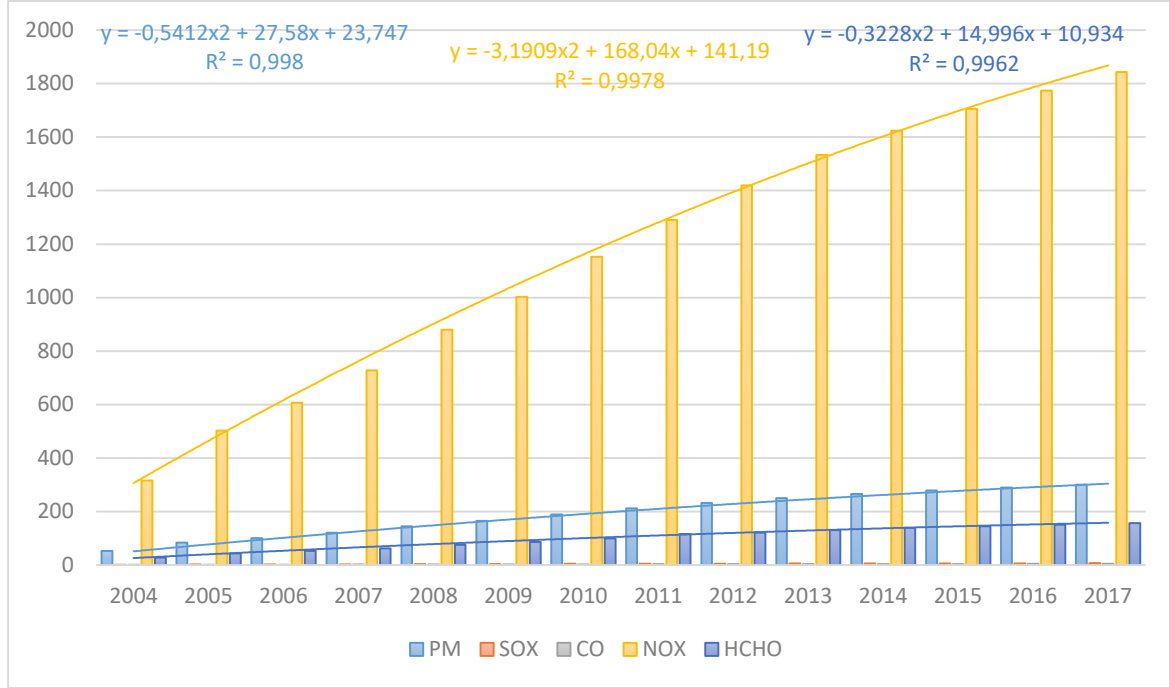
LPG yakıtının yoğunluğu 0,55 kg/cm³, kirletici faktörü [PM(0,149),SO_x(0,0031), CO(0,0031), NO_x(0,908), HC(0,000), HCHO(0,078)] kg/ton yakıt olarak alınmıştır [27].

Emisyon değeri(ton/yıl) = [yakıt tüketimi(cm³) * yoğunluk(kg/cm³)] * kirletici faktörü(kg/ton yakıt) * araç sayısı / 1000

Formülü kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde bulunan değerler Çizelge 4.8’de belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Türkiye geneli LPG’li otomobiller için hesaplanan kirletici miktarları (kiloton/yıl)

Yıl	PM	SO _x	CO	NO _x	HCHO
2004	52	1,09	1,08	316	27
2005	83	1,73	1,07	502	43
2006	100	2,09	1,3	607	52
2007	120	2,51	1,56	728	62
2008	145	3,01	1,84	880	75
2009	165	3,43	2,1	1 003	86
2010	189	3,94	2,42	1 153	99
2011	211	4,41	2,76	1 291	116
2012	232	4,85	3,04	1 420	121
2013	250	5,24	3,28	1 533	130
2014	265	5,55	3,48	1 625	138
2015	278	5,83	3,65	1 706	145
2016	289	6,06	3,8	1 774	150
2017	300	6,3	3,95	1 844	156



Şekil 4.4. Türkiye geneli LPG’li otomobil için hesaplanan kirletici miktarları

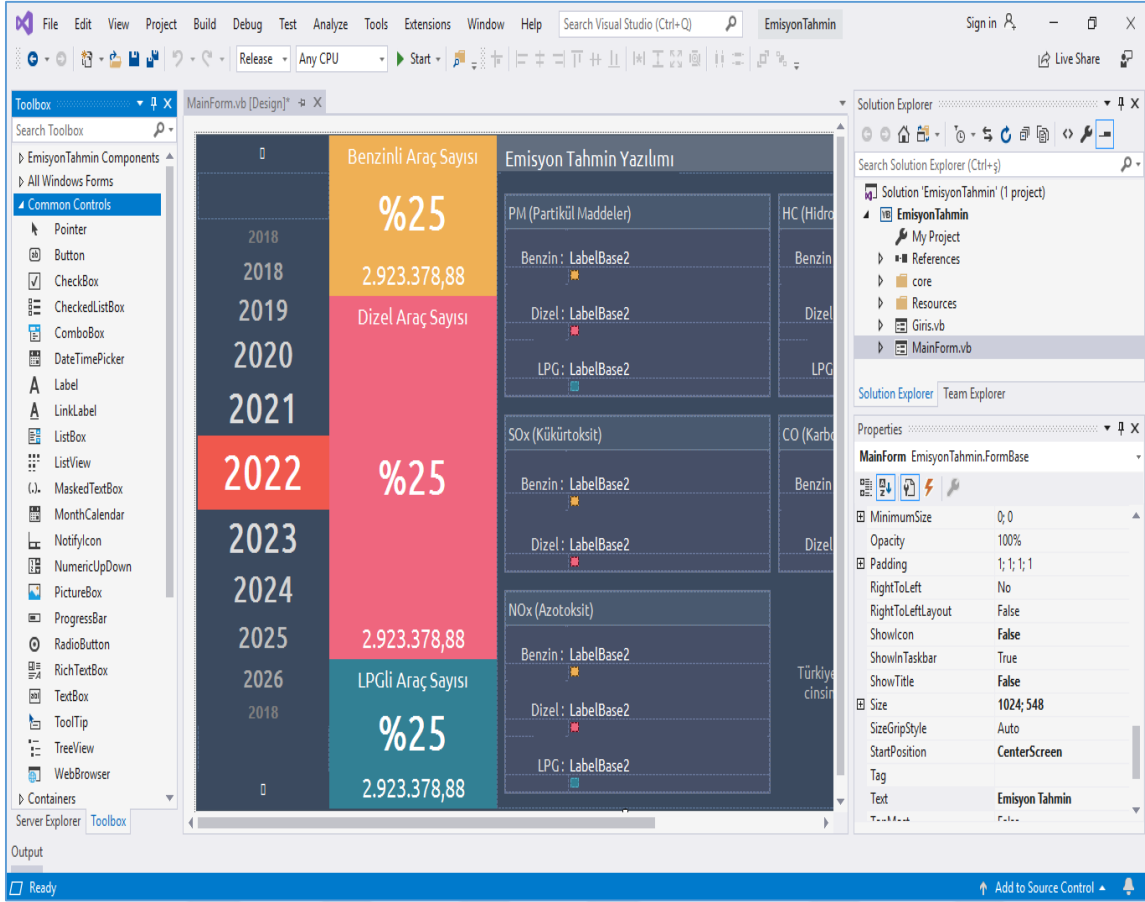
Şekil 4.4’de Çizelge 4.8’den alınan LPG’li kirletici değerleri kullanılarak grafikleme yöntemiyle emisyonlar polinom denklemler haline getirildi. R^2 değerinin en yüksek olduğu polinom denklem kullanıldı.

4.1. Otomobil Sayısı ve Emisyon Yükü Tahmin Yazılımı

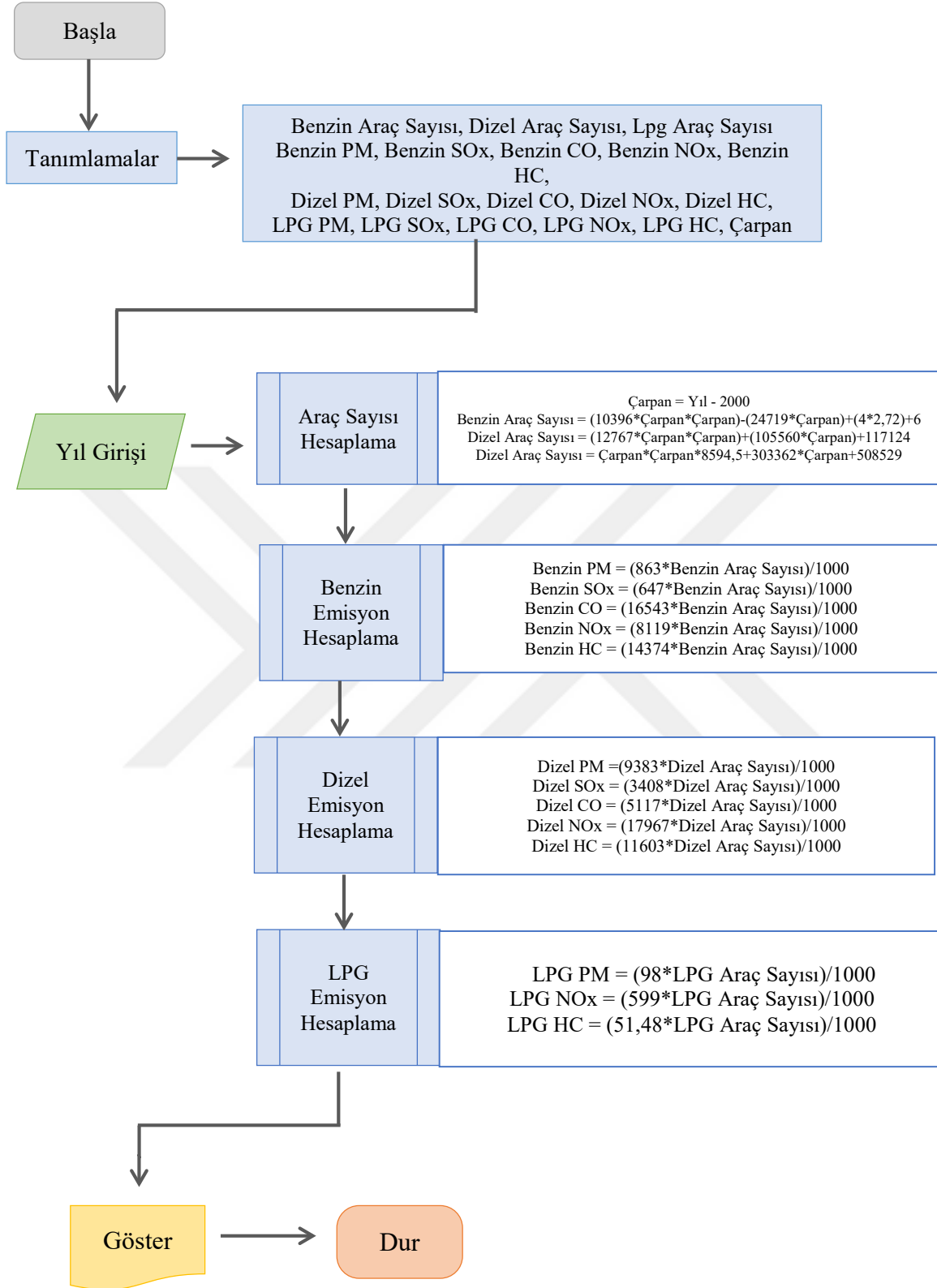
Resim 4.1.’de Emisyon Tahmin Programı Microsoft Visual Studio programında Visual Basic.Net programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Program .NET Framework 3.5 çatısı üzerine inşa edilmiştir. Program hazırlama sürecinde önce mevcut veri analizi yapılmış, sonra mevcut verilerin program üzerinde gösterim şekline ilişkin tasarım sürecine geçilmiştir.

Şekil 4.2.’de Program tasarım sürecinin ardından mevcut verilerin hesaplanması ve ekrana yansıtılmasına ilişkin gerekli kod akış şeması oluşturulmuştur.

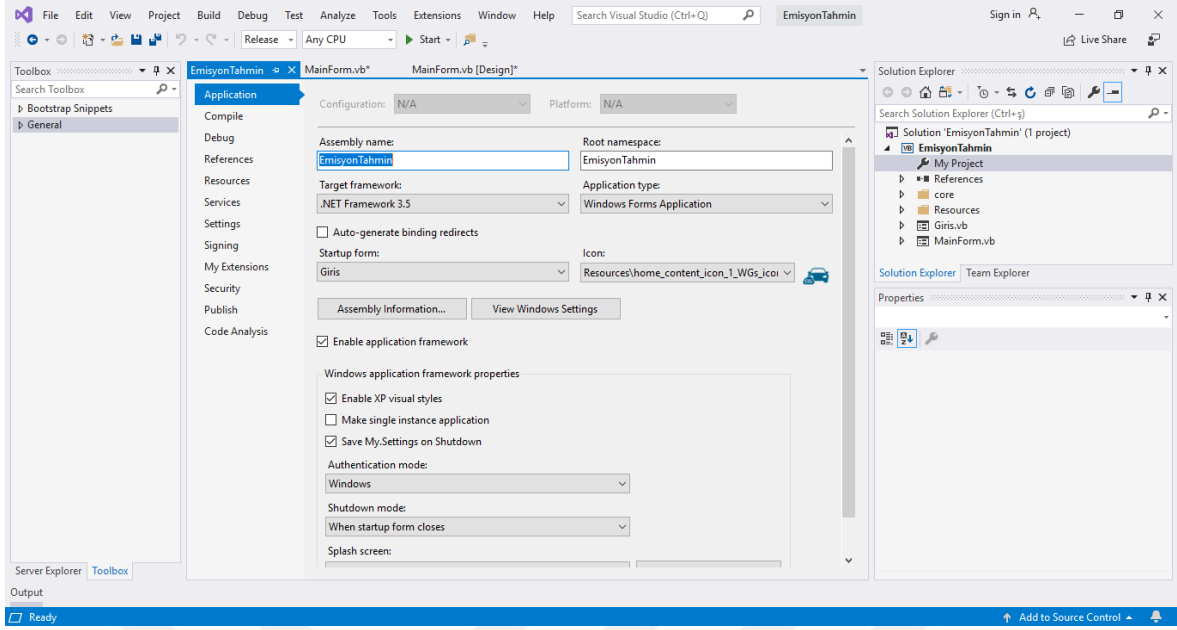
Resim 4.1. ve Resim 4.2.’de oluşturulan kod akış şemasındaki iş ve işlemleri gerçekleştirecek gerekli kodlama yapılmış ve gerekli testler yapıldıktan sonra program diğer bilgisayarlarda kullanılabilir hale getirilerek süreç tamamlanmıştır.



Resim 4.1. Otomobil sayısı ve emisyon yükü tahmin programı çalışma ekranı

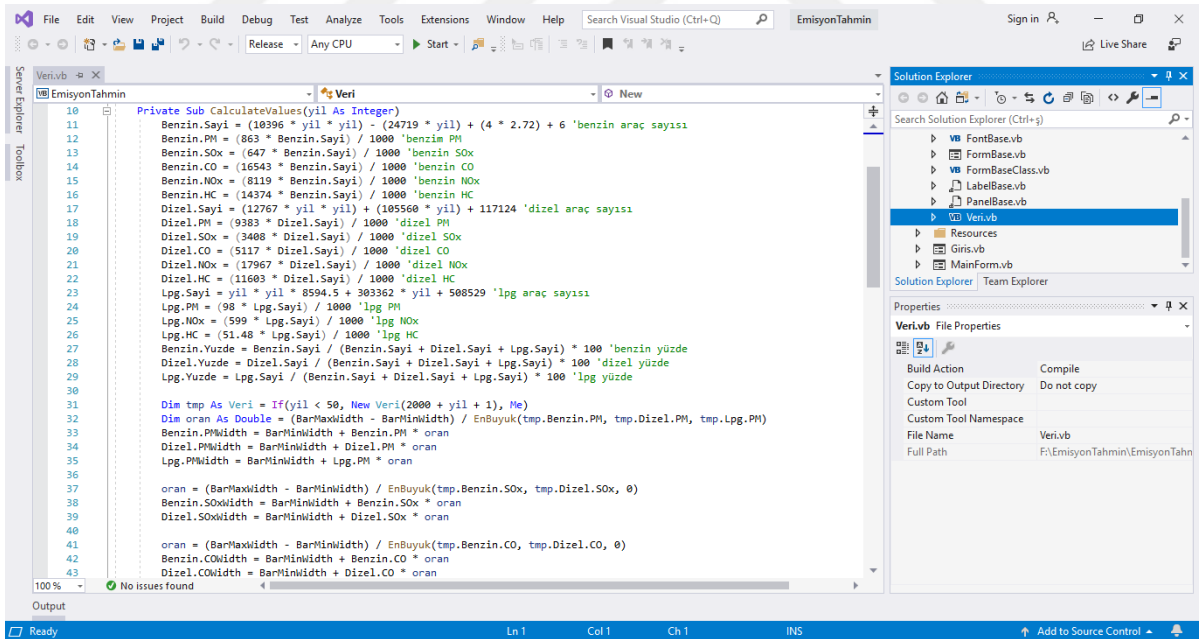


Şekil 4.2. Tahmin programı akış şeması



Resim 4.3. Tahmin programı yazılım işlemi başlangıcı

Resim 4.4. ve Resim 4.5.'de Tahmin programına ait yazılım hazırlama sürecinde Visual Studio 2019 programında kodlama ekranına ait görüntüler yer almaktadır.



Resim 4.4. Tahmin programı yazılım içeriği (1)

The interface also shows the Solution Explorer with the project 'EmisyonTahmin' and the Properties window. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and 'No issues found'.

Resim 4.5. Tahmin programı yazılım içeriği (2)

4.1.1. Programın çalıştırılması

Program portatif (portable/kurulumsuz) çalışabilir olarak hazırlanmıştır. Aşağıda Çizelge 4.9.'de belirtilen sistem gereksinimleri sağlandığı sürece hiçbir ek işleme gerek kalmaksızın çalışabilir. Programı çalıştırmak için soldaki simgeye çift tıklamak yeterlidir, çalıştırma simgesi çift tıklanıp yıl



seçildiğindeki (2018-2050) ekran görüntüsü yer almaktadır. Resim 4.5'da program çalışma ana ekran yüzü tüm fonksiyonları ile gözükmektedir.



Resim 4.6. Program ana ekran görüntüsü

Çizelge 4.9.'de tahmin yazılımının çalışabilmesi için gerekli sistem özellikleri yer almaktadır. Bu gereksinimler karşılanmadığında programın çalışmayabilir.

Çizelge 4.9. Programın Çalışması İçin Sistem Gereksinimleri

İşlemci	1 gigahertz (GHz) veya daha hızlı İşlemci
RAM	1 gigabayt (GB)
Grafik Kartı	WDDM 1.0 sürücüsüyle directX9 veya üzeri
Ekran	1024x768 çözünürlük
İşletim Sistemi	Windows 7, Windows 8, Windows 8.1 ya da Windows 10
Sistem Eklentisi	NET Framework 3.5

Şekil 4.7.'de programa ait yıl seçim bölümüne ait ekran görüntüsü yer almaktadır. Bu ekranda; yıllar arasında hızlıca hareket etmek için fare tekerleğini kullanabilir, klavyeden “Yukarı” veya “Aşağı” yön tuşlarına basabilir ya da görmek istediğiniz yıla tıklanır.

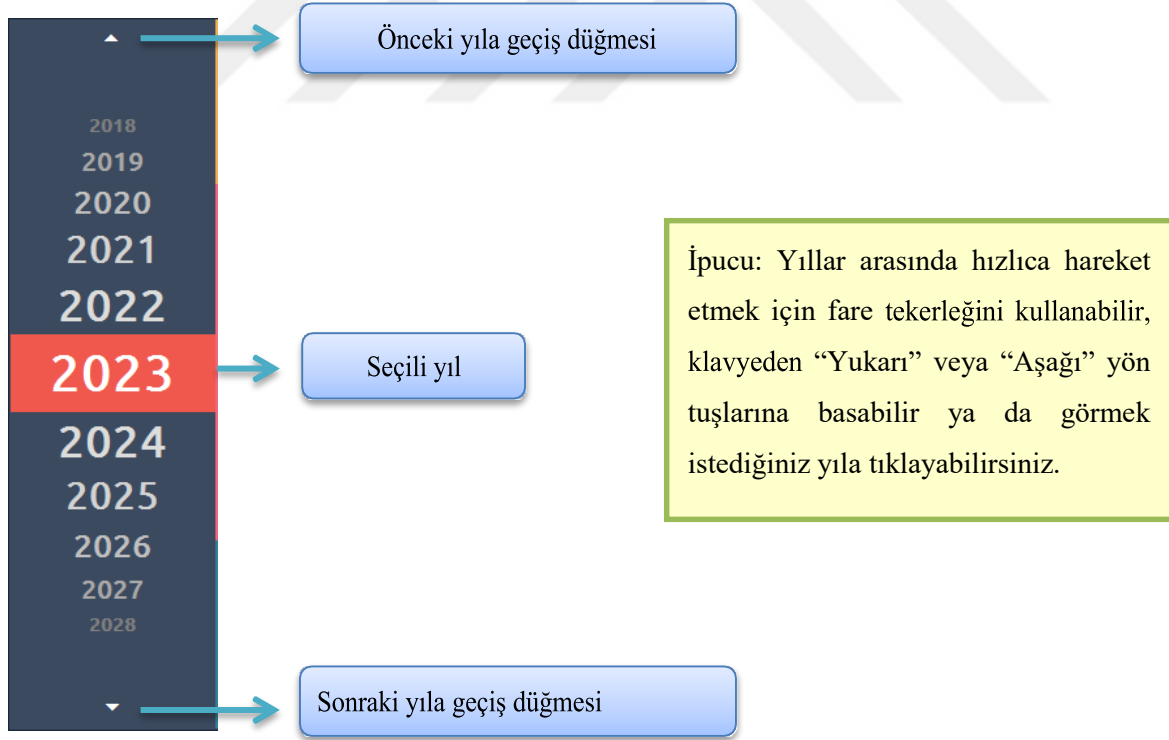
Şekil 4.8.'de programın araç sayılarına ait ekran görüntüsü yer almaktadır. Seçilen yıla ait;

- Benzinli binek araç sayısının toplam araç sayısına oranı
- Benzinli binek araç sayısı
- Dizel binek araç sayısının toplam araç sayısına oranı
- Dizel binek araç sayısı
- LPG'li binek araç sayısının toplam araç sayısına oranı
- LPG'li binek araç sayısı

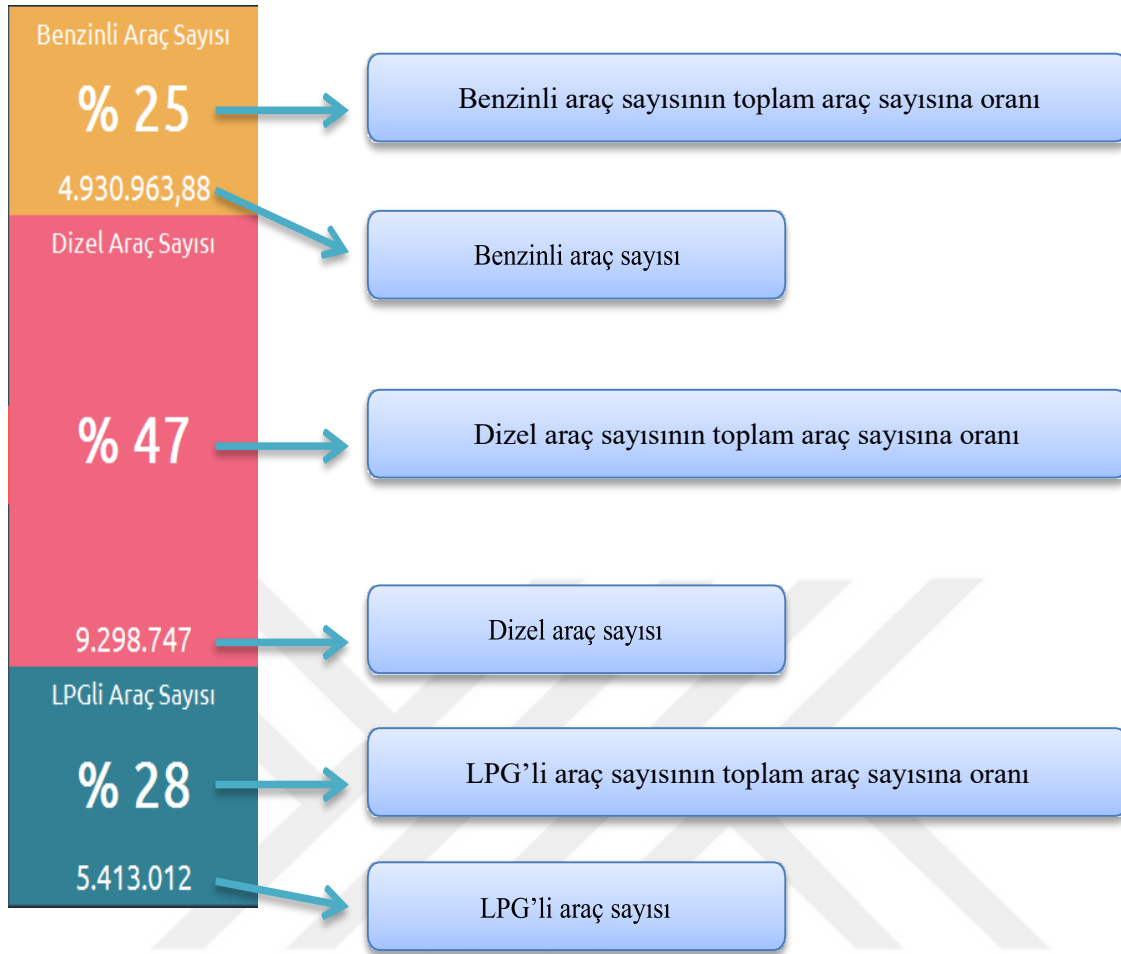
bilgileri yer almaktadır.

Şekil 4.9.'da programın yakıt türlerine göre emisyon değerlerini gösteren ekran görüntüsü yer almaktadır. Seçilen yıla ait; Benzin, Dizel ve LPG yakıt türlerine göre ayrı ayrı emisyon değerlerinin gösterildiği ekrandır.

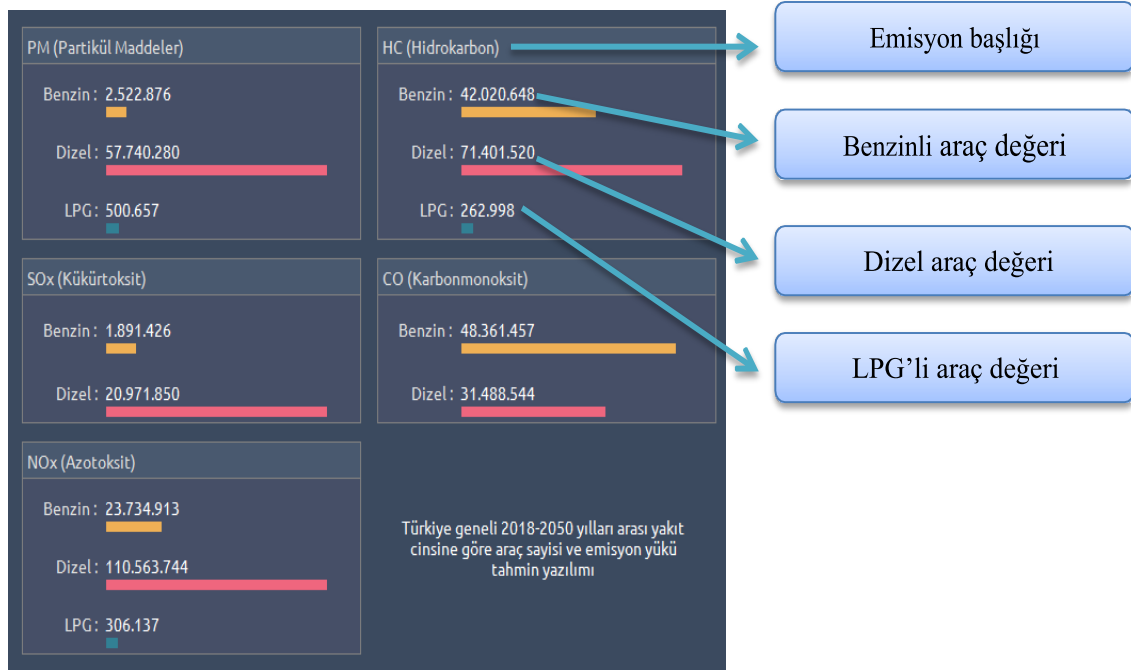
Program 3 ana bölümden oluşmaktadır



Şekil 4.7. Program ekranı yıl bölümü



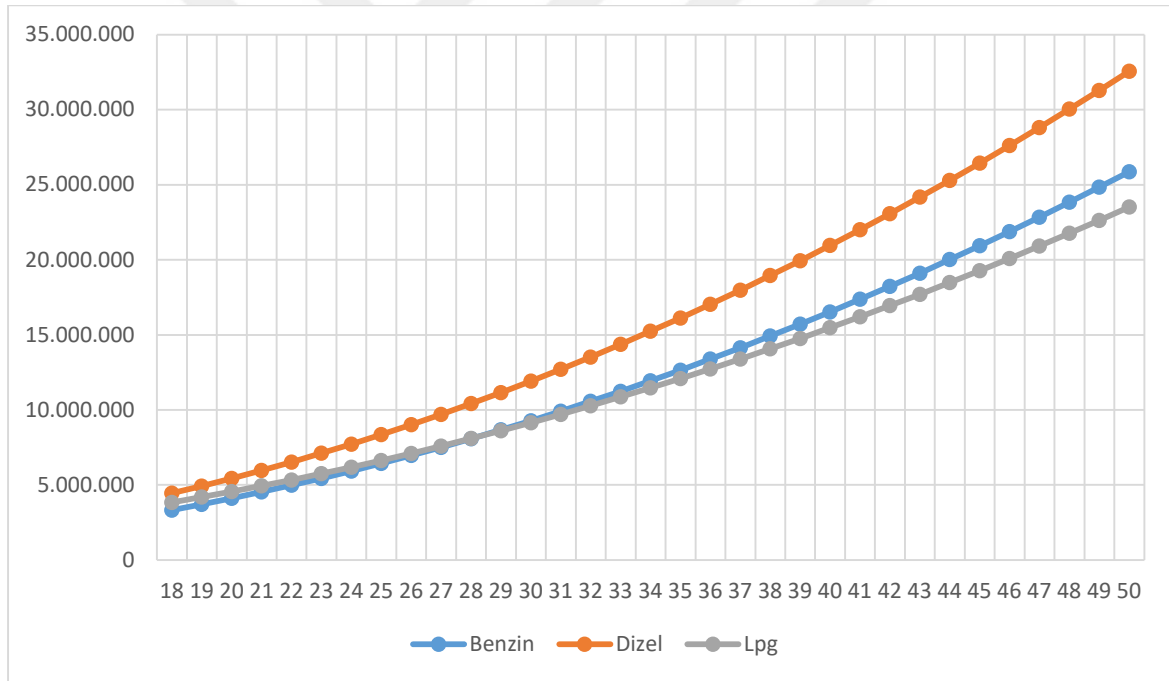
Şekil 4.8. Program ekranı otomobil sayıları bölümü



Şekil 4.9. Program çalıştırma emisyon değerleri bölümü

Programdan elde edilen Türkiye geneli 2050 yılına kadar yakıt cinsine göre otomobil sayısı tahmini (EK-1), Türkiye geneli benzinli otomobiller kirletici tahmini (EK-2), Türkiye geneli dizel otomobiller kirletici tahmini (EK-3) ve Türkiye geneli LPG'li otomobil kirletici tahmini (EK-4) de tablolar halinde detaylı olarak verilmiştir. Bunlarla birlikte sistemden elde edilen otomobil sayıları ve emisyonlar ile ilgili verilerin eğrileri aşağıda ayrı ayrı yer almaktadır.

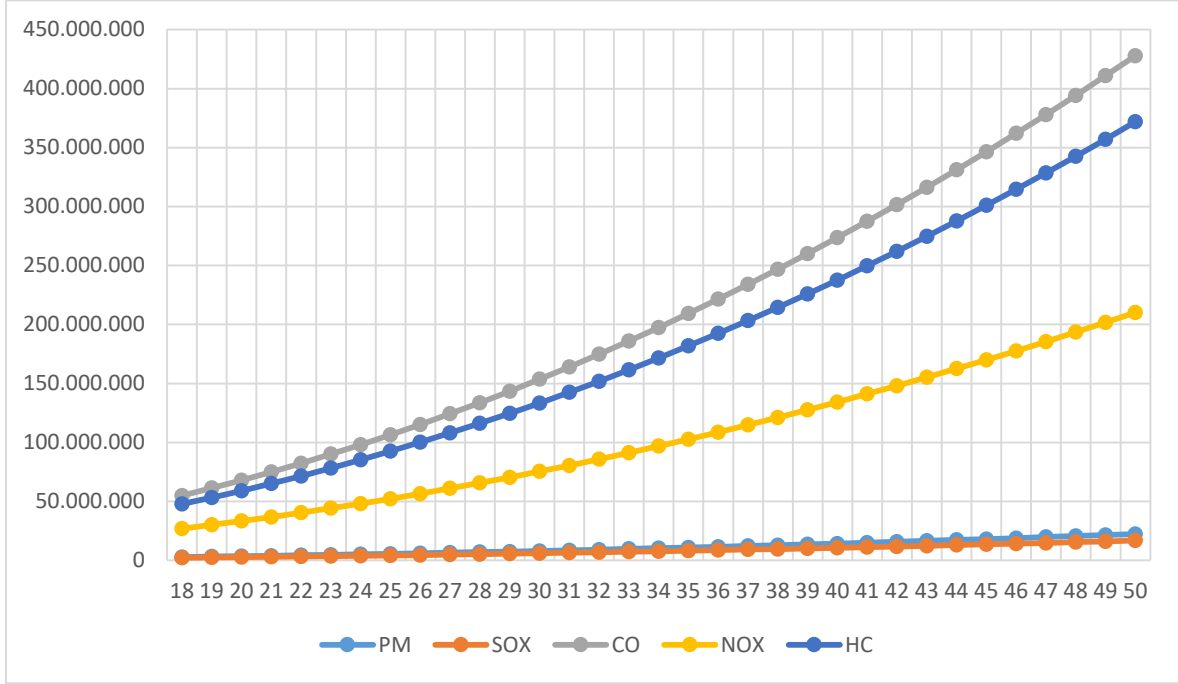
Şekil 4.10.'da Şekil 4.1'den elde edilen polinom denklemler ile hesaplanan 2050 yılına kadar tahmin edilen otomobil sayıları gösterilmektedir. Grafik verilerine göre dizel otomobillerin 218 ile 2050 arası artış miktarı 6,8 kat, benzinli otomobiller için 6,2 kat LPG li otomobiller için 5,3 kat olduğu görüldü. Dizel araçlara olan talebin yakıt maliyetlerinden kaynaklandığı tahmin edildi.



Şekil 4.10. Türkiye geneli 2050 yılına kadar yakıt cinsine göre otomobil sayısı tahmini (Adet)

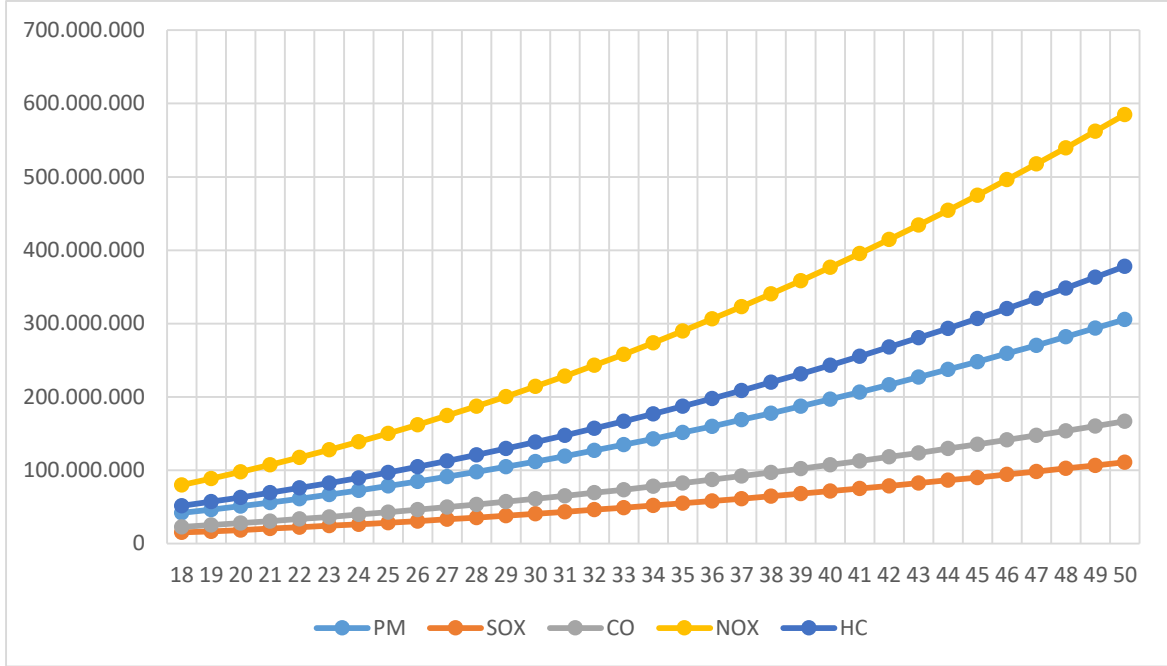
Şekil 4.11.'de Şekil 4.2'den elde edilen polinom denklemler ile hesaplanan 2050 yılına kadar benzinli araç kirletici tahmin değerleridir. Benzinli otomobillerdeki en önemli emisyon CO ve HC olduğu ve bu emisyonların CO için 10'ar yıllık periyot da sırası ile 54 986-133 68-246 786-427 908 kiloton/yıl kiloton/yıl şeklinde artış olduğu, HC için ise emisyon değerleri ise, 47 776, 116 160, 214 430, 371 383 kiloton/yıl olarak görülmektedir.

Periyodik olarak CO ve HC emisyon miktarlarındaki artış miktarı araç sayısı ile orantılı olduğu gözlenmektedir.



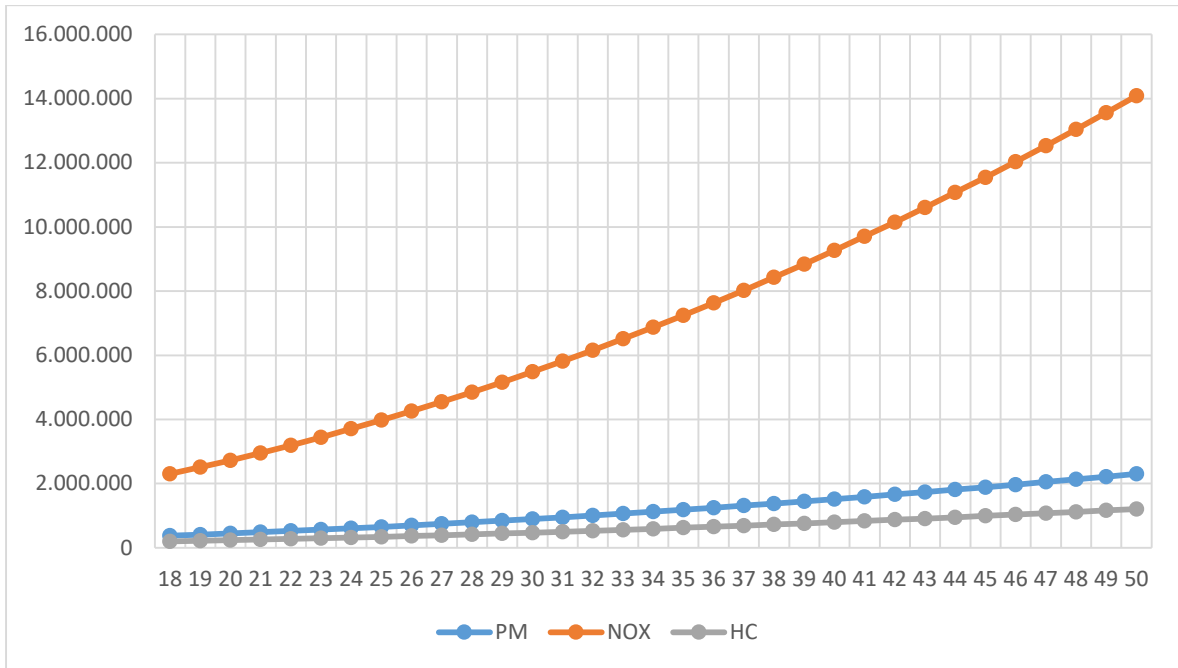
Şekil 4.11. Türkiye geneli benzinli otomobiller kirletici tahmini (2018-2050),(ton/yıl)

Şekil 4.12.'de Şekil 4.3'den elde edilen formüller kullanılarak 2018-2050 yılları arası dizel kirletici miktarları hesaplandı. . Dizel otomobillerdeki en önemli emisyon NO_x , SO_x ve PM olduğu ve bu emisyonların NO_x için 10'ar yıllık periyot da sırası ile 79 838, 187 252-340 542, 585 049 kiloton/yıl şeklinde artış olduğu, SO_x için ise emisyon değerleri, 15 143, 35 518 64 594 110 972 kiloton/yıl artış olduğu ve PM için ise emisyon değerleri, 41 694 97, 784- 17 843, 305 533 kiloton/yıl olduğu belirlendi. Periyodik olarak NO_x , SO_x ve PM emisyon miktarlarında da CO ve HC lere benzer oranlarda orantılı olarak artış olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.12. Türkiye geneli dizel otomobiller kirletici tahmini (2018-2050) (ton/yıl)

Şekil 4.13’de Şekil 4.4’den elde edilen formüller kullanılarak 2018-2050 yılları arası LPG kirletici miktarları hesaplandı. LPG li otomobiller için en kritik emisyon NO_x ’dir.2018-2050 yılları arasında ; 2 299, 4 949, 8 024, 14 083 kiloton/yıl on ar yıllık periyotlarda artış gösterdiği görülmektedir. 32 yıl içerisinde NO_x emisyon artışı yaklaşık 6 kat olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Türkiye geneli LPG’li otomobil kirletici tahmini (2018-2050) (ton/yıl)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye'deki taşıtlardan 2017–2050 yıllarındaki kaynaklanan kirletici miktarları Microsoft Office Excel programı ile literatürde yer alan ileriye dönük emisyon faktörleri kullanılarak tahmin edildi ve elde edilen veriler çeşitli tablolar haline getirilerek olası sonuçlar ve değerlendirmeler yapıldı.

Türkiye otomotiv sektörüne ilişkin bu inceleme, Türkiye'deki mevcut araç sayısına ve gelecek 30 yıla ait otomobil sayısına baktığımızda kalıcı önlemler alınması gerektiğini, binek otomobillere ilişkin zorunlu CO₂ standartlarına uymamız gerektiğini görmekteyiz. AB ülkelerinde zorunlu CO₂ standartları 2007 yılı için 159 g/km iken, bu gün için 119 g/km, 200 hedef ise 59 g/km'dir. AB'ni hedefi yılda CO₂ miktarını 2.5g/km azaltmaktır [29].

Türkiye'nin otomobil filosu AB ye göre emisyon kontrollü üretilmez ve emisyonlara vergilendirilmez ise CO₂ emisyon seviyemiz AB ye göre 2050 yılına kadar iki kat fazla olacaktır. 2018 yılı ile 2050 yılları arasında emisyon değerlerinin güncel EURO 6 standartlarına göre hesaplama yapılırsa dahi emisyon miktarı fosil yakıtlı otomobil sayısındaki artışa bağlı her on yıl ortalamayla %40-%80 oranında artış gösterdiği görülmektedir. 2018, 2028, 2038, 2050 yıllarına ait dizel otomobil sayıları sırasıyla 4 443 640, 10 422 020, 18 953 800, 32 562 424 adet olacağı hesaplandı. Yapılan tahminlere göre dizel bir otomobil için en önemli olan emisyon NO_x değerleri; 2018 yılı için 79 838 kiloton/yıl iken, 2028 yılında 17 252 kiloton/yıl, 2038 yılında 340 542 kiloton/yıl, 2050 yılında ise 585 049 kiloton/yıl olduğu görülüyor.2018, 2028, 2038, 2050 yıl periyotlarında benzinli otomobil sayıları 3 323 827, 8 081 268, 14 917 909, 25 866 422 adet olacağı tahmin edildi.

Aynı şekilde benzinli bir otomobil için en önemli emisyon HC ve CO emisyonlarının yıllara göre değişimi; HC emisyon değeri 47 776, 116 160, 214 430, 371 383 kiloton/yıl iken, CO emisyonu da sırasıyla 54 986, 133 688, 246 786, 427 908 kiloton/yıl olarak hesaplandı. Yıllara göre artan araç sayısına paralel olarak her bir yakıt cinsine göre (Benzin, Dizel, LPG) otomobiller için kirletici emisyonları 2018-2050 yılları için 6 -8 kat artış gösterdiği hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde LPG li otomobiller en düşük emisyon değeri ile tercih sebebi olması gerektiği anlaşılmıştır.

Elde edilen verilere göre emisyonlar için standartlara uyulmadığı ve yeni hedefler konulmadığı takdirde NO_x, CO ve HC seviyesi insan sağlığına ve çevreye büyük ölçüde zarar verecektir ve onarımı mümkün olmayan hasarlar meydana gelecektir.

Tahmin işleminde Zhang ve arkadaşlarının ileriye dönük olarak elde ettikleri emisyon faktörlerinin kullanılmasına rağmen kirletici miktarlarında azalma yada sabitlenme eğilimi görülmemiştir. Bunun sebebi her ne kadar yakıt tüketimlerinde ve çeşitli alternatif ulaşım dallarında geliştirmeler olsa bile artan gelir düzeyi ve sosyo-ekonomik yapıyla beraber özellikle otomobil sayılarındaki oldukça fazla artış fazlalığının gözlenmesidir. Artan taşıt sayısı ile beraber yıllık toplam tüketilen yakıt miktarlarının artması, kirletici miktarlarını da arttırmaktadır. Asit oluşumunu tetikleyen SO_x kirleticisinin önlenmesi için kükürt oranı daha düşük dizel yakıtları kullanılmalıdır. Kükürt oranı ısınmada kullanılan petrol kökenli yakıtlarda da sınırlandırılmalıdır.

Kirletici miktarlarının azaltılabilmesi için ülkemizde gerçekleştirilen emisyon pulu uygulaması gözden geçirilmeli sistemdeki aksaklıklar giderilmeli ve kullanım sürecini tamamlayan belirli bir yaşın üzerindeki taşıtların trafiğe çıkışları engellenmelidir.

Türkiye otomotiv sektörüne ilişkin bu inceleme, Türkiye'deki mevcut araç sayısını göz önüne alarak gelecek ile ilgili umut vadedecek politika önemlerine ilişkin bazı çıkarımlar sunduğundan, gelecekte yapılacak araştırmalar kapsamında daha ayrıntılı olarak değerlendirilmelidir. Türkiye dünya çapında binek otomobiller ve hafif ticari araçlara ilişkin zorunlu karbondioksit emisyon standartlarını henüz uygulamayan belli başlı otomotiv piyasalarından biridir.

Türkiye araç ihracatına önemli ölçüde bağımlıdır. Bu bağlamda, uzun vadede rekabet gücünü sürdürebilmesi için AB'nin mevcut yakıt tüketimi ve karbondioksit emisyonu azaltımı çözümlerinin ötesine geçmesinin Türkiye ekonomisi için daha faydalı olup olmayacağı ayrıca düşünülmelidir. Elektrikli araçlara ve alternatif yakıtlara yönelik teşvik ve çalışmalar yapılmalıdır.

Karayolu ulaşımının havayı kirletici maddelerin seviyelerini yükseltmek gibi olumsuz etkilerinden genellikle en çok kentsel alanlar etkilenmektedir. Söz konusu kentsel yönetimler düşük emisyon seviyeli araçları teşvik etmek üzere ulusal düzeyde uygulanan politika önlemlerine ek tamamlayıcı önlemler uygulayabilirler. Bu gibi önlemlere örnek olarak, alternatif yakıtlar ve elektrikli araçlar için gerekli altyapıların iyileştirilmesi ve

kentsel alanlara girişte yüksek seviyede emisyonlu araçlar için kısıtlamaların uygulanması gösterilebilir. Kentsel alanların Türkiye'nin yeni araç piyasası açısından arz ettikleri önemin ışığında, söz konusu tamamlayıcı önlemlerin de daha ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

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 azaltılması sağlanmalıdır. Dahası hibrit ve Wankel, gibi alternatif motorlar veya hidrojen, doğal gaz ve elektrikli taşıtlar gibi çevreci ve yenilenebilir enerjilerin kullanımı teşvik edilerek, hem fosil kökenli yakıtlara olan bağımlılık hem de bunların sebep olduğu kirlilik minimize edilmelidir.

Bu çalışma ile daha sonra yapılacak detaylı emisyon envanteri çalışmalarına bir başlangıç yapılması amaçlanmıştır. Daha sonra yapılacak çalışmalarda özellikle daha detaylı veri toplanması gereklidir. Eksikliklerin giderilerek tavsiye edilen veri toplama işlemlerinin yapılmasının ardından, Türkiye'nin ulaştırma sektöründen kaynaklanan emisyonların hesaplanması ve envanter oluşturulması aşamasında daha detaylı çalışmalar yapmak ve gerçekçi sonuçlar elde etmek mümkün olacaktır.



KAYNAKLAR

1. İnternet: Modern dizel otomobillerin gerçek hayattaki egzoz emisyonları, URL: <http://www.theicct.org/real-world-exhaust-emissions-modern-diesel-cars>.
2. İnternet: Türkiye ve Yıllara göre Emisyon Değişimi, URL: https://unfccc.int/files/ghg_emissions_data/application/pdf/tur_ghg_profile.pdf.
3. United Nations Climate Change Secretariat (UNFCCC – Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sekreteryası), Summary of GHG Emissions for Germany (*Almanya Sera Gazı Emisyonları Özeti*), 2013, erişim: 26 Ocak 2016.
4. İnternet: Emisyon Değerleri, URL: http://unfccc.int/files/ghg_emissions_data/application/pdf/deu_ghg_profile.pdf.
5. Peter Mock (ed.), European Vehicle Market Statistics Pocketbook (*Avrupa Taşıt Piyasası İstatistikleri Cep Kitabı*) 2016/16, The International Council on Clean Transportation (*ICCT-Uluslararası Temiz Ulaşım Konseyi*), 2015, erişim, 26 Ocak 2016, <http://eupocketbook.theicct.org>, with additional analyses prepared for this report based on the underlying vehicle database.
6. Alkaya, B., Yıldırım, M. A., (2000). Taşıt Kaynaklı Kirliticilerin Azaltılma Yöntemleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 9(34):15-20, 2000.
7. 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.
8. İnternet: Uluslararası Yakıt Fiyatları 2012/2013, URL: <https://www.giz.de/expertise/downloads/giz2014-en-international-fuel-prices-2013.pdf>.
9. 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.
10. İnternet: Taşıt ve Çevre, URL: <http://www.yildiz.edu.tr/~sandalcı/dersnotu>, 20.05.2014.
11. 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.
12. Soruşbay C., (2010). *Trafik Kaynaklı Hava Kirliliği ve Otomotiv Sektöründe Alınan Önlemler*. 4. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, Ankara, 25-27 Ekim 2010.
13. İnternet: Evap Nedir, URL: <https://otomobilteknoloji.blogspot.com/2018/10/karbon-kanister-evap-arizasi-kontrolleri-cozumu.html>

14. İnternet: Partikül Filtresi Nedir, URL: <https://www.otopratik.com.tr/dizel-partikul-filtresi-nedir>
15. Soruşbay, C. Ergeneman, M. and Pekin, M.A., (2007 19-23 February). *Control of Greenhouse Emissions Resulting from the Transport Sector in Turkey*, International Conference on Environment: Survival and Sustainability, ESS2007, Near East University, Nicosia, Northern Cyprus.
16. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Denge Tabloları,(2008). Ulaştırma Sektöründe Yakıt Tüketimi (2004 – 2017 dönemi).
17. İnternet: Trafik ve Tescilli Araç Sayıları, URL: www.trafik.gov.tr/Sayfalar/TrafikTescil.aspx
18. Erel, A. (1986), “*Alternatif Çözüm: İzli Araçların Hava Kirliliğini Önlemede Etkileri*”, İstanbul Karayolu Ulaşımında Hava Kirliliği Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
19. İnternet: Hava-Atmosfer ve İklim, URL: <http://www.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/hava.pdf>, (Ziyaret tarihi:20.04.2006).
20. İnternet: Katalitik Konvertör, URL: <https://otomobiltknoloji.blogspot.com> › 2016/05 ›
21. İnternet: Egr Valfi, URL: <https://www.sekizsilindir.com/2017/03/egr-valfi-nedir.html>
22. İnternet: Karter Havalandırma Sistemi, URL: <https://otomobiltknoloji.blogspot.com/2016/05/karter-havalandirma-sistemi-pcv-valfi.html>
23. 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
24. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Motorlu Kara Taşıtları İstatistikleri 2004, 2017, erişim: 10 Ocak 2017.
25. Soruşbay, C., "Karayolu Ulaşımından Kaynaklanan Sera gazlarının Kontrolü", II. Türkiye Enerji Forumu, Çırağan Sarayı, İstanbul,2002.
26. Zhang, Q., Xu, J., Gang, W., Tian, W., Jiang, H., (2008) Vehicle Emission Inventories Projection Based on Dynamic Emission Factors: A Case Study of Hangzhou China, *Atmospheric Environment* 42, 4989–5002
27. Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A., (1992) Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları, s116
28. Çelikten, İ., (1996). “Türkiye’de Katalitik Dönüştürücü İhtiyacının Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi

29. Çelikten, İ., Solmaz, H., .(2010,Haziran). *‘2030 Yılına kadar Türkiye’deki Taşıt Sayıları ve Taşıt Kaynaklı Kirletici Miktarlarının Tahmini ‘11. Uluslararası Yanma Sempozyumu Sayfa 3-8, 24 – 27 Saraybosna.*
30. Peter, M., CO2 emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles in the European Union, (ICCT: Washington, DC 2019), İnternet: CO2 emission standards, URL: <https://www.theicct.org/publications/ldv-co2-stds-eu-2030-update-jan2019>





EKLER

EK-1. Türkiye geneli 2050 yılına kadar yakıt cinsine göre otomobil sayısı tahmini (Adet)

Yıl	Benzin	Dizel	LPG
2018	3 323 827	4 443 640	3 839 199
2019	3 706 007	4 926 575	4 187 531
2020	4 108 979	5 435 044	4 553 053
2021	4 532 743	5 969 047	4 935 764
2022	4 977 299	6 528 584	5 335 663
2023	5 442 647	7 113 655	5 752 752
2024	5 928 787	7 724 260	6 187 030
2025	6 435 719	8 360 399	6 638 497
2026	6 963 443	9 022 072	7 107 152
2027	7 511 960	9 709 279	7 592 997
2028	8 081 268	10 422 020	8 096 031
2029	8 671 368	11 160 295	8 616 253
2030	9 282 260	11 924 104	9 153 665
2031	9 913 944	12 713 447	9 708 266
2032	10 566 420	13 528 324	10 280 055
2033	11 239 688	14 368 735	10 869 034
2034	11 933 748	15 234 680	11 475 202
2035	12 648 600	16 126 159	12 098 559
2036	13 384 244	17 043 172	12 739 104
2037	14 140 681	17 985 719	13 396 839
2038	14 917 909	18 953 800	14 071 763
2039	15 715 929	19 947 415	14 763 875
2040	16 534 741	20 966 564	15 473 177
2041	17 374 345	22 011 247	16 199 668
2042	18 234 741	23 081 464	16 943 347
2043	19 115 929	24 177 215	17 704 216
2044	20 017 909	25 298 500	18 482 274
2045	20 940 681	26 445 319	19 277 521
2046	21 884 245	27 617 672	20 089 956
2047	22 848 602	28 815 559	20 919 581
2048	23 833 750	30 038 980	21 766 395
2049	24 839 690	31 287 935	22 630 397
2050	25 866 422	32 562 424	23 511 589

EK-2. Türkiye geneli benzinli otomobiller kirletici tahmini (2018-2050)(ton/yıl)

Yıl	PM	SO _x	CO	NO _x	HC
2018	2 868 462	2 150 516	54 986 065	26 986 149	47 776 685
2019	3 198 284	2 397 786	61 308 470	30 089 069	53 270 141
2020	3 546 049	2 658 509	67 974 838	33 360 800	59 062 462
2021	3 911 757	2 932 685	74 985 167	36 801 340	65 153 648
2022	4 295 409	3 220 313	82 339 459	40 410 691	71 543 697
2023	4 697 005	3 521 393	90 037 712	44 188 852	78 232 611
2024	5 116 543	3 835 925	98 079 928	48 135 824	85 220 388
2025	5 554 026	4 163 910	106 466 106	52 251 606	92 507 030
2026	6 009 452	4 505 348	115 196 245	56 536 198	100 092 537
2027	6 482 821	4 860 238	124 270 347	60 989 600	107 976 907
2028	6 974 134	5 228 580	133 688 411	65 611 812	116 160 142
2029	7 483 390	5 610 375	143 450 437	70 402 835	124 642 240
2030	8 010 590	6 005 622	153 556 425	75 362 668	133 423 204
2031	8 555 734	6 414 322	164 006 375	80 491 311	142 503 031
2032	9 118 821	6 836 474	174 800 287	85 788 765	151 881 722
2033	9 699 851	7 272 078	185 938 162	91 255 028	161 559 278
2034	10 298 825	7 721 135	197 419 998	96 890 102	171 535 698
2035	10 915 742	8 183 644	209 245 796	102 693 986	181 810 982
2036	11 550 603	8 659 606	221 415 556	108 666 681	192 385 130
2037	12 203 407	9 149 020	233 929 279	114 808 186	203 258 143
2038	12 874 155	9 651 887	246 786 963	121 118 501	214 430 019
2039	13 562 847	10 168 206	259 988 610	127 597 626	225 900 760
2040	14 269 481	10 697 977	273 534 218	134 245 561	237 670 365
2041	14 994 060	11 241 201	287 423 789	141 062 307	249 738 835
2042	15 736 582	11 797 877	301 657 322	148 047 863	262 106 168
2043	16 497 047	12 368 006	316 234 816	155 202 229	274 772 366
2044	17 275 456	12 951 587	331 156 273	162 525 405	287 737 428
2045	18 071 808	13 548 621	346 421 692	170 017 392	301 001 354
2046	18 886 104	14 159 107	362 031 073	177 678 189	314 564 145
2047	19 718 343	14 783 045	377 984 416	185 507 796	328 425 799
2048	20 568 526	15 420 436	394 281 721	193 506 214	342 586 318
2049	21 436 652	16 071 279	410 922 988	201 673 441	357 045 701
2050	22 322 722	16 735 575	427 908 217	210 009 479	371 803 948

EK-3. Türkiye geneli dizel otomobiller kirletici tahmini (2018-2050)(ton/yıl)

Yıl	PM	SO _x	CO	NO _x	HC
2018	41 694 674	15 143 925	22 738 106	79 838 880	51 559 555
2019	46 226 053	16 789 768	25 209 284	88 515 773	57 163 050
2020	50 997 018	18 522 630	27 811 120	97 651 436	63 062 816
2021	56 007 568	20 342 512	30 543 613	107 245 867	69 258 852
2022	61 257 704	22 249 414	33 406 764	117 299 069	75 751 160
2023	66 747 425	24 243 336	36 400 573	127 811 039	82 539 739
2024	72 476 732	26 324 278	39 525 038	138 781 779	89 624 589
2025	78 445 624	28 492 240	42 780 162	150 211 289	97 005 710
2026	84 654 102	30 747 221	46 165 942	162 099 568	104 683 101
2027	91 102 165	33 089 223	49 682 381	174 446 616	112 656 764
2028	97 789 814	35 518 244	53 329 476	187 252 433	120 926 698
2029	104 717 048	38 034 285	57 107 230	200 517 020	129 492 903
2030	111 883 868	40 637 346	61 015 640	214 240 377	138 355 379
2031	119 290 273	43 327 427	65 054 708	228 422 502	147 514 126
2032	126 936 264	46 104 528	69 224 434	243 063 397	156 969 143
2033	134 821 841	48 968 649	73 524 817	258 163 062	166 720 432
2034	142 947 002	51 919 789	77 955 858	273 721 496	176 767 992
2035	151 311 750	54 957 950	82 517 556	289 738 699	187 111 823
2036	159 916 083	58 083 130	87 209 911	306 214 671	197 751 925
2037	168 760 001	61 295 330	92 032 924	323 149 413	208 688 298
2038	177 843 505	64 594 550	96 986 595	340 542 925	219 920 941
2039	187 166 595	67 980 790	102 070 923	358 395 205	231 449 856
2040	196 729 270	71 454 050	107 285 908	376 706 255	243 275 042
2041	206 531 531	75 014 330	112 631 551	395 476 075	255 396 499
2042	216 573 377	78 661 629	118 107 851	414 704 664	267 814 227
2043	226 854 808	82 395 949	123 714 809	434 392 022	280 528 226
2044	237 375 826	86 217 288	129 452 425	454 538 150	293 538 496
2045	248 136 428	90 125 647	135 320 697	475 143 046	306 845 036
2046	259 136 616	94 121 026	141 319 628	496 206 713	320 447 848
2047	270 376 390	98 203 425	147 449 215	517 729 149	334 346 931
2048	281 855 749	102 372 844	153 709 461	539 710 354	348 542 285
2049	293 574 694	106 629 282	160 100 363	562 150 328	363 033 910
2050	305 533 224	110 972 741	166 621 924	585 049 072	377 821 806

EK-4. Türkiye geneli LPG'li otomobil kirletici tahmini (2018-2050)(ton/yıl)

Yıl	PM	NO _x	HC
2018	376 241	2 299 680	197 642
2019	410 378	2 508 331	215 574
2020	446 199	2 727 279	234 391
2021	483 705	2 956 522	254 093
2022	522 895	3 196 062	274 680
2023	563 770	3 445 899	296 152
2024	606 329	3 706 031	318 508
2025	650 573	3 976 459	341 750
2026	696 501	4 257 184	365 876
2027	744 114	4 548 205	390 887
2028	793 411	4 849 522	416 784
2029	844 393	5 161 136	443 565
2030	897 059	5 483 045	471 231
2031	951 410	5 815 251	499 782
2032	1 007 445	6 157 753	529 217
2033	1 065 165	6 510 551	559 538
2034	1 124 570	6 873 646	590 743
2035	1 185 659	7 247 037	622 834
2036	1 248 432	7 630 723	655 809
2037	1 312 890	8 024 707	689 669
2038	1 379 033	8 428 986	724 414
2039	1 446 860	8 843 561	760 044
2040	1 516 371	9 268 433	796 559
2041	1 587 567	9 703 601	833 959
2042	1 660 448	10 149 065	872 244
2043	1 735 013	10 604 825	911 413
2044	1 811 263	11 070 882	951 467
2045	1 889 197	11 547 235	992 407
2046	1 968 816	12 033 884	1 034 231
2047	2 050 119	12 530 829	1 076 940
2048	2 133 107	13 038 070	1 120 534
2049	2 217 779	13 555 608	1 165 013
2050	2 304 136	14 083 442	1 210 377

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, adı : DAYI, Recep
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 01.09.1973, Trabzon
Medeni hali : Evli
Telefon : 0(532)158 70 84
Faks : 0(462)228 37 06
e-mail : rdayi.gazi@gmail.com

**Eğitim**

Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi/Makine Eğitimi	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi/Otomotiv Öğretmenliği	2011
Ön Lisans	KTÜ Trabzon Meslek Yüksek Okulu	1996
Lise	Trabzon Teknik Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
-----	-----	-------

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar**Hobiler**

Yüzme



GAZİ GELECEKTİR..