

**Diesel Motorlarında Doldurma Basıncının  
ve Egzoz Gazı Resirkülasyonunun Azot Oksit ve  
Partikül Madde Emisyonlarına Etkisi**

**Proje No: 109M729**

Prof.Dr. Cem SORUŞBAY  
Prof.Dr. Metin ERGENEMAN  
Dr. Alper Tolga ÇALIK  
Yük.Müh. Anıl DİLER  
Yük.Müh. M. Sedat ÇEVİRGEN  
Müh. Halil ÖZEN

Kasım 2012  
ANKARA

## ÖNSÖZ

*Karayolu taşıtları tarafından oluşturulan kirlenici maddelerin çevre kirliliği açısından önemi taşıt sayısındaki ve taşıtların yıllık kullanım miktarlarındaki artışa paralel olarak hızla artmaktadır. Bu projede, benzin motorlarına göre çeşitli üstünlükleri nedeniyle binek araçları filosu içerisindeki oranları giderek artan diesel motorlu araçlardan kaynaklanan iki önemli kirlenici maddenin, azot oksit ve partikül madde emisyonlarının kontrol edilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yüksek egzoz gazı resirkülasyon oranlarının uygulanması sonucu düşük sıcaklıkta yanma rejimi sağlanarak ve yüksek doldurma basıncı uygulanarak sıcaklık seviyeleri ve karışım oranları düzenlenmiş ve bu durumun emisyonlara etkisi değerlendirilmiştir.*

*Proje çalışması, CNR Istituto Motori'nin proje ortağı olarak değerli destekleri ile gerçekleştirilmiştir. Dr. Valentino ve ekibine deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesi ve çalışmaya katkıları nedeniyle teşekkür ederiz.*

*Vermiş oldukları destek ile çalışmanın gerçekleştirilmesini sağlayan TÜBİTAK ve CNR – İtalya kuruluşlarına da teşekkür ederiz. Bu çalışmanın tüm aşamalarında önemli katkıları bulunan İ.T.Ü. lisans üstü eğitim programı öğrencilerine destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi iletiriz.*

## İçindekiler

Tablolar	4
Şekiller	5
Özet	8
Abstract	9
1. Giriş	10
2. Sayısal Modelleme Çalışmaları ve Ağ Sisteminin Oluşturulması	11
3. Başlangıç Koşullarının Tanımlanması ve Modelin Doğrulanması	41
4. Hesaplamalar	44
5. Sonuçlar	50
6. Referanslar	51
Proje Özet Bilgi Formu	52
EK I : Soot Modelling	53

## ÖZET

Son yıllarda giderek artan çevre kirliliği ve iklim değişikliği sorunları nedeniyle içten yanmalı motorlarda boyut küçültme uygulamasına gidilmektedir. Küçük strot hacimli motorların geliştirilmesi, özellikle şehir içi araç kullanım koşullarında taşıtlardan kaynaklanan emisyonların azaltılmasını, yakıt tüketiminin düşürülmesini sağlamaktadır. Ancak gerektiğinde, motordan yüksek güç sağlanabilmesi için aşırı doldurma sistemlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, düşük yük bölgelerinde çalışma durumunda doldurma basınçlarının artırılmasının Diesel motorlarının oluşturduğu kirlenici emisyonlar arasında en önemli iki bileşen olan NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Genelde bazı işletme parametreleri ayarlanarak PM emisyonları kontrol edilirken, EGR vb ilave sistemler uygulanarak NO<sub>x</sub> emisyonlarının kontrolüne gidilmektedir. Ancak giderek aşağıya çekilen emisyon sınırları nedeniyle bu bileşenlerin azaltım gereksinimi de sürmektedir.

Bu çalışmada motor performansını olumsuz etkilemeden, motor doldurma basıncı ve egzoz gazı resirkülasyon oranlarının emisyon azaltımına yönelik olarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Önerilen çalışma kapsamında özellikle düşük ve orta yüklerde, yüksek doldurma basıncı ve EGR uygulaması ile özgül emisyonlarda azaltım sağlanması; böylece hem NO<sub>x</sub>, hem de PM emisyonlarının birlikte istenilen düzeye indirilmesi hedeflenmektedir.

Proje kapsamında emme, yanma ve genişleme zamanları boyunca motorda gerçekleşen olayları simüle etme yeteneğine sahip çok-boyutlu çevrim analiz modeli geliştirilmiştir. Öncelikle geliştirilen matematiksel model CNR Istituto Motori laboratuvarlarında yapılan deneylerin sonuçları ile doğrulanmış, sonraki aşamada da parametrik inceleme yapılarak, farklı doldurma basınçlarında her iki kirlenici bileşenin de değişimi irdelenmiştir. Ayrıca Diesel motorlarında uygulanan EGR sistemlerinin, gönderilen egzoz gazı oranına ve sıcaklığına bağlı olarak emisyonlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yaygın olarak kullanılan EGR sistemlerinin, yüksek doldurma basıncı uygulandığı durumlardaki etkilerinin bu çalışma kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında partikül madde emisyonlarının oluşumuna yönelik olarak, yanma olayını da içeren bir kimyasal kinetik mekanizma oluşturularak çeşitli reaksiyonların etkileri irdelenmiş ve model sınanmıştır.

Çalışma sonucunda oluşturulan modelin deney sonuçları ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Ayrıca EGR uygulaması NO<sub>x</sub> emisyonlarının azaltılmasında önemli katkı sağlamaktadır. PM emisyonları üzerindeki etkisi ise olumsuzdur. Ancak EGR oranının daha da artması ile PM emisyonundaki artışta azalma görülmüştür.

Doldurma basıncının artışı ise NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları açısından fayda sağlamıştır.

**Anahtar Kelimeler: Diesel motorları, Azot oksit emisyonları, Partikül madde emisyonları, Çok-boyutlu modelleme**

## **ABSTRACT**

In recent years, due to the growing problem of environmental pollution and climate change internal combustion engine stroke volume size of has been reduced. The use of down-sized engines provides benefit for reducing emissions and fuel consumption especially at the inner city driving conditions. However, when the engine demands additional power, utilising a turbocharging system is required. The objective of the project was devoted to increase the understanding of various engine operating conditions on emissions, especially at low load. The trade-off between NO<sub>x</sub> and PM emissions in a diesel engine has been examined depending on turbocharging rates and the rate of EGR applied. Experimental, and numerical investigations was carried out to study the optimum conditions for providing lowest emission rates in a diesel engine.

Within the context of this project, it is aimed to develop a multi-dimensional cycle analysis model which is capable of simulating the cases in engine combustion and expansion stroke. Initially the developed mathematical model was verified by the test results. For the next step, the change of two pollutant components with different boost pressures was analysed by parametric analysis. Moreover, the effect of EGR systems used in Diesel engines on emissions regarding the recirculated gas rate and the temperature is also analyzed.

EGR application reduces NO<sub>x</sub> emissions as expected while increasing PM. But further increase in EGR rate reduces the increase of PM emissions.

Increasing the boost pressure provides positive effect on PM emissions.

**Keywords: Diesel engines, nitrogen oxide emissions, particulate emissions, multi-dimensional engine modelling**

