http://isastech.org

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMOTIVE SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISASTECH 2025 KOCAELİ-TÜRKİYE

4. ULUSLARARASI OTOMOTİV BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ SEMPOZYUMU

4th International Symposium on Automotive Science and Technology ISASTECH-2025

18-20 Eylül/September 2025

Kocaeli Uluslararası Kongre Merkezi
Yenidoğan Mahallesi Salim Dervişoğlu Caddesi No:16
Sekapark İzmit/Kocaeli TÜRKİYE

Proceedings Book
Tam Metin Bildiri Kitabı



OMD Otomotiv Mühendisleri Derneği
Kocaeli Üniversitesi 1992
Gazi Üniversitesi 1926
Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Çalışınca Oluyor

4th International Symposium on Automotive Science and Technology

September 18–20, 2025

Kocaeli University, Department of Automotive Engineering - Kocaeli, Türkiye

www.isastech.org

Proceedings Book

Tam Metin Bildiri Kitabı

Editor / Chair of the Symposium

Prof. Dr. Ahmet Necati ÖZSEZEN

ISBN : 978-625-00-6598-3

Chair of the Symposium

Prof. Dr. Ahmet Necati ÖZSEZEN / *Kocaeli University*

Honorary Chairs of the Symposium

Prof. Dr. Nuh Zafer CANTÜRK / *Rector of Kocaeli University*

Assoc. Prof. Dr. Tahir BÜYÜKAKIN / *Mayor of Kocaeli Metropolitan Municipality*

Organizing Committee Members

Kerim Berke ERCAN / *Vice Chairman of the Board* / TAYSAD

Özak DURMUŞ / *Product Sustainability Leader* / Ford OTOSAN

Berke Turgay GEZER / *R&D Coordination Team Member* / Ford OTOSAN

Birkan ATLAMAZ / *R&D Director* / Anadolu Isuzu

Gamze ŞENER / *Corporate Communication Assistant Manager* / Hyundai Motor Türkiye

Prof. Dr. Engin ÖZDEMİR / *Director of Uzunçiftlik Nuh Çimento Vocational School*

Prof. Dr. Müslüm ARICI / Kocaeli University

Prof. Dr. Mehmet UÇAR / *Dean of Faculty of Technology* /Kocaeli University

Prof. Dr. Mustafa ÇANAKCI / Kocaeli University

Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU / Gazi University

Prof. Dr. Nadir YILMAZ / Howard University

Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN / Afyon Kocatepe University

Representatives of the Symposium Organization

Türkan EDEGE / R*&D and IPR Chief Engineer* / Ford OTOSAN

Prof. Dr. İbrahim KILIÇASLAN / *General Manager* / İşbir Elektrik

Murat ILGAR / Exitcom Recycling

Berç ULUK / *Funded R&D Projects and Collaboration Leader* / Ford OTOSAN

Yeliz ALBRECHTSEN / *Sustainable Material Application Engineer* / Ford OTOSAN

Mehmet Ali ELMA / *President of the Kocaeli Chamber of Mechanical Engineers*

Gökmen HASANÇEBİ / *President of the Kocaeli Chamber of Electrical Engineers*

Dr. Tolgahan KAYA / TÜBİTAK RUTE

Dr. Mersin HÜRPEKLİ / TÜBİTAK RUTE

Mehmet AKTAŞ / Kocaeli Vocational and Technical Anatolian High School

Science & Advisory Committee

Prof. Dr. Murat HOŞÖZ / Kocaeli University

Prof. Dr. Ali ÇINAR / Kocaeli University

Prof. Dr. Abdulkadir CENGİZ / Kocaeli University

Prof. Dr. Ali TÜRKCAN / Kocaeli University

Prof. Dr. Ertan ALPTEKİN / Kocaeli University

Prof. Dr. Arif ÖZKAN / Kocaeli University

Prof. Dr. Cenk SAYIN / Marmara University

Prof. Dr. Metin GÜMÜŞ / Marmara University

Prof. Dr. Mehmet İhsan KARAMANGİL / Bursa Uludağ University

Prof. Dr. Erdem ACAR / TOBB ETÜ University of Economics & Technology

Prof. Dr. Mehmet Ali GÜLER / American University of the Middle East

Prof. Dr. Halit YAŞAR / Sakarya University

Prof. Dr. Can HAŞİMOĞLU / Sakarya University of Applied Sciences

Prof. Dr. Murat CİNİVİZ / Selçuk University

Prof. Dr. Ali KESKİN / Çukurova University

Prof. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN / Afyon Kocatepe University

Prof. Dr. Fatih AKSOY / Afyon Kocatepe University

Prof. Dr. Ferruh ÖZTÜRK / Bursa Uludağ University

Prof. Dr. Hasan BAYINDIR / Dicle University

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER / Gazi University

Prof. Dr. Ramazan KÖSE / Kütahya Dumlupınar University

Prof. Dr. Murat ÇETİN / Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Hanbey HAZAR / Fırat University

Prof. Dr. Pak Kin WONG / University of Macau

Prof. Dr. Yasin VAROL / Fırat University

Prof. Dr. Kadir AYDUN / Çukurova University

Prof. Dr. İbrahim SEFA / Gazi University

Prof. Dr. Necmi ALTIN / Gazi University

Prof. Dr. Viorel NICOLAE / University of Pitesti

Prof. Dr. Hasan YAMIK / Bilecik Şeyh Edebali University

Prof. Dr. Seyfi POLAT / Hitit University

Prof. Dr. Serdar SALMAN / National Defence University

Prof. Dr. Alpaslan ATMANLI / National Defence University

Prof. Dr. Mahdi SHAHBAKHTI / University of Alberta

Prof. Dr. Ahmet UYUMAZ / Burdur Mehmet Akif Ersoy University

Prof. Dr. Özer CAN / Pamukkale University

Prof. Dr. Muji SETIYO / Universitas Muhammadiyah Magelang

Prof. Dr. Habib GÜRBÜZ / Süleyman Demirel University

Prof. Dr. Erkan ÖZTÜRK / Pamukkale University

Prof. Dr. Mehmet ÇELİK / Karabük University

Assoc. Prof. Dr. Murat ALTIN / Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Adnan SONDAŞ / Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Hakan KÖYLÜ / Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Emre YILMAZ / Sakarya University of Applied Sciences

Assoc. Prof. Dr. Ufuk DURMAZ / Sakarya University

Assoc. Prof. Dr. Fehmi AKGÜN / TUBITAK Energy Technologies

Assoc. Prof. Dr. Elena NEAGU / University of Pitesti

Assoc. Prof. Dr. Alper CALAM / Gazi University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Murat TOPAÇ / Dokuz Eylül University

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Akif KUNT / Kütahya Dumlupınar University

Assoc. Prof. Dr. Ahmet KILIÇ / Robert Bosch GmbH

Assoc. Prof. Dr. Andrei Alexandru BOROIU / University of Pitesti

Assoc. Prof. Dr. Cihan BAYINDIRLI / Niğde Ömer Halis Demir University

Assoc. Prof. Dr. Duygu İPCİ / Gazi University

Assoc. Prof. Dr. S. M. Safieddin ARDEBİLİ / Shahid Chamran University of Ahvaz

Assoc. Prof. Dr. Abdullah DEMİR / Marmara University

Assoc. Prof. Dr. Alp Tekin ERGENÇ / Yıldız Teknik University

Assoc. Prof. Dr. İlker Turgut YILMAZ / Marmara University

Assist. Prof. Dr. Dilek Özlem ESEN / Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Mustafa Deniz ALTINKURT / Kocaeli University

Assist. Prof. Dr. Serdar HALİS / Pamukkale University

Assist. Prof. Dr. Farzad JALILIANTABAR / University of Saskatchewan

Assist. Prof. Dr. Gang LI / Missisippi State University

Dr. Sinem KOCAOĞLAN MERT / Turkish Aerospace Industries Incv

Dr. Mesut ÖZER / Izmit Vocational and Technical Anatolian High School

Dr. Tamilselvan PACHIANNAN / Jiangsu University

Dr. Anilkumar SHERE / Indian Institute of Technology

Dr. Volkan Bekir YANGIN / Istanbul Technical University

Dr. Ali ŞANLI / Sakarya University of Applied Sciences

Res. Asst. Mustafa VARGÜN / Marmara University

Venkata Satya Suresh Kumar KONDETI / *Principal Engineer* / T-Mobile USA Inc.

Chirag AGRAWAL / *Global Head of Data Science* / Novelis

Symposium Secretariat

Prof. Dr. Ali TÜRKCAN / Kocaeli University

Prof. Dr. Ertan ALPTEKİN / Kocaeli University

Assoc. Prof. Dr. Murat ALTIN / Gazi University

Symposium Staff

Res. Assist. Ahmet Oğuz HOŞÖZ / Kocaeli University

Res. Assist. Elif KILINÇ YILDIRIM / Kocaeli University

Res. Assist. Ersin TURAL / Kocaeli University

Res. Assist. Furkan GEDİKÇE / Kocaeli University

Res. Assist. Harun YILDIRIM / Kocaeli University

Res. Assist. Ozan Can AKAR / Kocaeli University

Res. Assist. Uğur ÖZEL / Kocaeli University

Serkan YAĞIZ / Kocaeli University

Webpage Managers

Assoc. Prof. Dr. Adnan SONDAŞ / Kocaeli University

Lect. Yavuz Selim FATİHOĞLU / Kocaeli University

Graphic Designers

Esra GÜLEÇ / Graphic Designer

Sadık YALNIZ / Kocaeli University

Melihcan BAK / Kocaeli University

BİLDİRİ SUNUM PROGRAMI (19 EYLÜL 2025)

Time	ÇOBAN MUSTAFA PAŞA HALL (ALTERNATIVE FUELS I) (Chair: Prof. Dr. Mustafa ÇANAKCI) (Hall Assistant: Harun YILDIRIM)
8.45-9.00	Dizel-Biyodizel Karışımının (B20) Değişken Yük ve Devir Koşullarında Enjeksiyon ve Yanma Karakteristiklerinin Dizel ile Karşılaştırılması **(Ahmet Oğuz Hoşöz, Mustafa Deniz Altınkurt)**
9.00-9.15	Dizel Motorda Hibrit Nanopartikül Kullanımının Emisyonlara Etkisi **(Burak Yanbuloğlu, Tarkan Sandalcı)**
9.15-9.30	Nano Katkı Maddelerinin Dizel Motorların Titreşim, Gürültü, Performans ve Emisyon Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi: Güncel Araştırmalar **(Mustafa Deniz Altınkurt, Harun Yıldırım)**
9.30-9.45	B20 Dizel-Biyodizel Karışımının Değişken Yük ve Devir Koşullarında Performans Analizinin Dizel ile Karşılaştırılması **(Ahmet Oğuz Hoşöz, Mustafa Deniz Altınkurt)**
9.45-10.00	Experimental Investigation of Start of Injection, Air Excess Ratio and Start of Ignition Characteristics on Hydrogen Fuelled Heavy Duty Engine **(Cengizhan Cengiz, Hasan Işkın, Özlem Sıla Kıran, Ali Taşan, Veli Can Coşar)**
10.00-10.15	Etanol-Dizel Karışımıyla Çalışan Sıkıştırma ile Ateşlemeli bir Motorun Çalışma Parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu **(Uğur Özel, Elif Balta, Ahmet Necati Özsezen)**
10.15-10.30	Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO_2 Emisyonlarının Azaltılmasında Ulaşım Temelli Çevresel Vergilerin Rolü **(Durmuş Çağrı Yıldırım, Ömer Esen)**
10.30-10.45	**COFFEE BREAK**
Time	**ÇOBAN MUSTAFA PAŞA HALL** **(ALTERNATIVE FUELS II) (Chair: Dr. Mersin HÜRPEKLİ – TÜBİTAK RUTE)** **(Hall Assistant: Harun YILDIRIM)**
10.45-11.00	Experimental–Theoretical Assessment of Bioethanol and Iso-butanol Additives on Knock Tendency and Combustion Phasing in a Single-Cylinder SI Engine **(Elif Balta, Ahmet Necati Özsezen)**
11.00-11.15	Alkol-Benzin Karışımlarının Kullanıldığı Buji Ateşlemeli Bir Motorda Buji Çakma Zamanının Yanma Üzerine Etkisi **(Ahmet Necati Özsezen, Elif Balta)**
11.15-11.30	Bir Dizel Motorda Dizel-Fuzel Karışımları Kullanımının Motor Performans ve Yanma Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi **(Mustafa Vargün, İlker Turgut Yılmaz)**

İÇİNDEKİLER

ALTERNATIVE FUELS	Sayfa No
Dizel-Biyodizel Karışımının (B20) Değişken Yük ve Devir Koşullarında Enjeksiyon ve Yanma Karakteristiklerinin Dizel ile Karşılaştırılması **(Ahmet Oğuz Hoşöz, Mustafa Deniz Altınkurt)**	**1**
Dizel Motorda Hibrit Nanopartikül Kullanımının Emisyonlara Etkisi **(Burak Yanbuloğlu, Tarkan Sandalcı)**	**11**
Nano Katkı Maddelerinin Dizel Motorların Titreşim, Gürültü, Performans ve Emisyon Karakteristikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi: Güncel Araştırmalar **(Mustafa Deniz Altınkurt, Harun Yıldırım)**	**21**
B20 Dizel-Biyodizel Karışımının Değişken Yük ve Devir Koşullarında Performans Analizinin Dizel ile Karşılaştırılması **(Ahmet Oğuz Hoşöz, Mustafa Deniz Altınkurt)**	**29**
Experimental Investigation of Start of Injection, Air Excess Ratio and Start of Ignition Characteristics on Hydrogen Fuelled Heavy Duty Engine **(Cengizhan Cengiz, Hasan Işkın, Özlem Sıla Kıran, Ali Taşan, Veli Can Coşar)**	**40**
Etanol-Dizel Karışımıyla Çalışan Sıkıştırma ile Ateşlemeli bir Motorun Çalışma Parametrelerinin Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu **(Uğur Özel, Elif Balta, Ahmet Necati Özsezen)**	**49**
Ulaşım Sektöründen Kaynaklanan CO_2 Emisyonlarının Azaltılmasında Ulaşım Temelli Çevresel Vergilerin Rolü **(Durmuş Çağrı Yıldırım, Ömer Esen)**	**61**
Experimental–Theoretical Assessment of Bioethanol and Iso-butanol Additives on Knock Tendency and Combustion Phasing in a Single-Cylinder SI Engine **(Elif Balta, Ahmet Necati Özsezen)**	**67**
Alkol-Benzin Karışımlarının Kullanıldığı Buji Ateşlemeli Bir Motorda Buji Çakma Zamanının Yanma Üzerine Etkisi **(Ahmet Necati Özsezen, Elif Balta)**	**89**
Bir Dizel Motorda Dizel-Fuzel Karışımları Kullanımının Motor Performans ve Yanma Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi **(Mustafa Vargün, İlker Turgut Yılmaz)**	**98**
Biyodizel Kullanılan Bir Dizel Motorda Enjeksiyon Stratejilerinin Yanma ve Akustik Davranış Üzerine Etkilerinin İncelemesi **(Harun Yıldırım, Ahmet Necati Özsezen, Ali Çınar)**	**106**
Biyodizel Yakıtının CRDI Motorda Farklı Enjeksiyon Basınçlarında Yanma ve Emisyon Karakteristikleri **(Harun Yıldırım, Ahmet Necati Özsezen, Ali Çınar, Tolgahan Kaya)**	**115**
Effect of Injection Timing on Performance of Port Injection Hydrogen Engine **(Hilmi Ersin Oktar, Muammer Özkan)**	**124**
An Experimental Study on the Performance Impact of n-Butanol as a Fuel Additive in a Spark-Ignition Engine **(Samet Çelebi, Emrah Arda, Ömer Cihan, Üsame Demir)**	**133**
Fischer-Tropsch Sentezi ile Linyitten Üretilen Dizel Yakıtın Egzoz Emisyonlarına Etkisi **(Mersin Hürpekli)**	**144**

Alkol-Benzin Karışımlarının Kullanıldığı Buji Ateşlemeli bir Motorda Buji Çakma Zamanının Yanma Üzerine Etkisi

Ahmet Necati Özsezen[1,2,*], Elif Balta[3]

[1] *Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli, 41001, Türkiye*
[2] *AYARGEM, Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli, 41001, Türkiye*
[3] *İstanbul Nişantaşı Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi Programı, 34375, Şişli-İstanbul, Türkiye*

Özet

Günümüzde, gelişmiş ülkeler tarafından içten yanmalı motorlarda düşük karbonlu ve bitkisel kökenli yakıtların benzine ilave edilmesine yönelik teşvikler bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, buji ateşlemeli (SI) direkt enjeksiyonlu bir motorda kritik bir karışım oranı olan hacimce %30 alkol içeren benzin karışımları kullanarak, ateşleme zamanlaması ±5oCA değiştirilerek ilk alev çekirdeği değişiminin yanma parametreleri üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Testler sonucunda, ateşleme zamanlamasının geciktirilmesi ile silindir hacminin genişlediği bölgede yanmanın gerçekleşmesinden dolayı silindir gaz basıncında düşüşe ve motor gücünde kayba neden olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, ateşleme zamanlamasının silindir gaz basıncının büyüklüğü ve konumu üzerinde doğrudan bir etkisi olduğu göstermektedir. Ateşleme zamanlamasının ilerletilmesi ile tüm yakıtlar için silindir gaz basıncı artar iken pik silindir gaz basıncı üst ölü noktaya yakınlaşmaktadır. Benzine alkol ilavesinin egzoz emisyonlarında üzerinde önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, ateşleme zamanlaması değişiminin tam yük şartlarında egzoz emisyonlar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alkol Yakıtlar, SI motor, Ateşleme Zamanlaması, Yanma, Emisyon.

The Effect of Ignition Timing on Combustion in a SI Engine Using Alcohol-Gasoline Mixtures

Abstract

Today, developed countries are promoting the use of low-carbon, plant-based fuels in internal combustion engines. This study aimed to investigate the effect of ignition timing changes (±5°C) on combustion parameters using a gasoline mixture having 30% alcohol by volume — a critical mixture ratio — in a spark-ignition (SI) direct-injection engine. The test results showed that delaying the ignition timing led to a decrease in cylinder gas pressure and a loss of engine power, as combustion occurred in the region where the cylinder volume expanded. These results prove that ignition timing directly affects the size and location of cylinder gas pressure. Advancing the ignition timing increases cylinder gas pressure for all fuels, with the peak cylinder gas pressure approaching top dead center. It has been seen that the addition of alcohol to gasoline has a significant effect on exhaust emissions. However, it has been determined that changes in ignition timing do not have a significant effect on exhaust emissions under full load conditions.

Keywords: Alcohol Fuels, SI Engine, Ignition Timing, Combustion, Emissions.

1. Giriş (Introduction)

Etanol ve bütanol, faz ayrışması olmadan benzinle kolayca karıştırılabilir, ancak benzin içine hacimce %30'dan fazla oranlarda alkol türevleri eklemesi ilk çalıştırma zorluklarına ve vuruntunun eğilimini artmasına sebep olabilir. Ayrıca, benzine yüksek düzeyde alkol eklenmesi, karışımın yağlama özelliğini azaltabilir ve yakıt pompası aşınma sorunlarına neden olabilir [1].

Etanol ve bütanolün buharlaşma entalpisi benzininkinden daha yüksek olduğundan, alkol-benzin karışımları silindirde buharlaşma sırasında çok daha fazla enerji soğurur ve benzinde bu alkollerin oranı hacimce %30'u aştığında soğuk çalıştırma sorunlarına neden olur. Bununla birlikte, izo-bütanol ve etanol alkollerin araştırma oktan sayıları (RON) sırasıyla 105 ve 109'dur ve bunların SI motorlarda vuruntu kontrolü için oktan arttırıcı olarak

kullanılması her zaman tercih konusu olmuştur [2]. Alkol yakıtlar hidroksil grubu -OH içerdiğinden, oksijen içeriğinin CO oluşumunu ve yanmamış hidrokarbonların salınımını bastırabileceği düşünülmüştür [3]. İzo-bütanolün en belirgin özellikleri, etanolden daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip olması ve hidrofobikliği nedeniyle su kirliliğini azaltma potansiyelidir. Bütanol, etanolden daha az aşındırıcıdır ve su kirliliğine daha az eğilimlidir [4]. Kumar ve Ashok [5], metal numunelerin aşındırıcılığının benzindeki etanol içeriğinin artmasıyla arttığını göstermiştir.

Alkol/benzin karışımlarının emisyon oluşumu üzerindeki etkisiyle ilgili olarak, benzine alkol ilavesinin yakıt karışımındaki oksijen miktarını artırarak yanmayı iyileştirdiği ve yakıt karışımındaki aromatik içeriği azaltarak partikül sayısında azalmaya neden olduğu ifade edilmiştir [6-8]. Ancak, alkol/benzin karışımlarının kullanımı egzozdaki partikül madde (PM) içeriğindeki uçucu organik bileşiklerin (VOC) miktarını artırabilir. Gao ve arkadaşları [9], benzindeki etanol içeriğinin artmasıyla PM içeriğindeki VOC kütlesinde bir artış olduğunu ve etanol ilavesinin yanma sırasında kurum öncüllerinin miktarını azalttığını ve PM içeriğindeki elementel karbon içeriğini düşürdüğünü bildirmiştir. Alkol yakıtlarının oksidasyonu, yüksek sıcaklıklarda O, H ve OH gibi reaktif gruplar üretebilir [10]. Bu gruplar, zincir reaksiyonlarını hızlandırmak ve CO, HC ve PM gibi kirletici emisyonlarını azaltmak için her zaman gündemde olmuştur.

Bazı araştırmacılar [11, 12], üçlü alkol/benzin karışımlarının, yüksek gizli buharlaşma ısısı ve düşük net kalorifik değeri nedeniyle yerel olarak zengin bir yakıt/hava karışım bölgesine yol açtığını ve bunun da egzozdaki partikül miktarının artmasına neden olduğunu bildirmiştir. Turner ve ark. [13], E85 yakıtının en düşük partikül sayısına sahip olduğunu, ancak benzin-etanol-metanol-benzin karışımlarının dört farklı çalışma noktasında baz yakıta kıyasla daha yüksek partikül emisyonlarına sahip olduğunu göstermiştir. Takahashi ve ark. [14], gecikmeli ateşleme zamanlamasının daha yüksek egzoz sıcaklığı ve daha düşük HC oluşumu ile sonuçlandığını raporlamıştır. Ancak, oksijenli yakıtlardan NO_x emisyonlarının oluşumunu inceleyen birçok çalışmada [15,16] tutarsızlıklar bulunmaktadır.

SI motorlarda benzinle karıştırılmış düşük karbonlu alkol yakıtlarının kullanımı birçok çalışmanın konusu olmuştur ve bu çalışmaların sonucunda %30 alkol içeriği kritik karışım oranı olarak ifade edilmiştir. Bu çalışma, benzin istasyonlarında satılabilecek en yüksek alkol içeriğine sahip alkol/benzin karışımlarının yanma ve vuruntu özelliklerine genel bir bakış sunmaktadır. Bu çalışmanın yenilikçi yanı, kritik bir yüzde olan hacimce %30 alkol içeriğine sahip benzinin performans ve yanma özellikleri üzerinde ateşleme zamanlamasının etkisini göstermesidir. Düşük karbonlu alkol türleri olarak etanol ve *izo*-bütanol seçilmiştir. Bu çalışmada, alkol/benzin karışımları kullanılan SI motorunda tam yük koşullarında ateşleme zamanlamasının motor performansı, yanma ve emisyon özellikleri üzerindeki etkisi yorumlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot (*Materials and Methods*)

Bu çalışmada, Merck marka %96 ve üzeri saflıkta bitkisel bazlı mutlak etanol ve Merck marka %99 ve üzeri saflıkta *izo*-bütanol alkol yakıt olarak kullanılmıştır. Etanol ve *izo*-bütanol, hacimce %30 oranında petrol bazlı benzinle karıştırılmıştır (E30 ve ISB30 olarak adlandırılır). Bu çalışmada kullanılan yakıtların bazı özellikleri Kocaeli Üniversitesi Alternatif Yakıtlar Ar-Ge Merkezi'nde belirlenmiştir. Yakıt özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Test yakıtlarının özellikleri

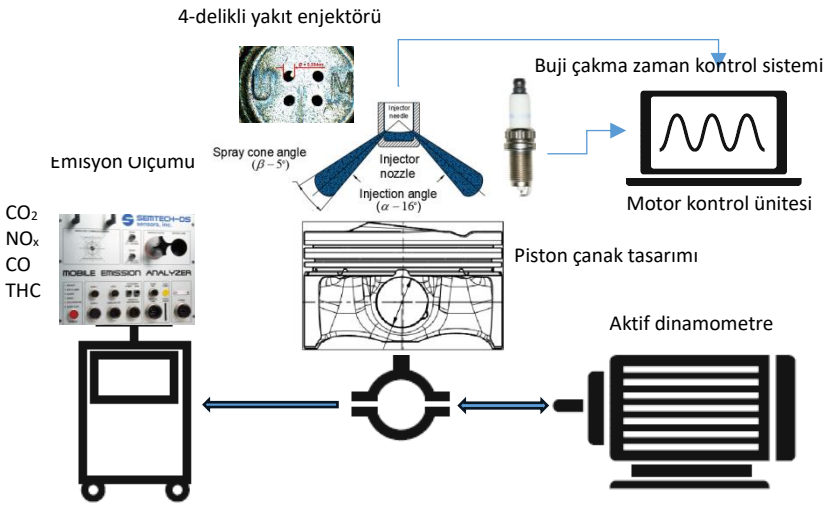
	Gasoline	**Ethanol**	***Iso*-Butanol**	**E30**	**ISB30**
	Neat	Neat	Neat	30% ethanol + 70% gasoline (v/v)	30% *iso*-butanol + 70% gasoline (v/v)
Chemical formula	C_7H_{15}	C_2H_5OH	$(CH_3)_2CHCH_2OH$	$C_{4.52}H_{10.03}O_{0.5}$	$C_{5.84}H_{13.07}O_{0.39}$
Molecular weight (g/mole)	99.20	46.07	74.12	72.32	89.51
C fraction (mass %)	84.76	52.14	64.82	75.03	78.38
H fraction (mass %)	15.24	13.13	13.60	13.99	14.72
O fraction (mass %)	-	34.73	21.58	10.98	6.90
Density (kg/m^3, 20°C)	738.3	789	810	753.5	759.8
Kinematic viscosity (mm^2/s, 40°C)	0.5463	1.13	2.27	0.6088	0.7024
Alt Isıl Değer (LHV) (MJ/kg)	42.7	26.84	33.2	34.244	37.538
Stokiyometrik Hava-Yakıt Oranı	14.94	8.97	11.1	13	14.25
Araştırma oktan sayısı (RON)	95	109	105	103	100
Buharlaşma ısısı (kJ/kg)	390	918.6	685.4	-	-
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (°C)	280	365	415	-	-

Motor testleri, sabit 4000 rpm motor devri ve tam yük koşullarında, common rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip tek silindirli, dört zamanlı kıvılcım ateşlemeli (SI) bir motorda gerçekleştirilmiştir. Test motorunun özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Test motorunun özellikleri

Silindir sayısı	Tek silindirli
Silindir çapı	82 mm
Strok	86 mm
Silindir hacmi	454 cm^3
Yanma odası hacmi	43.2 cm^3
Sıkıştırma oranı	11.5:1
Dönüş	Saat yönünde
Supap sayısı	4 - 2 emme, 2 egzoz
Kam mili tipi	DOHC
Yakıt sistemi	Direkt enjeksiyon
Ateşleme sistemi	Ateşleme bobini + kablosu
Rölanti devri	700 dev/dak
Maksimum hız	6400 dev/dak

Motor test sistemi, aktif bir dinamometre, buji zamanlama sürücüsü ve ortak ray enjeksiyon sistem bileşenlerinden oluşmaktadır. Elektronik kontrol ünitesine bağlı olan sürücü, buji zamanlamasını anında değiştirebilmektedir. Motor testleri, EN ISO 8178 standardında belirtilen motor test ortamı ve ölçüm yöntemlerine göre gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de test düzeneğinin şematik diyagramını göstermektedir.



Şekil 1 Test düzeneğinin şematik görünümü

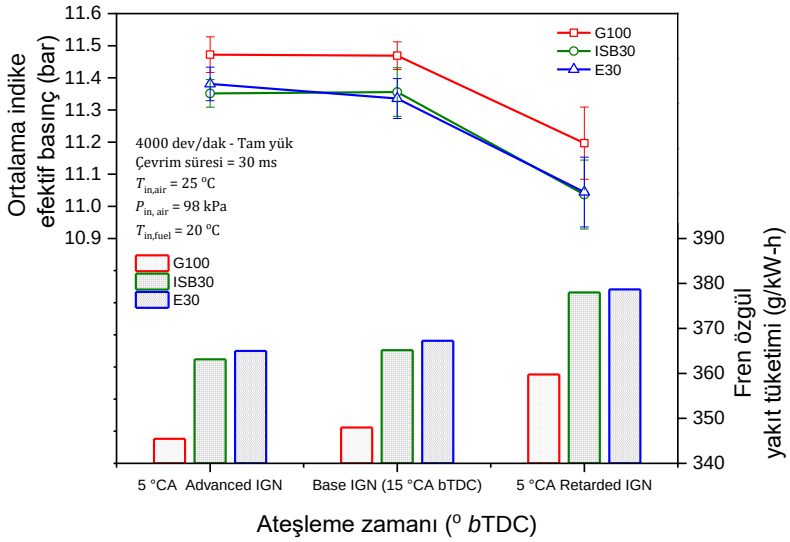
Motor testlerinde, ortalama emme havası sıcaklığı 25 °C, ortalama yağ sıcaklığı 80 °C ve ortalama soğutma suyu sıcaklığı 75 °C olarak sabit tutulmuştur. Test matrisindeki her bir test verisini doğrulamak için testler üç kez tekrarlanmıştır. Yanma analizi için AVL model GH14D basınç sensörü kullanıldı. Testlerde kullanılan cihazlar ve ölçümlerin doğruluğu Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3. Test ekipmanları ve doğrulukları

Ölçüm	**Cihaz**	**Doğruluk**
Tork	Tork Flanşı	± 0.05 Nm (± 0.1% of range)
Motor devri	Aktif Dinamometre	2.2 rpm (maks) (0.1% of range)
Test hücresi nem ölçümü	Vaisala – HMT 330	± 1% RH
Test hücresi sıcaklığı	Vaisala – HMT 330	± 0,2°C
Silindir içi basınç sensörü	AVL GH14D	2.2 bar (maks) (2% of range)
Krank açısı	AVL Angle Encoder	±0.05 CA
Emme havası sıcaklık ve basınç ölçümü	AVL 515X	±1 K and ± 10 mbar
Motor soğutma suyu ve yağ koşullandırma	AVL-577	± 1K
Yakıt tüketimi	AVL-735	<0.15%
Sıcaklık sensörleri	K Type	≤ ±1%

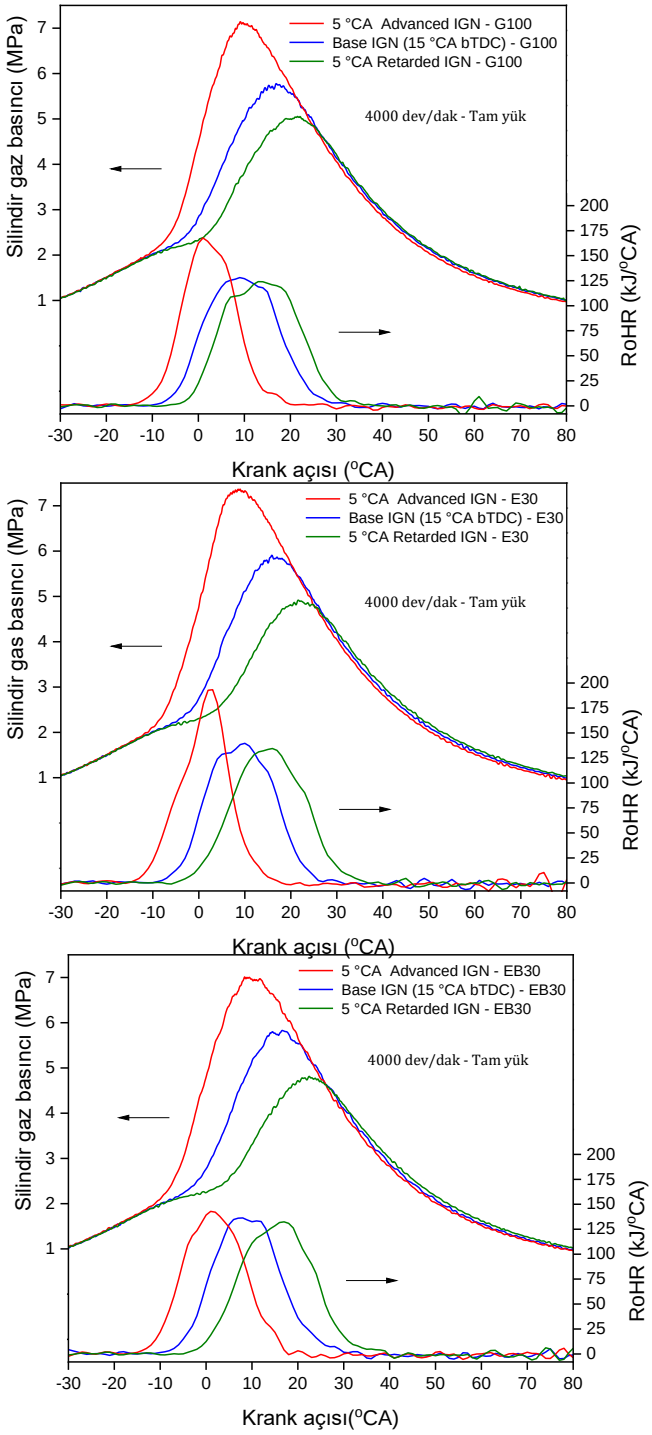
3. Bulgular ve Tartışma (*Findings and Discussion*)

Bu çalışmada, ortalama indike efektif basınç (*imep*) ve fren özgül yakıt tüketimi (*bsfc*) motor performans göstergeleri olarak seçilmiştir. Şekil 3'te tam yük koşullarında her bir test yakıtı için ateşleme zamanlamasının *imep* ve *bsfc* üzerindeki etkisini göstermektedir. Motor testleri tam yük koşullarında gerçekleştirildiğinden, *imep* sonuçları arasındaki küçük farklar, yakıtların ısıl (kalorifik) değeri, gizli buharlaşma ısısı ve silindirdeki termodinamik koşullar arasındaki farklardan kaynaklanmaktadır. Tablo 1'de gösterildiği gibi, etanol ve *izo*-bütanolün kalorifik değeri, saf benzinin kalorifik değerinden sırasıyla %59 ve %29 daha düşük olduğundan, alkol-benzin karışımlarının yakıt tüketimi, saf benzine göre *bsfc* değerleri daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 2. Ateşleme zamanlamasının *imep* ve *bsfc* üzerindeki etkisi

Ateşleme zamanlamasının silindir gaz basıncı üzerindeki etkisi Şekil 3'te gösterilmektedir. Ateşleme zamanlaması ilerletildiğinde silindir gaz basıncı artarken, ateşleme zamanlaması geciktirildiğinde silindir gaz basıncı önemli ölçüde azalmıştır. Ateşleme zamanlaması, silindir gaz basıncının tepe noktasının konumuna neredeyse doğrusal bir etki yaptığı görülmektedir. Ateşleme zamanlaması ilerletildiğinde, silindir gaz basıncının tepe noktası üst ölü noktaya yaklaşırken, ateşleme zamanlaması geciktirildiğinde üst ölü noktadan uzaklaşmaktadır. Testlerde, erken ateşleme zamanlaması ile maksimum silindir gaz basınç değeri E30 kullanılarak elde edilirken, geç ateşleme zamanlaması ile maksimum silindir gaz basınç değeri ISB30 kullanılarak elde edilmiştir. Tüm yakıtların silindir gaz basınç tepe değerlerinin krank açısı cinsinden neredeyse aynı konumda olduğu gözlemlenmiştir.

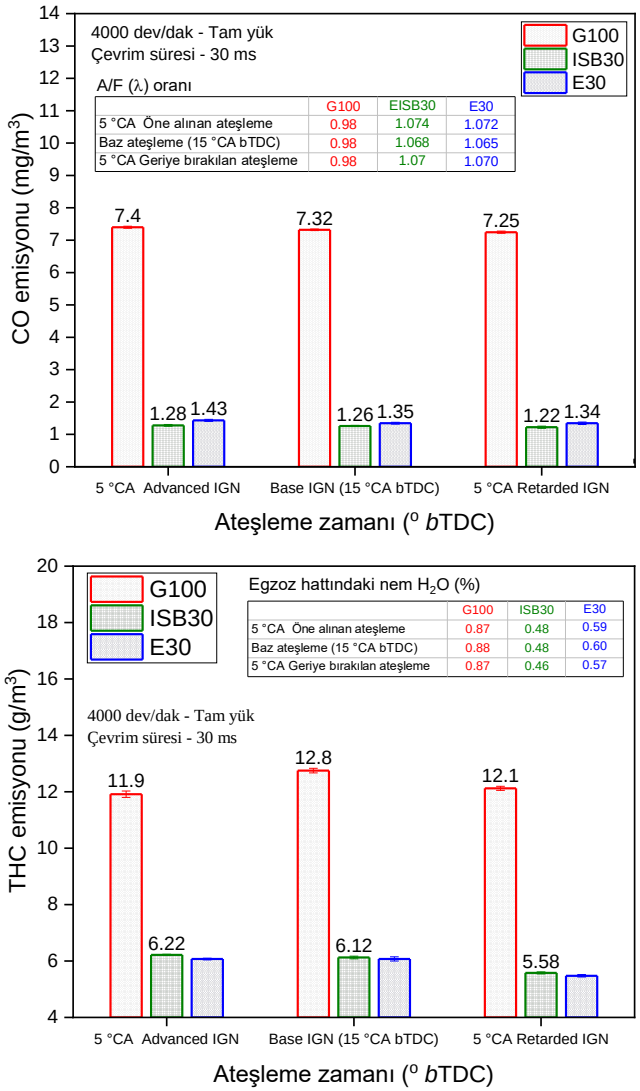


Şekil 3. Ateşleme zamanlamasının silindir gaz basıncı üzerindeki etkisi

Şekilde görüldüğü üzere ateşleme zamanlaması ve yakıt türünün değişimi ısı salınım oranı (RoHR) üzerinde, silindir gaz basıncında olduğu gibi önemli bir değişiklik meydana getirmiştir. Tüm yakıtlar, temel ateşleme zamanlaması koşulları altında ısı yayılım oranında benzer eğilimler göstermiştir.

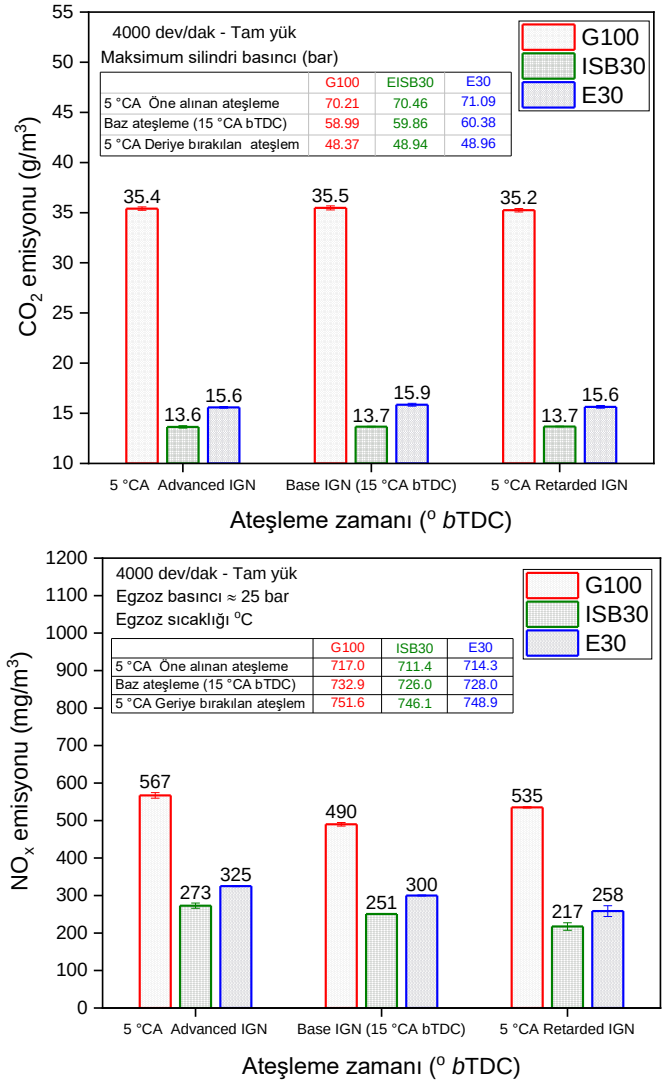
Şekil 4 tam yük test koşulları altında ateşleme zamanlamasının CO ve THC emisyon değerleri üzerindeki etkisini göstermektedir. Bu çalışmada tam yük testleri, neredeyse stokiyometrik koşullar altında gerçekleşmiştir. Alkol/benzin karışımlarının kullanımıyla CO ve THC emisyonlarındaki azalma açıkça görülmektedir. Alkol/benzin karışımları ile CO ve THC emisyonlarının azalması, silindir içerisinde hidrokarbon oksidasyon oranının arttığının kanıtıdır. Bu nedenle, testlerde kısmi oksidasyon ürünü olan CO emisyonu en yüksek saf benzin kullanımı ile gerçekleşirken, en düşük CO emisyonu alkol/benzin karışımları ile ölçülmüştür. Benzine

etanol ve *izo*-bütanol ilavesinin silindirdeki hidrokarbonların oksidasyonunu artır iken, ateşleme zamanlamasının THC ve CO oluşumu üzerinde önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4. Ateşleme zamanlamasının CO ve THC emisyonları üzerindeki etkisi

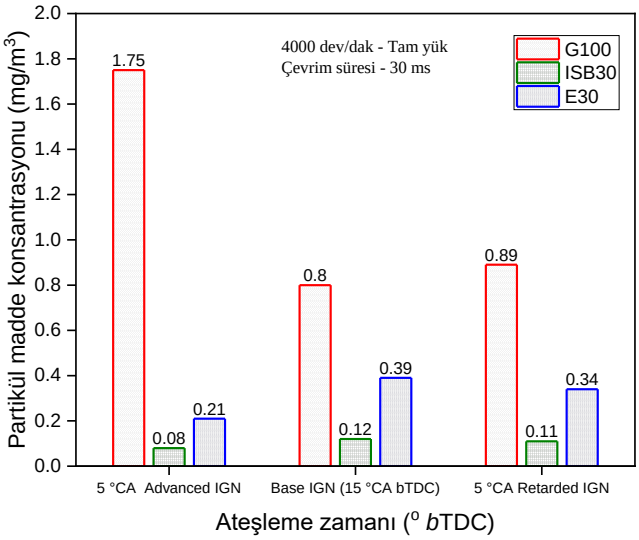
Şekil 5'te ateşleme zamanlamasının CO_2 ve NO_x emisyonları üzerindeki etkisini gösterilmektedir. Ateşleme zamanlamasının CO_2 emisyonları üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Kimyasal yapısı nedeniyle saf benzin, alkol/benzin karışımlarından daha fazla karbon içerdiğinden, tüm ateşleme zamanlamalarında saf benzin kullanıldığında en yüksek CO_2 emisyonları gözlemlenmiştir. En düşük CO_2 emisyonu, ISB30 karışımı kullanıldığında gözlemlenmiştir. Vikneswaran ve ark. [17] yüksek alkol karışımlarının alev yayılmasını artırdığını bildirmiştir. CO 'nun CO_2'ye oksidasyonu yavaş bir süreçtir, ancak reaksiyon, yanma ürünlerindeki CO seviyesini sürekli olarak stabilize edecek kadar hızlı olmalıdır. Karışımların yanma süreçlerindeki reaksiyon hızlarındaki farklılıkların, emisyon seviyelerindeki farklılıkları oluşturmada etkili olduğu düşünülmüştür.



Şekil 5. Ateşleme zamanlamasının CO_2 ve NO_x emisyonları üzerindeki etkisi

Şekilde görüldüğü üzere, silindirde karbon oksidasyonu, yani CO_2 oluşumu ile NO_x emisyon oluşumu benzer yapıda olduğu gözlemlenmiştir. CO_2 emisyonunda olduğu gibi, en yüksek NO_x oluşumu saf benzin kullanıldığında elde edilmiştir. Ateşleme üst ölü noktaya yaklaştıkça, alkol içeren yakıt karışımlarının NOx emisyon oluşumu hafifçe artmıştır. Bilindiği gibi, termal azot monoksit oluşumu, silindirdeki yüksek sıcaklıklarda havadaki nitrojenin oksijenle birleşmesi sonucu meydana gelir. Nitrojen oluşumunu etkileyen temel parametreler ortam sıcaklığı, yanma süresi ve hava fazlalık katsayıdır.

Şekil 6 ateşleme zamanlamasının PM konsantrasyonu üzerindeki etkisini göstermektedir. Saf benzinin tüm tam çalışma koşullarında en yüksek PM konsantrasyonu ürettiği açıkça görülmektedir. Alkol/benzin karışımları arasında, en yüksek PM oluşumu E30 kullanımında ölçülmüştür. Etanolün *izo*-bütanola kıyasla daha yüksek buharlaşma entalpisi ve daha düşük enerji yoğunluğu, sprey parçalanma ve dağılım derecesini azaltabilir [18]. Bu nedenle, E30 ile yakıt zengin bölgesinde daha homojen bir karışım elde edilmesinin, daha yüksek PM sayısı ölçümlerine yol açtığı düşünülmüştür.



Şekil 6. Ateşleme zamanlamasının PM konsantrasyonu üzerindeki etkisi

4. Sonuç (Conclusions**)**

Bu çalışma, tam yük koşullarında %30 (v/v) alkol içeren benzinle çalışan bir SI motorda performans ve yanma parametreleri analiz edilmiştir. Testler tam yük ve stokiyometrik koşullar altında gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, karışımların hava-yakıt reaksiyon hızlarına ve silindirin termodinamik koşullarına bağlı olarak *imep* ve *bsfc* değerlerinde küçük farklılıklar gözlemlenmiştir. Karışımların yanma ve emisyon özellikleri üzerindeki etkisine ilişkin elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1) Geleneksel (baz) ateşleme zamanlamasına göre, ateşleme zamanlaması geciktirildiğinde silindir gaz basıncı azalırken, ateşleme zamanlaması ilerletildiğinde silindir gaz basıncı değerleri artmıştır.
2) Ateşleme zamanlamasının silindir gaz basıncının tepe noktası üzerindeki etkisinin neredeyse doğrusal olduğu bulunmuştur.
3) Alkol/benzin karışımları kullanıldığında, ateşleme zamanlamasının değiştirilmesi ısı salınım eğrilerinin oluşma konumu paralel etkilemiştir.
4) Etanol/benzin ve izo-bütanol/benzin karışımları motor performansını iyileştirmez iken, emisyon değerlerinde CO, THC, CO_2, NO_x ve PM emisyonlarında azalma sağlamıştır.
5) Ateşleme zamanlamasının değiştirilmesi emisyonları üzerinde önemli bir etkisi gözlemlenmezken, PM konsantrasyonunun dengesiz olduğu dikkati çekmiştir.

Kaynaklar (References**)**

[1] Kumar, V. and Agarwal, A.K. (2022). Friction, Wear, and Lubrication Studies of Alcohol-Fuelled Engines, in *Energy, Environment, and Sustainability*.

[2] Gautam, M. and Martin, D.W. (2000). Combustion characteristics of higher-alcohol/gasoline blends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*. https://doi.org/10.1243/0957650001538047.

[3] Goldwine, G. et al. (2019). Comparison of Regulated and Unregulated Emissions and Fuel Economy of SI Engines with Three Fuels: RON95, M15, and E10. SAE International Journal of Fuels and Lubricants. https://doi.org/10.4271/04-12-03-0013.

[4] Szwaja, S. and Naber, J.D. (2010). Combustion of n-butanol in a spark-ignition IC engine. Fuel. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.08.043.

[5] Kumar, T.S. and Ashok, B. (2023). Corrosion behaviour analysis of SI engine components for ethanol-gasoline blends in flex fuel vehicular application. Fuel Processing Technology. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2022.107574.

[6] Huynh, T.T. et al. (2019). Effects of butanol–gasoline blends on SI engine performance, fuel consumption, and emission characteristics at partial engine speeds. *International Journal of Energy and Environmental*

Engineering. https://doi.org/10.1007/s40095-019-0309-9.

[7] Sarathy, S.M. et al. (2014). Alcohol combustion chemistry. *Progress in Energy and Combustion Science*. https://doi.org/10.1016/j.pecs.2014.04.003.

[8] Turner, J.W.G. et al. (2020). Alcohol fuels for spark-ignition engines: Performance, efficiency, and emission effects at mid to high blend rates for ternary mixtures. *Energies*. https://doi.org/10.3390/en13236390.

[9] Gao, Y. et al. (2019). Influence of ethanol blending ratios on in-flame soot particle structures in an optical spark-ignition direct-injection engine. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.131.

[10] Takahashi, H. et al. (1998). Engine-out and tail-pipe emission reduction technologies of V-6 LEVs. *SAE Technical Papers*. https://doi.org/10.4271/980674.

[11] Chupka, G.M. et al. (2015). Heat of Vaporization Measurements for Ethanol Blends Up To 50 Volume Percent in Several Hydrocarbon Blendstocks and Implications for Knock in SI Engines. SAE International Journal of Fuels and Lubricants. https://doi.org/10.4271/2015-01-0763.

[12] Rodríguez-Antón, L.M. et al. (2015). Experimental determination of some physical properties of gasoline, ethanol and ETBE ternary blends. Fuel. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.04.040.

[13] Owen, K. and Coley, T. (1995). Automotive fuels reference book. Second edition. Other Information: PBD: 1995.

[14] Alkidas, A.C. (1984). Relationships between smoke measurements and particulate measurements. *SAE Technical Papers*. https://doi.org/10.4271/840412.

[15] Schifter, I. et al. (2017). Comparison of performance and emissions for gasoline-oxygenated blends up to 20 percent oxygen and implications for combustion on a spark-ignited engine. Fuel. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.07.065.

[16] Awad, O.I. et al. (2018). Overview of the oxygenated fuels in spark ignition engine: Environmental and performance. Renewable and Sustainable Energy Reviews. https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.107.

[17] Vikneswaran, M. et al. (2022). Combustion analysis of higher order alcohols blended gasoline in a spark ignition engine using endoscopic visualization technique. *Fuel*. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124134.

[18] Sakai, S. et al. (2024). Comparison of ethanol-, isobutanol-, and 2-methyl-3-buten-2-ol–gasoline sprays from a gasoline direct injector. Fuel. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129319.

4th International Symposium on Automotive Science and Technology (ISASTECH 2025)
September 18-20, 2025

organised by the Automotive Engineering Department of Kocaeli University, Kocaeli, Türkiye

Certificate Participation

This certificate is awarded to

Prof. Dr. Ahmet Necati ÖZSEZEN

Kocaeli Üniversitesi

in recognition of valuable participation and paper presentations
at the ISASTECH2025 symposium.

Prof. Dr. Ahmet Necati ÖZSEZEN
Symposium Chair

Prof. Dr. Nuh Zafer CANTÜRK
General Chair