# DERS TANITIM ve UYGULAMA BİLGİLERİ

| Dersin Adı | Kodu | Yarıyıl | T+U+L (saat/hafta) | Türü (Z / S) | Yerel Kredi | AKTS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Otomotiv Tahrik Sistemlerinde Sürdürülebilir ve Yeşil Motor Teknolojil | MTE 424 | Güz-Bahar | 03+00+00 | Seçmeli | 3 | 5 |

| | |
|---|---|
| Akademik Birim: | Mekatronik Mühendisliği Bölümü |
| Öğrenim Türü: | Örgün Eğitim |
| Ön Koşullar | - |
| Öğrenim Dili: | İngilizce |
| Dersin Düzeyi: | Lisans |
| Dersin Koordinatörü: | - - |
| Dersin Amacı: | Bu ders, otomotiv tahrik sistemlerinde kullanılan öncü yeşil motor teknolojileri ve temiz yakıtlar hakkında öğrencileri bilgilendirmeyi amaçlar. Öğretim içeriği öğrencileri yakıt hücresi sistemleri, içten yanmalı motorlar, hibrit elektrikli ve bataryalı elektrikli güç aktarma sistemleri dahil olmak üzere ileri düzey güç paketi konfigrasyonları hakkında derinlemesine bilgiyle donatmayı hedefler. Otomotiv tahrik sistemlerinde kullanılan teknolojilerin çevre ve ekonomi üzerindeki etkileri ders kapsamında incelenecek; yakıtın kaynağından depoya (well-to-tank), depodan tekerleğe (tank-to-wheel) ve kaynaktan tekerleğe (well-to wheel) kadar olan süreçleri için verimlilik ve emisyon analizleri gerçekleştirilecektir. |
| Dersin İçeriği: | Ders kapsamında araçlar tahrik sistemlerine göre sınıflandırılmaktadır (İçten Yanmalı Motorlu Araçlar, Bataryalı Elektrikli Araçlar, Yakıt Hücreli Araçlar, Hibrit Elektrikli Araçlar ve Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçlar). Tahrik sistemleri teknolojileri için detaylı bileşen konumlandırma tanımlamaları, temel çalışma prensipleri, performans karşılaştırması ve limitler ders kapsamında sunulacaktır.<br>Yakıt hücresi teknolojilerinde kullanılan kritik bileşenler incelenecek ve yarı-hücre elektro-kimyasal reaksiyonları hakkında detaylı değerlendirmeler yapılacaktır. Akım, voltaj, güç çıkışı, basınç, sıcaklık ve hidrojen tüketimi arasındaki ilişki Faraday Kanunu'nun İdeal Gaz Yasası'na entegrasyonu ve analitik türetimler ile ortaya koyulacaktır. Polarizasyon eğrilerinin yorumlanması, güç yoğunluğu karakteristiklerinin değerlendirilmesi ve voltaj kayıp analizleri ile yakıt hücresi performans hesaplamaları gerçekleştirilecektir. Yakıt hücrelerinde akım yoğunluğu limitinin belirlenmesi için hava ve hidrojen bipolar plakalarındaki basınç düşüşü hesaplamaları ve kütle transferi analizleri ders kapsamında ele alınacaktır. Bu dersin içeriğinde sunulan teorik altyapı ile öğrencilerin çalışma koşullarına uygun yakıt hücrelerini tasarlayabilme yetkinliğini kazanmaları hedeflenmektedir.<br>Isı motorlarının sınıflandırılması, içten yanmalı motorların seçimi ve motor konfigrasyonlarının belirlenmesindeki stratejiler kapsamlı olarak sunulacaktır. İçten yanmalı motor teknolojileri ve alternatif yakıtlardaki son gelişmeler; özgül yakıt tüketimi, genel verimlilik ve emisyon seviyelerine etkileri ile birlikte ele alınacaktır.<br>Ayrıntılı yanma analizleri hem laminer hem de türbülanslı alev rejimleri için gerçekleştirilecek; bu kapsamda benzinli, dizel ve HŞSA (HCCI) motorlarda yanma oluşumu ve zararlı emisyon analizleri tamamlanacaktır. Yakıt püskürtme jeti ve atomizasyon oluşumunun detaylı analizleri kapsamında teorik formülasyonlar ve yakıt jeti akış rejimi tanımlama grafikleri kullanılacaktır. Ders, günümüz otomotiv tahrik sistemlerinin çevresel ve ekonomik etkilerinin kritik değerlendirmesi ile tamamlanmaktadır.<br>Ders projesi kapsamında yakıt hücreli araçlarda (YHA) kullanılan proton değişim membranlı (PDM) yakıt hücresi montajlarıyla ilgili tasarım geliştirilecek ve pratik hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Proje ile ekip çalışması, entegre sistem tasarımı, analitik modelleme ve uygulamalı mühendislik pratiklerinin teorik bilgi ve deneyimsel çalışmalar ile pekiştirilmesi hedeflenmektedir. |
| Dersin Öğrenme Çıktıları (ÖÇ): | • **1-** Bataryalı Elektrikli Araçlar (BEA), Yakıt Hücreli Araçlar (YHA), Hibrit Elektrikli Araçlar (HEA), Şarj Edilebilir Hibrit Elektrikli Araçlar (ŞHEA) ve İçten Yanmalı Motorlu Araç (İYM) platformlarında kullanılan tahrik sistemlerinin (ana güç ünitelerinin) türlerini ve bileşenlerini sınıflandırabilmek.<br>• **2-** Proton değişim membranlı (PDM) yakıt hücresinin farklı katmanlarının yapısını ve işlevini, elektrokimyasal tepkimeleri göz önünde bulundurarak ve fiziksel temel yasaları uygulayarak analiz edebilmek.<br>• **3-** Yakıt türü, beklenen güç çıktısı ve çevresel çalışma koşulları gibi uygulamaya özel gereksinimlere göre yakıt hücresi teknolojilerini seçebilmek.<br>• **4-** Yakıt hücresi polarizasyon eğrilerini yorumlayarak farklı gerilim (voltaj) kayıplarını tanımlayabilmek ve birbirinden ayırt edebilmek.<br>• **5-** Farklı tip içten yanmalı motorların karşılaştırmasını yapabilmek, alternatif otomotiv tahrik sistemlerinin avantaj-dezavantaj ve performans ödünleşimlerini değerlendirebilmek<br>• **6-** Çevre kirliliğine sebep olan başlıca yanma yan ürünlerini tanımlayabilmek ve bu yan ürünleri belirli motor çalışma rejimleriyle ilişkilendirebilmek. |

| | |
|---|---|
| | • **7-** Motor performans haritalarını ve karakteristik eğrileri kullanarak müşteri gereksinimleri ile uyumlu içten yanmalı motorun (İYM) seçimini yapabilmek.<br>• **8-** Otomotiv motorlarında yanma rejimini tespit edilebilmek; alev görseli (renk, şekil) ve iç akış koşullarını inceleyerek bujili, sıkıştırma ateşlemeli ve HŞSA (homojen şarj sıkıştırma ateşlemeli) motor ayrımı yapabilmek.<br>• **9-** Laminer ve türbülanslı koşullar altında yanma parametrelerini ve alev hızlarını hesaplayarak alev karakteristiklerini analiz edebilmek.<br>• **10-** Egzoz gazı devirdaim (EGD) sistemlerinin alev hızı, yanma verimliliği ve emisyonlar üzerindeki etkisini değerlendirebilmek.<br>• **11-** Enjeksiyon basıncı, enjektör ucu geometrisi, sprey koni açısı, nüfuz etme mesafesi, parçalanma mesafesi ve damlacık parçalanma süresi gibi yakıt enjeksiyon sistemlerine ait tasarım parametrelerini belirleyebilmek.<br>• **12-** Ortam koşulları ve yakıtın fiziksel özellikleriyle ilişkili olarak, bir yakıt sprey jetinin farklı bölgelerini - damlacık oluşumu ve parçalanma evreleri dahil - karakterize edebilmek.<br>• **13-** Temiz yakıt teknolojilerini tanımlayabilmek ve bunların çevresel, ekonomik ve toplumsal etkilerini sürdürülebilir ulaşımın genel bağlamında değerlendirebilmek.<br>• **14-** Uygulama ihtiyaçları ve teknik kısıtlamalar doğrultusunda en uygun hibrit elektrikli araç (HEA) konfigürasyonunu seçebilmek.<br>• **15-** Farklı otomotiv tahrik sistemlerinin genel verimliliğini ve çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla, kaynaktan-depoya (well-to-tank), depodan-tekerleğe (tank-to-wheel) ve kaynaktan-tekerleğe (well-to-wheel) analizleri gerçekleştirebilmek.<br>• **16-** Yakıt hücresi tasarımına odaklanan ve grup çalışmasına dayalı ders projesi ile etkili iletişim, takım çalışması ve proje planlama becerilerini sergileyebilmek. |
| Dersin Öğrenme Yöntem ve Teknikleri | Yüz yüze öğretim Sınıf İçi Uygulamalar (Bireysel Quizler) Proje: Proton Değişim Membranlı Yakıt Hücresi Tasarımı (3 kişilik grup) D1 – Literatür taraması ve PDM yakıt hücresi için kavramsal tasarım geliştirme D2 – Tam rapor (yakıt hücresi tasarımı geliştirme ve modellemeyi içerecek şekilde) D3 – Sunum (her öğrencinin performansına göre kısmen bireysel notlandırma) |

## HAFTALIK PROGRAM

| Hafta | Konular | Ön Hazırlık |
|---|---|---|
| 1 | Ders Gözden Geçirme • Genel Ders Politikaları • Ders İçeriği İncelemesi Otomotiv Tahrik Sistemlerine Giriş • Otomotiv Tahrik Sistemi Nedir? • Araçların Tahrik Sistemlerine Göre Sınıflandırılması • İYM Araçlar (İçten Yanmalı Motorlu Araçlar) • EA Araçlar (Elektrikli Araçlar, BEA ve YHA) • HEA Araçlar (Hibrit Elektrikli Araçlar) | |
| 2 | BEA and YHA'ye Giriş • EA: Eletrikli Araç Teknolojisi • YHA: Yakıt Hücreli Araç Teknolojisi • Batarya Savaşları: Batarya - Yakıt Hücresi Karşılaştırması • Otomotiv, Ulaşım ve Havacılıkta Yakıt Hücreleri YHA – Yakıt Hücresi Temelleri • Yakıt Hücreleri Nasıl Çalışır? • Yarım Hücre Reaksiyonları • Yakıt Hücresi Bileşenleri • Yakıt Hücresi Türleri ve Uygulamaları | |
| 3 | YHA – Yakıt Tüketimi, Akım ve Güç Hesaplamaları • Elektroliz ve Yakıt Hücresi • Faraday Yasası ve Yakıt Hücresine Uygulanması • İdeal Gaz Yasası ve Yakıt Hücresine Uygulanması • Yakıt Hücresinde Akım, Akım Yoğunluğu ve Gerilim • Yakıt Hücresi Güç Hesabı • Yakıt Hücresi Polarizasyon Eğrileri ve Güç Yoğunluğu • Yakıt Hücrelerinin Seri ve Paralel Bağlantı Konfigürasyonları Duyuru: Proje | |
| 4 | YHA – Yakıt Hücresi Voltaj Kayıpları • Aktivasyon Voltaj Kayıpları • Ohmik Voltaj Kayıpları • Konsantrasyon (Yoğunluk) Gerilim Kayıpları • Polarizasyon Eğrileri Kullanılarak Yakıt Hücresi Gerilim Kayıplarının Hesaplanması YHA – Bipolar | |

| | | |
|---|---|---|
| | Plaka Basınç Düşüşü, Kütle Taşınımı ve Sınırlayıcı Akım Yoğunluğu Anlz. • Farklı Formlarda İdeal Gaz Yasası • Bipolar Plakaların Akış Kanallarında Basınç Düşüşü | |
| 5 | YHA – Bipolar Plaka Basınç Düşüşü, Kütle Taşınımı ve Sınırlayıcı Akım Yoğunluğu Anlz. • Yakıt Hücrelerinde Kütle Taşınımı • Yakıt Hücrelerinde Sınırlayıcı Akım Yoğunluğu | Quiz 1 (10%) |
| 6 | YHA – Bileşen Tasarım Kriterleri ve Güvenlik • YHA Hidrojen Tankı Tasarım Kriterleri ve Güvenlik • YHA Kompresör Üniteleri, Tasarımı ve Analizleri Proje Yönergeleri • Hesaplamalar için Yönergeler • Yakıt Hücresi Tasarımı için Yönergeler | Proje D1 (5%) |
| 7 | Isı Makinelerine ve İçten Yanmalı Motorlara (ICE) Giriş • Isı Makinelerinin Sınıflandırılması • 2 Zamanlı / 4 Zamanlı Motorların Çalışma Prensipleri • Wankel Motorlar • Gnome Motorlar • Turbojet Motorlar | |
| 8 | İYM – Pistonlu Motor Düzenekleri ve Uygulama Alanları • Sıralı Motorlar (Inline Engines) • V Tipi Motorlar (V-Engines) • VR Tipi Motorlar (VR Engines) • U Tipi Motorlar (U Engines) • Karşılıklı Silindirli Motorlar (Boxer / Opposed Cylinder Engines) • Karşılıklı Pistonlu Motorlar (Opposed Piston Engines) • OPOC Motorlar (Opposed Piston Opposed Cylinder Engines) • Doğrusal Motorlar (Linear Engines) | Quiz 2 (10%) |
| 9 | İYM – Motor Performans Parameterleri • Isı Makinesi Çevrimleri: Carnot, Benzinli (Otto), Dizel, Atkinson, Brayton • Temel Tanımlar: ÜÖN (Üst Ölü Nokta), AÖN (Alt Ölü Nokta), Sıkıştırma Oranı (CR), Silindir Çapı (Bore Diameter), Strok (Vuruş), Maksimum Yanma Basıncı (Peak Firing Pressure) • Ateşleme Zamanlaması ve Silindir Basıncına Etkisi, Motor Vuruntusu • Güç, Tork, Özgül Yakıt Tüketimi (SFC) • Motor Ateşleme Sıralamaları • Benzinli Motorlar • Dizel Motorlar • HCCI Motorlar (Homojen Şark Sıkıştırma ile Ateşlemeli) İYM – Yanmaya Giriş • Yanma Nedir? • Ön Karışımlı ve Ön Karışımsız Yanma • Laminer ve Türbülanslı Alevler • Benzinli, Dizel ve HŞSA Motorlarda Yanma Özellikleri • Benzinli, Dizel ve HŞSA Motorlarda Alev Oluşumu • Benzinli Motorlarda Hava/Yakıt Karışımı için Swirl (Dönme) ve Tumble (Yuvarlanma) Hareketleri | |
| 10 | İYM – Stokiyometri ve Yanma Kimyası • Stokiyometrik, Yakıt Fakir ve Yakıt Zengin Karışımlar • Hava/Yakıt Oranı • Eşdeğerlik Oranı, Stokiyometrik Havanın Yüzdesi ve Fazla Havanın Yüzdesi • Hava/Yakıt Oranının Yanma, Verim, Güç ve Emisyonlara Etkisi • Farklı Hava/Yakıt Oranlarında Kurum (Soot) ve NOx Oluşumu • Geleneksel Dizel, Düşük Sıcaklıklı Yanma (LTC) ve HŞSA Emisyon Karşılaştırması İYM – Alternatif Yakıtlar • Yakıt Kimyası ve Isıl Değerler • Biyo-Yakıtlar: Biyodizel ve Etanol • Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) ve Çift Yakıtlı Uygulamalar • LPG ve Çift Yakıtlı Uygulamalar • İçten Yanmalı Motorlar için Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen | Quiz 3 (10%) |

| | | |
|---|---|---|
| 11 | İYM – Yanma Analizleri • Laminer Ön Karışımlı Alevler • Alev Bölgeleri ve Parametreleri: Süreklilik Denklemi ve İdeal Gaz Yasasının Kullanımı • Laminer Alev Hızı Analizleri: Andrews & Bradley (Stokiyometrik), Metghalchi & Keck • Egzoz Gazı Devirdaim (EGD) Sistemleri ile Alev Hızı Analizleri • Türbülanslı Ön Karışımlı Alevler • Süreklilik Denklemi ve İdeal Gaz Yasasının Kullanımı • Türbülanslı Alevler için Yumuşatılmış Alev Alanı ve Kırışık Laminer Alev Rejimi Yaklaşımı • Türbülanslı Alev Hızı Analizleri: Damköhler, Calvin ve Williams, Klimov Modelleri İYM – Alev Oluşumu ve Kirletici Emisyonları • Dizel Motorlarda Alev Oluşumu ve Yanma • Benzinli Motorlarda Alev Oluşumu ve Yanma • HŞSA Motorlarda Alev Oluşumu ve Yanma • Kurum (Soot) ve NOx Oluşumu • Kirletici Emisyonlar • Kirletici Emisyonları Azaltma Stratejileri | |
| 12 | İYM – Yakıt Enjeksiyon Sistemleri ve Atomizasyon • Yakıt Enjeksiyon Sistemi Bileşenleri ve Çalışma Prensipleri • Yakıt Sprey Jeti Oluşumu ve Yakıtın Atomizasyonu • Yakıt Sprey Jeti ve Enjektör Analizleri • Yakıt Sprey Jetinin Nüfuz Derinliği, Sıvı Jet Parçalanma Mesafesi ve Jet Sprey Açısı Analizleri • Sıvı Jet Hızı Analizleri • Yakıt Jet Spreyleri için Weber, Ohnesorge ve Reynolds Sayıları • Faz Damlacık Rejimleri ve Yakıt Jeti Durumları • Yakıt Jeti Akış Rejimi Tanımlama Diyagramları ve Yakıt Enjeksiyon Stratejileri • Enjeksiyon Hızı, Enjeksiyon Basıncı ve Yakıt Viskozitesinin Yakıt Sprey Jeti Oluşumuna Etkisi | Quiz 4 (10%) |
| 13 | HEA, BEA, YHA, İYM Teknolojileri, Güncel Meseleler ve Çevresel Etki • Teknoloji İncelemesi: EA, HEA, İYM • Hibrit Elektrikli Araç Konfigürasyonları • Araç Teknolojilerindeki Değişimin Temel Etkeni: Çevresel Etki • Aracınız Ne Kadar Temiz? Kaynak Sınırlamaları ve Küresel Isınma • Kaynaktan-Depoya, Depodan-Tekerleğe ve Kaynaktan-Tekerleğe Analizler • İYM, BEA, YHA, HEA: Yaşam Döngüsü Emisyon Analizleri • İYM, BEA, YHA, HEA: Enerji Tüketimi ve Verimlilik | Proje D2 (35%) |
| 14 | Final Proje Sunumları | Proje D3 (20%) |

Kadir Has Üniversitesi'nde bir dönem 14 haftadır, 15. ve 16. hafta sınav haftalarıdır.

## ZORUNLU ve ÖNERİLEN OKUMALAR

• Collen S. Spiegel, “Designing and Building Fuel Cells”, ISBN: 978-0-07-148977-5.
• Willard W. Pulkrabek, “Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine”, ISBN-13: 978-0131405707, ISBN-10: 0131405705.
• Colin R. Ferguson, Allan T. Kirkpatrick, “Internal Combustion Engines: Applied Thermo-sciences”, ISBN: 978-1-118-53331-4, Wiley.
• Stephen R. Turns, “An Introduction to Combustion: Concepts and Applications”, ISBN: 0-07-230096-5, McGraw-Hill.
• Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Ali Emadi, “Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory and Design”, ISBN: 978-1-4200-5398-2.

## DİĞER KAYNAKLAR

| |
|---|
| - |

## DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

| Yarıyıl İçi Çalışmaları | Sayı | Katkı Payı (%) |
|---|---|---|
| Katılım | 14 | - |
| Proje | 1 | 5 |
| Sunum/Jüri | 1 | 20 |
| Ara Sınavlar/Sözlü Sınavlar/Kısa Sınavlar | 4 | 40 |
| Final Sınavı | 1 | 35 |
| **Total:** | **21** | **100** |

## İŞ YÜKÜ HESAPLAMASI

| Etkinlikler | Sayısı | Süresi (saat) | Toplam İş Yükü (saat) |
|---|---|---|---|
| Ders Saati | 14 | 3 | 42 |
| Proje | 1 | 5 | 5 |
| Sunum/Jüriye Hazırlık | 1 | 10 | 10 |
| Ara Sınavlar/Sözlü Sınavlar/Kısa Sınavlar | 4 | 7 | 28 |
| Proje Raporlarının Sunumu | 1 | 40 | 40 |
| **Toplam İş Yükü (saat):** | | | **125** |

1 AKTS = 25 saatlik iş yükü

## PROGRAM YETERLİLİKLERİ (PY) ve ÖĞRENME ÇIKTILARI (ÖÇ) İLİŞKİSİ

| # | PY1 | PY2 | PY3 | PY4 | PY5 | PY6 | PY7 | PY8 | PY9 | PY10 | PY11 | PY12 | PY13 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OC1 | | | | | | | | | | | | | |
| OC2 | | | | | | | | | | | | | |
| OC3 | | | | | | | | | | | | | |
| OC4 | | | | | | | | | | | | | |
| OC5 | | | | | | | | | | | | | |
| OC6 | | | | | | | | | | | | | |
| OC7 | | | | | | | | | | | | | |
| OC8 | | | | | | | | | | | | | |
| OC9 | | | | | | | | | | | | | |
| OC10 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OC11 | | | | | | | | | | | | |
| OC12 | | | | | | | | | | | | |
| OC13 | | | | | | | | | | | | |
| OC14 | | | | | | | | | | | | |
| OC15 | | | | | | | | | | | | |
| OC16 | | | | | | | | | | | | |

**Katkı Düzeyi:** 1 Düşük, 2 Orta, 3 Yüksek