



MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA BAKIM VE ONARIM

2023-2-TR01-KA210-VET-000180148

Elektrikli Araçlar Teknolojisinde 4.0 Standartlarına Göre Yeni Uygulamalar



Avrupa Birliği Erasmus+ Programı tarafından finanse edilmektedir. Ancak burada yer alan bilgilerin herhangi bir şekilde kullanılmasından Avrupa Komisyonu ve Türkiye Ulusal Ajansı sorumlu tutulamaz



Bu öğrenme materyali 2023-2-TR01-KA210-VET-000180148 nolu Elektrikli Araçlar Teknolojisinde 4.0 Standartlarına Göre Yeni Uygulamalar projesi kapsamında hazırlanmıştır. Mesleki eğitim eğitimcilerine rehberlik etmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcılar için ücretsizdir, satılamaz, çoğaltılamaz. Proje Web Sitesinde (<https://evta40.com>) bir e-kitap olarak yayınlanacaktır.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR.....	ii
1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEMELLERİ VE BAKIM FARKLILIKLARI	1
1.1. Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri ve Çalışma Prensipleri.....	1
1.2. Elektrikli ve İçten Yanmalı Araç Bakım İhtiyaçlarının Karşılaştırılması	4
2. ELEKTRİKLİ ARAÇ SİSTEMLERİNİN TEMEL BAKIMI	9
2.1. Batarya Bakımı (RESS - Rechargeable Energy Storage System).....	9
2.3. Fren Sistemi Bakımı	12
2.4. Soğutma Sistemleri Bakımı	13
2.5 Şarj ve Yazılım	14
2.7 Ev Bakım Kontrolü.....	16
3. YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİĞİ VE MÜDAHALE.....	18
3.1. Yüksek Gerilim (YG) Riskleri ve Temel Güvenlik Prensipleri.....	19
3.2. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD / PPE)	22
3.3. Güvenli Müdahale Prosedürleri (Enerjisiz Hale Getirme ve LOTO).....	26
3.4. Acil Durum ve Yangın Güvenliği.....	30
4. GEREKLİ ARAÇLAR, EKİPMANLAR VE İLERİ TEKNOLOJİLER.....	33
4.1. Temel El Aletleri ve Yalıtımlı Takımlar	33
4.2. Teşhis Araçları	33
4.3. Kaldırma ve Taşıma Ekipmanları (EV'ye Özgü Hususlar)	34
4.4. Öngörücü Bakım ve Uzaktan Tanılama (Predictive Maintenance & Remote Diagnostics).....	35
4.5. Batarya Geri Dönüşümü ve İkinci Kullanım (End-of-Life Management)	37
5. TEKNİSYEN YETKİNLİKLERİ VE İSG.....	39
5.1. Eğitim ve Sertifikasyon	39
5.2. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Uygulamaları.....	41
KAYNAKÇA	44

AÇIKLAMALAR

ALAN	Motorlu Araçlar Teknolojisi
MESLEK	Elektrikli Araçlar
MODÜLÜN ADI	Elektrikli Araç Bakım ve Onarımı
MODÜLÜN TANIMI	Bu öğrenme materyali, elektrikli araç (EV) teknolojilerine giriş, temel bileşenleri, içten yanmalı motorlu (ICE) araçlarla bakım farklılıkları, EV sistemlerinin (batarya, motor, güç elektroniği, fren, soğutma, şarj) temel bakım ve onarım prosedürleri, yüksek gerilim sistemlerinde güvenli çalışma yöntemleri (KKD, LOTO), gerekli özel alet ve ekipmanlar, öngörücü bakım teknikleri, batarya ömrü yönetimi ve geri dönüşümü ile teknisyen yetkinlikleri ve ilgili iş sağlığı güvenliği (İSG) konularında bilgi ve becerilerin kazandırılmasını amaçlamaktadır .
YETERLİK	Elektrikli araçların temel ve ileri düzey bakım ve onarım işlemlerini, yüksek gerilim güvenlik prosedürlerine ve üretici standartlarına uygun olarak gerçekleştirmek.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Katılımcılar, elektrikli araçların sistemlerini, bileşenlerini tanıyabilecek, bakım ve onarım ihtiyaçlarını belirleyebilecek, temel ve bazı ileri düzey bakım/onarım işlemlerini yüksek gerilim güvenlik kurallarına uygun olarak yapabilecek ve ilgili teknolojiler hakkında bilgi sahibi olabilecektir . Amaçlar 1. Elektrikli araçların temel bileşenlerini (batarya, motor, güç elektroniği, şarj sistemi vb.) ve çalışma prensiplerini açıklayabileceksiniz . 2. Farklı EV motor tiplerinin (PMAC, İndüksiyon vb.) avantaj ve dezavantajlarını karşılaştırabileceksiniz. 3. Elektrikli ve içten yanmalı motorlu araçların bakım gereksinimlerini ve maliyetlerini (TCO)

	karşılaştırabileceksiniz.5 4. EV batarya sistemlerinin temel bakımını (şarj yönetimi, SoH kontrolü, termal yönetim) yapabileceksiniz.7 5. Elektrik motoru, aktarma organları, fren ve soğutma sistemlerinin temel bakım kontrollerini gerçekleştirebileceksiniz . 6. Şarj altyapısı ve araç yazılım güncellemelerinin bakım süreçlerindeki önemini açıklayabileceksiniz.9 7. Yüksek gerilim (YG) sistemlerindeki tehlikeleri tanımlayabilecek ve ilgili güvenlik standartlarını (ISO 6469, EN 60903 vb.) açıklayabileceksiniz.10 8. YG sistemlerinde çalışırken kullanılması gereken Kişisel Koruyucu Donanımları (KKD) seçebilecek, kullanabilecek ve denetleyebileceksiniz.13 9. Yüksek gerilim sistemlerini güvenli bir şekilde enerjisiz bırakma (de-energization) ve Kilitleme/Etiketleme (LOTO) prosedürlerini uygulayabileceksiniz.14 10. EV bakım ve onarımı için gerekli temel ve özel aletleri, teşhis cihazlarını ve kaldırma ekipmanlarını tanıyabileceksiniz . 11. Öngörücü bakım ve uzaktan tanılama kavramlarını ve kullanılan teknolojileri (AI/ML, sensörler) açıklayabileceksiniz.16 12. EV bataryalarının geri dönüşüm (hidrometalurji, pirometalurji) ve ikinci kullanım uygulamalarını açıklayabileceksiniz.18 13.EV teknisyenleri için gerekli eğitim, sertifikasyon (ASE, IMI, MYK/TSE) ve İSG gerekliliklerini (ilgili Türk mevzuatı dahil) listeleyebileceksiniz
--	--

1. ELEKTRİKLİ ARAÇ TEMELLERİ VE BAKIM FARKLILIKLARI

Bu öğrenme faaliyeti ile elektrikli araçların (EV) temel yapı taşlarını, nasıl çalıştıklarını ve geleneksel içten yanmalı motorlu (ICE) araçlardan bakım açısından nasıl farklılaştıklarını anlayacaksınız.

1.1. Elektrikli Araçların Temel Bileşenleri ve Çalışma Prensibi

Elektrikli araçlar (EV'ler), enerjilerini şarj edilebilir bataryalarda depolayan ve bu enerjiyi bir veya birden fazla elektrik motoru aracılığıyla hareket için kullanan taşıtlardır . Geleneksel içten yanmalı motorlu (ICE) araçlara göre mekanik açıdan daha basit bir yapıya sahip olsalar da, gelişmiş elektrik ve elektronik sistemler barındırırlar.

Ana bileşenler şunlardır: batarya (RESS), batarya yönetim sistemi (BMS), elektrik motorları, güç elektroniği üniteleri, şarj sistemi, soğutma sistemi, aktarma organları ve rejeneratif frenleme mekanizmasıdır.

1.1.1 Batarya (Şarj Edilebilir Enerji Depolama Sistemi - RESS): EV'nin "yakıt deposu" olarak düşünülebilir. Genellikle aracın tabanına yerleştirilen büyük bir lityum-iyon batarya paketidir. Harici bir elektrik kaynağından (ev prizi, şarj istasyonu) şarj edilir. Batarya, aracın menzilini, performansını ve maliyetini belirleyen en önemli bileşendir. ISO 6469-1 standardı, bu bataryaların güvenlik gereksinimlerini belirler.¹¹

1.1.2 Batarya Yönetim Sistemi (BMS): Bataryanın beyni gibidir. Her bir hücrenin voltajını, sıcaklığını, şarj durumunu (State of Charge - SOC) ve genel sağlık durumunu (State of Health - SOH) sürekli olarak izler ve yönetir.⁷ BMS, bataryanın güvenli çalışma sınırları içinde kalmasını sağlar, aşırı şarj veya deşarjı önler, hücreler arası dengelemeyi yapar ve batarya ömrünü en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur.²³

1.1.3 Elektrik Motoru: Bataryadan aldığı elektrik enerjisini (doğru akım - DC veya alternatif akım - AC olabilir) tekerlekleri döndüren mekanik enerjiye (tork) dönüştürür. EV'lerde kullanılan başlıca motor tipleri şunlardır:

- **AC İndüksiyon Motorları (Asenkron Motorlar):** Elektromanyetik indüksiyon prensibiyle çalışırlar. Rotorunda sargılar veya çubuklar bulunur ve stator sargılarının oluşturduğu dönen manyetik alan tarafından akım indüklenir.³ Bu motorlar genellikle sağlam yapıları, göreceli basitlikleri ve daha düşük başlangıç maliyetleri ile bilinirler.⁴ Değişken hızlarda yüksek güç sağlayabilirler.⁴ Ancak, Sabit Mıknatıslı Senkron Motorlara (PMSM) kıyasla genellikle daha düşük verimliliğe (özellikle düşük yüklerde ve hızlarda) ve daha düşük güç yoğunluğuna (aynı güç için daha büyük ve

ağır olma eğilimi) sahiptirler.³

- **Sabit Mıknatıslı Senkron Motorlar (PMSM):** Rotorlarında güçlü sabit mıknatıslar bulunur.³ Stator sargılarının oluşturduğu manyetik alanla bu mıknatıslar etkileşerek dönüşü sağlar.³ PMSM'ler, indüksiyon motorlarına göre genellikle daha yüksek verimlilik (özellikle geniş bir hız aralığında), daha yüksek güç yoğunluğu (daha kompakt ve hafif tasarım), daha iyi tork üretimi (özellikle düşük hızlarda ve hatta dururken) ve daha hızlı dinamik tepki (hızlanma/yavaşlama) sunarlar.³ Bu avantajlar, EV'lerde daha iyi menzil ve performans anlamına gelebilir. Ancak, kullanılan nadir toprak mıknatısları nedeniyle başlangıç maliyetleri daha yüksek olabilir.³ Ayrıca, mıknatıslar yüksek sıcaklıklara karşı hassas olabilir ve aşırı akım veya sıcaklık durumlarında kısmen veya tamamen demanyetize olma (mıknatıslık özelliğini kaybetme) riski taşırlar.³ Kontrol sistemleri de genellikle indüksiyon motorlarına göre daha karmaşıktır.³
- **Diğer Tipler:** Fırçasız DC Motorlar (BLDC) ve Anahtarlama Relüktans Motorlar (SRM) gibi başka motor tipleri de EV'lerde kullanılmaktadır, ancak AC İndüksiyon ve PMSM en yaygın olanlarıdır.⁴ BLDC motorlar fırçasız olmaları nedeniyle daha az bakım gerektirir ve uzun ömürlüdür.²⁴
- Motor tipi seçimi, aracın genel karakteristiğini belirler. Örneğin, PMSM'lerin sunduğu yüksek verimlilik ve güç yoğunluğu, birçok modern EV üreticisinin bu motorları tercih etmesine neden olmuştur.²⁵ Ancak bu durum, teknisyenlerin PMSM'lere özgü potansiyel sorunlara (örneğin, sıcaklık hassasiyeti, demanyetizasyon riski, karmaşık kontrol sistemleri) ve bakım gereksinimlerine aşına olmalarını gerektirir.³ İndüksiyon motorlarının sağlamlığı ve maliyet etkinliği ise bazı üreticiler için hala cazip bir seçenek olmaya devam etmektedir.⁴ Teknisyenin, üzerinde çalıştığı aracın motor tipini bilmesi, olası arıza modlarını öngörmesine ve doğru teşhis yöntemlerini uygulamasına yardımcı olur.

1.1.4 Güç Elektronik Dönüştürücüler: Bataryadan gelen elektriği motor ve diğer sistemler için uygun forma dönüştüren kritik bileşenlerdir.

- **İnvertör (Evirici):** Bataryanın ürettiği DC gerilimi, özellikle AC motorların (İndüksiyon veya PMSM) ihtiyaç duyduğu AC gerilime çevirir. Motorun hızını ve torkunu kontrol etmek için AC gerilimin frekansını ve genliğini ayarlar.
- **DC-DC Dönüştürücü:** Yüksek gerilim bataryanın (örn. 400V veya 800V) gerilimini, aracın standart 12V elektrik sistemini (farlar, silecekler, radyo, kontrol üniteleri vb.) beslemek için daha düşük bir DC gerilime (örn. 12V-14V) indirir .

- **Yerleşik Şarj Cihazı (On-Board Charger - OBC):** Ev veya halka açık AC şarj istasyonlarından gelen AC elektriği, bataryayı şarj etmek için DC elektriğe dönüştürür. OBC'nin kapasitesi (kW cinsinden), aracın AC şarj hızını belirler.

1.1.5 Şarj Sistemi: Aracın dışarıdan elektrik almasını sağlayan bileşenlerdir. Şarj portu (giriş soketi), şarj kablosu ve ilgili kontrol ünitelerini içerir. Farklı bölgeler ve şarj seviyeleri için farklı port tipleri (Type 2, CCS, CHAdeMO vb.) kullanılır.

1.1.6 Soğutma Sistemi: Batarya paketi, invertör, OBC ve bazen elektrik motoru gibi yüksek ısı üreten bileşenlerin verimli ve güvenli bir şekilde çalışması için optimum sıcaklık aralığında tutulmasını sağlar. Genellikle özel bir soğutma sıvısı kullanan sıvı soğutma sistemleri kullanılır.

1.1.7 Aktarma Organları (Şanzıman/Redüktör): Elektrik motorlarının geniş bir hız aralığında yüksek tork üretebilmesi nedeniyle, EV'lerde genellikle karmaşık, çok vitesli şanzımanlara ihtiyaç duyulmaz. Bunun yerine, motorun yüksek devrini tekerleklerle uygun bir hıza düşüren ve torku artıran basit, tek vitesli bir redüksiyon dişlisi kullanılır. Bu, ICE araçlara kıyasla aktarma organlarını çok daha basit, hafif ve bakım gerektirmeyen hale getirir.

1.1.8 Rejeneratif Frenleme

Sürücü gaz pedalına bastığında, kontrol ünitesi bu isteği yorumlar ve BMS'ten gelen bilgilere göre bataryadan ne kadar güç çekileceğini belirler. Bataryadan gelen yüksek gerilim DC, invertör tarafından AC'ye dönüştürülür (eğer AC motor kullanılıyorsa) ve motora gönderilir. Motor, bu elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirerek redüktör aracılığıyla tekerlekleri döndürür.

Fren pedalına basıldığında veya gaz pedalı bırakıldığında (tek pedallı sürüş modunda), rejeneratif frenleme devreye girer. Bu durumda elektrik motoru bir jeneratör gibi çalışır; tekerleklerin kinetik enerjisini kullanarak elektrik üretir ve bu enerjiyi invertör aracılığıyla DC'ye dönüştürerek bataryayı şarj eder. Bu işlem hem enerji verimliliğini artırır hem de mekanik frenlerin aşınmasını azaltır. Daha sert frenleme gerektiğinde ise geleneksel hidrolik fren sistemi devreye girer.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/BblX6RvWFf8>

1.2. Elektrikli ve İçten Yanmalı Araç Bakım İhtiyaçlarının Karşılaştırılması

Elektrikli araçların (EV) bakım gereksinimleri, geleneksel içten yanmalı motorlu (ICE) araçlardan önemli ölçüde farklıdır. Bu farklılıklar, hem teknisyenlerin sahip olması gereken becerileri hem de araç sahipleri için toplam sahip olma maliyetini (Total Cost of Ownership - TCO) etkiler.

Temel Farklılıklar:

EV'lerin en belirgin avantajlarından biri, ICE araçlara kıyasla çok daha az hareketli parçaya sahip olmalarıdır. Elektrik motorunda yüzlerce parça yerine sadece birkaç hareketli parça bulunur ve karmaşık bir şanzıman yerine genellikle basit bir redüktör kullanılır. Bu durum, aşınma ve yıpranmaya maruz kalacak parça sayısını önemli ölçüde azaltır. Sonuç olarak, EV'lerde motor yağı değişimi, egzoz sistemi kontrolü ve onarımı, buji değişimi, yakıt filtresi değişimi gibi ICE araçlar için standart olan birçok periyodik bakım işlemi bulunmaz.

1.2.1 Sistem Bazında Karşılaştırma:

Motor ve Güç Aktarma:

- **EV:** Elektrik motoru ve redüktör, sızdırmaz üniteler olup genellikle minimum bakım gerektirir. Periyodik yağ değişimi ihtiyacı yoktur (redüktör için üretici tarafından belirtilmedikçe). Bakım, daha çok bağlantıların kontrolü ve anormal seslerin dinlenmesi şeklindedir.

- **ICE:** Motor, düzenli yağ ve filtre değişimleri gerektirir. Şanzıman (otomatik veya manuel) periyodik sıvı/yağ değişimi ve ayarlamalar isteyebilir. Yakıt sistemi (pompa, enjektörler, filtreler) ve egzoz sistemi (katalitik konvertör, susturucular) zamanla bakım ve onarım gerektiren bileşenlerdir.

Fren Sistemi:

- **EV:** Regeneratif frenleme sayesinde mekanik frenler (balata ve diskler) çok daha az kullanılır ve dolayısıyla aşınma ömürleri ICE araçlara göre belirgin şekilde uzundur.⁶ Bu, bakım maliyetlerini düşüren önemli bir faktördür. Ancak, fren hidrolik sıvısının seviyesi ve kalitesi (nem içeriği) hala periyodik olarak kontrol edilmeli ve üretici tavsiyelerine göre değiştirilmelidir.⁶
- **ICE:** Fren sistemi tamamen mekanik aşınmaya dayanır. Balata ve disklerin düzenli aralıklarla kontrol edilmesi ve değiştirilmesi gerekir.

Sıvılar ve Filtreler:

- **EV:** Motor yağı, yakıt filtresi, egzoz sistemi gibi bileşenler olmadığından ilgili sıvılar ve filtreler de yoktur. Bakım gerektiren temel sıvılar; batarya, motor ve güç elektroniği için kullanılan soğutma sıvısı ve fren hidroliğidir. Kabin hava filtresi de ICE araçlardaki gibi değiştirilir.
- **ICE:** Motor yağı, yağ filtresi, hava filtresi, yakıt filtresi, şanzıman yağı/sıvısı, soğutma sıvısı, fren hidroliği gibi birçok sıvının ve filtrenin düzenli olarak kontrol edilmesi ve değiştirilmesi gerekir.

Batarya:

- **EV:** Ana tahrik bataryası (yüksek voltaj) ve genellikle bir 12V yardımcı batarya bulunur. Ana batarya, özel teşhis ve bakım gerektirebilir (özellikle SoH takibi), ancak genellikle 8-10 yıl veya daha uzun garantilere sahiptir ve nadiren erken arıza yapar.⁶ 12V batarya ise ICE araçlardaki gibi belirli bir ömre sahiptir ve değiştirilmesi gerekebilir.
- **ICE:** Sadece 12V marş bataryası bulunur ve genellikle 3-5 yıl içinde değiştirilmesi gerekir.

1.2.2 Periyodik Bakım Aralıkları ve Maliyetler:

EV'lerin daha basit mekanik yapısı ve daha az aşınan parçası sayesinde, periyodik bakım aralıkları genellikle ICE araçlara göre daha uzundur. Bu durum, planlı bakım maliyetlerini önemli ölçüde azaltır. Araştırmalar, EV'lerin bakım ve onarım maliyetlerinin ICE araçlara göre %11 ila %50 arasında daha düşük olabildiğini göstermektedir.²⁶

1.2.3 Toplam Sahip Olma Maliyeti (TCO):

TCO, bir araca sahip olmanın tüm maliyetlerini (satın alma, yakıt/enerji, bakım, onarım, sigorta, vergiler, değer kaybı) kapsar.

- **Satın Alma Maliyeti:** EV'lerin ilk satın alma fiyatı genellikle benzer ICE modellerinden daha yüksektir.⁵ Ancak devlet teşvikleri, vergi indirimleri ve düşen batarya maliyetleri bu farkı azaltmaktadır.⁵
- **Enerji Maliyetleri:** Elektrik fiyatları ve şarj alışkanlıklarına bağlı olmakla birlikte, elektrik genellikle benzinden veya dizelden daha ucuzdur. Bu fark özellikle Avrupa gibi yakıt fiyatlarının yüksek olduğu bölgelerde belirgindir.⁵ Evde şarj etmek, halka açık şarj istasyonlarından daha ekonomiktir.⁵
- **Bakım ve Onarım Maliyetleri:** Daha düşük planlı bakım maliyetleri EV'ler için bir avantajdır.⁶ Ancak, kaza sonrası onarımlar veya spesifik EV bileşenlerinin (batarya, güç elektroniği) arızalanması durumunda onarım maliyetleri ICE araçlara göre daha yüksek olabilir.²⁸ Bunun nedenleri arasında daha pahalı parçalar (%48'e kadar daha pahalı olabilir ²⁸), kullanılan özel hafif malzemeler ve onarım için gereken özel uzmanlık ve ekipman yer alır.⁶
- **Sigorta Maliyetleri:** Daha yüksek satın alma ve onarım maliyetleri nedeniyle, EV sigorta primleri genellikle ICE araçlara göre biraz daha yüksektir (%12 civarında ⁶).
- **Değer Kaybı (Depreciation) ve Kalan Değer (Residual Value):** Geçmişte EV'lerin değer kaybı daha hızlı olabiliyordu, ancak günümüzde özellikle popüler modellerin ikinci el değerleri oldukça güçlüdür.⁵ Teknolojinin hızla gelişmesi hala bir faktör olsa da, yüksek kalan değer TCO'yu olumlu etkiler.⁵
- **Sonuç:** Birçok çalışma, özellikle Avrupa'da, daha düşük enerji ve bakım maliyetleri sayesinde küçük ve orta segment EV'lerin TCO'sunun, belirli bir kullanım süresi ve kilometre sonunda, benzer ICE araçlardan daha düşük olduğunu göstermektedir.⁵ Lüks segmentte veya düşük kilometre yapılan durumlarda bu avantaj azalabilir veya tersine dönebilir.⁵

EV'lerin bakımının "daha az" olduğu genel kabul görse de, bu durum teknisyenler için farklı bir uzmanlık alanı gerektirir. Geleneksel mekanik becerilerin yerini, yüksek gerilim sistemleri, batarya sağlığı yönetimi, yazılım teşhisi ve güç elektroniği konularında derinlemesine bilgi almaktadır. Potansiyel olarak daha yüksek onarım maliyetleri, doğru teşhisin ve onarım prosedürlerine sıkı sıkıya bağlı kalmanın önemini artırmaktadır. Teknisyenlerin, müşterilere TCO hesaplamalarını etkileyen faktörler (kullanım alışkanlıkları,

şarj yöntemleri, bölgesel maliyetler) hakkında bilgi verebilmesi de önemlidir.

1.2.4 EV ve ICE Periyodik Bakım Karşılaştırması

Aşağıdaki tablo, EV ve ICE araçları arasındaki temel periyodik bakım farklılıklarını özetlemektedir:

Bakım Ögesi	Elektrikli Araç (EV) İçin Durum	İçten Yanmalı Motorlu Araç (ICE) İçin Durum	Açıklama
Motor Yağı ve Filtre Değişimi	Gerekli Değil	Gerekli (Periyodik)	EV'lerde motor yağı kullanılmaz.
Hava Filtresi Değişimi	Sadece Kabin Hava Filtresi Gerekli (Periyodik)	Motor ve Kabin Hava Filtresi Gerekli (Periyodik)	EV motorları hava filtresi gerektirmez.
Yakıt Filtresi Değişimi	Gerekli Değil	Gerekli (Periyodik)	EV'ler yakıt kullanmaz.
Buji Değişimi	Gerekli Değil	Gerekli (Periyodik)	EV motorlarında buji bulunmaz.
Egzoz Sistemi Kontrolü/Onarımı	Gerekli Değil	Gerekli (Periyodik Kontrol/Onarım)	EV'lerde egzoz sistemi yoktur.
Şanzıman Yağı/Sıvısı Kontrolü/Değişimi	Genellikle Gerekli Değil (Redüktör yağı nadiren gerekebilir)	Gerekli (Periyodik)	EV'lerde genellikle basit redüktör bulunur, karmaşık şanzıman yoktur.
Fren Balatası/Disk Kontrolü/Değişimi	Gerekli (Ancak Daha Uzun Ömürlü)	Gerekli (Daha Sık Değişim)	Rejeneratif frenleme mekanik fren aşınmasını azaltır
Fren Hidroliği Kontrolü/Değişimi	Gerekli (Periyodik)	Gerekli (Periyodik)	Hidrolik sistem her iki araç tipinde de bakım gerektirir.

Soğutma Sıvısı Kontrolü/Değişimi	Gerekli (Batarya, Motor, Elektronik için - Periyodik)	Gerekli (Motor için - Periyodik)	EV'lerde soğutma sistemi daha fazla bileşeni kapsar ve kritiktir.
12V Yardımcı Batarya Kontrolü/Değişimi	Gerekli (Periyodik)	Gerekli (Periyodik)	Her iki araç tipinde de benzer ömre sahiptir.
Yüksek Voltaj Batarya Sağlığı (SoH) Kontrolü	Gerekli (Periyodik Teşhis)	Gerekli Değil	EV'ye özgü kritik bir bakım kalemidir .
Yazılım Güncellemeleri	Gerekli (Periyodik/OTA)	Nadiren/Gerekli Değil (Motor Yönetimi için)	EV'lerde performans, güvenlik ve özellikler için yazılım güncellemeleri çok daha yaygın ve önemlidir .

Görsel 1.1: EV ve ICE Periyodik Bakım Karşılaştırması



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/X9h6pjifPts>

2. ELEKTRİKLİ ARAÇ SİSTEMLERİNİN TEMEL BAKIMI

Bu öğrenme faaliyeti ile elektrikli araçların kritik sistemlerinin (batarya, motor, fren, soğutma, şarj ve yazılım) temel bakım prosedürlerini ve dikkat edilmesi gereken noktaları öğreneceksiniz.

2.1. Batarya Bakımı (RESS - Rechargeable Energy Storage System)

Elektrikli aracın kalbi ve en değerli bileşeni olan yüksek voltaj bataryasının (RESS) bakımı, aracın performansı, menzili ve ömrü açısından hayati öneme sahiptir . Batarya bakımı, geleneksel anlamda mekanik bir işleminden çok, doğru kullanım alışkanlıkları ve durum takibini içerir.

2.1.1 Doğru Şarj Alışkanlıkları: Batarya ömrünü doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

- **Aşırı Şarj ve Derin Deşarjdan Kaçınma:** Bataryayı sürekli olarak %100'e kadar şarj etmek veya sık sık %0'a yakın seviyelere kadar boşaltmak, lityum-iyon hücreler üzerinde kimyasal stres yaratarak kapasite kaybını hızlandırabilir.⁷ İdeal olan, günlük kullanım için şarj seviyesini genellikle %20 ile %80 arasında tutmaktır.⁷ Uzun yolculuklar öncesinde %100 şarj gerekebilir, ancak bu sürekli bir alışkanlık olmamalıdır.
- **DC Hızlı Şarj Kullanımı:** DC hızlı şarj (DCFC), kısa sürede yüksek güç sağlayarak kolaylık sunsa da, bataryanın daha fazla ısınmasına neden olabilir. Sık ve sürekli DCFC kullanımı, özellikle yüksek ortam sıcaklıklarında, batarya degradasyonunu hızlandırabilir.⁷ Mümkün olduğunca daha yavaş olan AC şarj (evde veya işyerinde) tercih edilmesi, batarya sağlığı için genellikle daha iyidir.

2.1.2 Termal Yönetim: Lityum-iyon bataryalar, belirli bir sıcaklık aralığında en verimli şekilde çalışır ve en uzun ömre sahip olur. Aşırı sıcaklıklar (hem çok yüksek hem çok düşük) performansı düşürür ve kalıcı hasara yol açabilir.⁷

- **Aktif Soğutma/Isıtma:** Çoğu modern EV, batarya sıcaklığını optimize etmek için sıvı soğutma veya ısıtma sistemleri kullanır. Bu sistemler, araç park halindeyken bile bataryayı korumak için devreye girebilir .
- **Park Yeri Seçimi:** Aracı aşırı sıcak veya soğuk hava koşullarında uzun süre doğrudan güneş ışığı altında veya donma noktasının çok altında bırakmaktan kaçınmak önemlidir.
- **Ön Koşullandırma:** Araç şarja bağlıyken, yola çıkmadan önce kabini ve bataryayı

ısıtmak veya soğutmak (ön koşullandırma), hem sürüş konforunu artırır hem de bataryanın enerjisini sadece sürüş için kullanarak menzili optimize eder ve batarya verimliliğini korur .

2.1.3 Fiziksel Kontrol: Batarya paketi genellikle aracın altında korunaklı bir muhafaza içindedir. Ancak yine de periyodik olarak bu muhafazanın altında gözle görülebilir hasar (çarpma izi, çatlak, ezik), sızıntı belirtisi veya anormal şişkinlik olup olmadığı kontrol edilmelidir . Herhangi bir şüphe durumunda, araç derhal yetkili servise götürülmelidir.

2.1.4 Elektriksel Kontroller

- **Bağlantıların Kontrolü:** Yüksek voltaj ve alçak voltaj batarya bağlantılarının sıkılığı ve korozyon durumu, yetkili teknisyenler tarafından, araç enerjisiz hale getirildikten ve güvenlik önlemleri alındıktan sonra periyodik olarak kontrol edilmelidir . Gevşek veya korozyona uğramış bağlantılar performans sorunlarına ve ısınmaya neden olabilir.
- **İzolasyon Direnci Ölçümü:** Batarya paketinin ve diğer yüksek voltaj bileşenlerinin araç şasisine karşı elektriksel izolasyonunun yeterli olduğundan emin olmak için periyodik olarak izolasyon direnci testi yapılmalıdır.¹⁰ Bu test, özel ölçüm cihazları ve yüksek gerilim güvenlik prosedürleri gerektirir ve sadece yetkili teknisyenler tarafından yapılmalıdır. Düşük izolasyon direnci, kaçak akımlara ve güvenlik risklerine işaret edebilir.

2.1.5 Batarya Sağlık Durumu (State of Health - SoH) Kontrolü: SoH, bataryanın yaşlanma durumunu ve kalan kapasitesini gösteren kritik bir parametredir.⁷ Zamanla ve kullanımla (şarj/deşarj döngüleri, sıcaklık maruziyeti vb.) bataryanın enerji depolama kapasitesi azalır.²³

- **SoH Neden Önemlidir?** SoH, aracın kalan menzilini, performansını ve ikinci el değerini doğrudan etkiler. Üreticiler genellikle batarya garantilerini belirli bir SoH yüzdesine (örn. 8 yıl veya 160.000 km sonunda %70 SoH) dayandırır.⁷
- **SoH Kontrol Yöntemleri:**
 - Araç Bilgi Ekranı/Uygulaması: Bazı üreticiler, yaklaşık bir SoH değerini veya kalan kapasite bilgisini araç menüsünde veya mobil uygulamada sunar.⁷
 - OBD-II Teşhis Cihazları: Özel EV yazılımına sahip arıza tespit cihazları veya üçüncü parti uygulamalar (uygun bir OBD-II adaptörü ile), BMS'ten okunan verilere dayanarak daha detaylı SoH bilgisi sağlayabilir.⁷
 - Menzil Testi: Tam şarjla yapılan sürüşte elde edilen menzilin, aracın orijinal menziliyle karşılaştırılması pratik bir yöntem olsa da, sürüş koşulları, hava durumu gibi birçok değişkenden etkilendiği için kesin bir SoH değeri vermez.⁷

- **Şarj Süresi ve Davranışı İzleme:** Şarj süresinin belirgin şekilde uzaması veya şarjın beklenenden erken kesilmesi gibi durumlar, batarya sorunlarına işaret edebilir, ancak tek başına SoH göstergesi değildir.⁷
- **Profesyonel Servis Testi:** Yetkili servisler, özel ekipman ve prosedürler kullanarak bataryanın kapasitesini ve iç direncini ölçerek daha doğru bir SoH değerlendirmesi yapabilirler.⁷
- **Yaklaşık Hesaplama:** Belirli bir şarj aralığında (örn. %20'den %80'e) şarj cihazının aktardığı enerji (kWh) ve batarya yüzdelerindeki değişim kullanılarak bataryanın mevcut yaklaşık kapasitesi hesaplanabilir.²⁹ Ancak bu yöntem, şarj sırasındaki enerji kayıplarını (verimlilik), aracın kendi enerji tüketimini (ısıtma/soğutma, elektronik sistemler) ve BMS'in raporladığı yüzdelerin doğruluğunu göz ardı ettiği için önemli hatalar içerebilir.²⁹
- **SoH Değerlendirmesindeki Zorluklar:** Şu anda SoH ölçümü ve raporlaması için endüstri genelinde kabul görmüş tek bir standart yöntem bulunmamaktadır.⁸ Farklı üreticiler veya test yöntemleri, aynı batarya için farklı SoH değerleri verebilir. Bu nedenle, SoH değerlerini yorumlarken kullanılan yöntemin ve referans alınan orijinal kapasitenin (brüt mü, net mi?) bilinmesi önemlidir.⁸ %70-80 SoH genellikle bir eşik olarak kabul edilse de, bu değerın pratik anlamı (kalan menzıl) kullanıcı için daha önemlidir.

Batarya bakımı konusunda teknisyenlerin rolü, müşterileri doğru kullanım alışkanlıkları (şarj, sıcaklık yönetimi) konusunda bilgilendirmek ve periyodik kontrollerde bataryanın fiziksel durumunu, bağlantılarını ve en önemlisi sağlık durumunu (SoH) uygun yöntemlerle değerlendirmektir. SoH değerlendirmesi yapılırken, tek bir yöntem veya değere bağlı kalmak yerine, çeşitli göstergelerin (araç verileri, teşhis aracı okumaları, müşteri geri bildirimi, menzıl gözlemleri) birlikte ele alınması daha güvenilir bir sonuç verecektir.

2.2. Elektrik Motoru ve Aktarma Organları Bakımı

EV'lerin motor ve aktarma organları, ICE muadillerine göre mekanik olarak çok daha basittir ve bu nedenle önemli ölçüde daha az bakım gerektirir. Bakım faaliyetleri genellikle gözlem, dinleme ve temel kontrollere odaklanır.

• Yapılacak Kontroller:

- **Çalışma Akustiği:** Motor çalışırken anormal sesler (yüksek frekanslı vızıltı, mekanik sürtünme, vuruntu, rulman sesi vb.) olup olmadığını dikkatle dinlemek .

Seslerdeki değişiklikler potansiyel bir sorunun erken belirtisi olabilir.

- **Görsel Kontroller ve Bağlantılar:** Motorun ve redüktörün dış yüzeyinde herhangi bir hasar, sızıntı (özellikle redüktör keçelerinden veya soğutma sıvısı bağlantılarından) olup olmadığını kontrol etmek. Yüksek voltaj enerji kablolarının, alçak voltaj sensör ve kontrol kablolarının ve varsa soğutma sıvısı hortumlarının bağlantı noktalarını, izolasyon durumlarını ve fiziksel bütünlüklerini gözle kontrol etmek . (YG kablolarına dokunmadan önce mutlaka güvenlik prosedürleri uygulanmalıdır).
- **Motor Yatakları ve Titreşim:** Motor yataklarında (rulmanlar) aşınma olup olmadığını anormal sesler veya titreşimler yoluyla değerlendirmek. Aktarma hattı boyunca (motor-redüktör bağlantısı, aks milleri) gevşeklik veya hasar olup olmadığını kontrol etmek .
- **Temizlik:** Motor ve çevresindeki bileşenlerin (özellikle soğutma kanatçıkları veya yüzeyleri varsa) toz, kir ve döküntülerden arındırılması, ısı transferini iyileştirerek aşırı ısınmayı önlemeye yardımcı olur .
- **Redüktör Yağı:** Çoğu EV redüktörü "ömür boyu" yağ ile doldurulmuş olsa da, bazı üreticiler periyodik kontrol veya değişim önerebilir. Üreticinin bakım programına göre dişli yağının seviyesini ve durumunu (rengi, kirliliği) kontrol etmek gerekir . Sızıntı varsa giderilmelidir.
- **Rejeneratif Frenleme Performansı:** Aracın yavaşlarken enerji geri kazanımını etkin bir şekilde yapıp yapmadığını değerlendirmek. Bu, genellikle bir sürüş testi sırasında veya arıza tespit cihazı ile ilgili parametreleri izleyerek yapılabilir . Rejeneratif frenlemede belirgin bir azalma, motor veya kontrol sistemiyle ilgili bir soruna işaret edebilir.

EV motor ve aktarma organlarının bakımı, büyük ölçüde önleyici kontrollere dayanır. Düzenli sıvı değişimi veya ayar ihtiyacı olmadığından, teknisyenin dikkati daha çok potansiyel arıza belirtilerini (ses, sızıntı, performans düşüklüğü) erken fark etmeye yönelik olmalıdır.

2.3. Fren Sistemi Bakımı

EV fren sistemi, rejeneratif frenleme ve geleneksel hidrolik frenlemenin bir kombinasyonunu kullanır. Bu durum, bakım rutinini ICE araçlardan farklılaştırır.

- **Rejeneratif Frenlemenin Etkisi:** Elektrik motorunun jeneratör olarak kullanılarak aracın yavaşlatılması ve enerjinin geri kazanılması, mekanik frenlerin (fren balataları ve

diskleri) üzerindeki yükü önemli ölçüde azaltır . Sonuç olarak, fren balataları ve disklerinin aşınma ömrü, benzer kullanımdaki bir ICE araca göre çok daha uzundur.⁶

- **Gerekli Kontroller:** Daha az aşınmalarına rağmen, fren sistemi bileşenlerinin periyodik kontrolü hala zorunludur:

- **Fren Hidroliği:** Fren sisteminin hidrolik kısmı hala mevcuttur. Fren hidrolik sıvısının seviyesi düzenli olarak kontrol edilmeli ve en önemlisi kalitesi (nem içeriği, kaynama noktası) belirli aralıklarla ölçülerek üreticinin önerdiği zaman veya durumda değiştirilmelidir.⁶ Zamanla nem emen fren hidroliği, fren performansını düşürebilir ve sistemde korozyona neden olabilir.
- **Fren Balataları ve Diskleri:** Aşınma oranları düşük olsa da, periyodik bakımlarda balata kalınlıkları ölçülmeli ve disklerin yüzey durumu (çatlak, aşırı paslanma, eğilme) kontrol edilmelidir.⁶ Özellikle rejeneratif frenlemenin yoğun kullanıldığı ve mekanik frenlerin az kullanıldığı durumlarda, disk yüzeylerinde paslanma veya korozyon oluşabilir. Bu durum, frenleme sırasında ses veya titreşime neden olabilir.
- **Fren Hatları ve Hortumları:** Hidrolik hatların ve esnek hortumların sızıntı, çatlak, şişme veya diğer hasarlara karşı görsel kontrolü yapılmalıdır.
- **Fren Performansı ve Pedal Hissi:** Fren pedalının tepkisi, sertliği ve hareket mesafesi kontrol edilmelidir. Sürüş testi sırasında frenlerin etkinliği ve herhangi bir anormal ses (gıcırtı, sürtünme) veya titreşim olup olmadığı değerlendirilmelidir.

Rejeneratif frenleme, EV fren bakımını değiştirmiştir. Teknisyenler, balata ve disk değişim ihtiyacının çok daha az olacağını bilmeli, ancak hidrolik sistemin bakımının (sıvı değişimi, sızıntı kontrolü) ve genel sistem kontrolünün hala kritik olduğunu anlamalıdır. Az kullanımdan kaynaklanan disk paslanması gibi EV'lere özgü potansiyel sorunlara karşı dikkatli olunmalıdır.

2.4. Soğutma Sistemleri Bakımı

EV'lerde soğutma sistemleri, sadece motoru değil, aynı zamanda yüksek ısı üreten ve aracın performansı ile ömrü için kritik olan batarya paketi ve güç elektroniği (invertör, DC-DC dönüştürücü, OBC) gibi bileşenleri de korur . Bu nedenle soğutma sisteminin düzgün çalışması hayati öneme sahiptir.

2.4.1 Devre Kontrolleri

EV'lerde genellikle özel bir soğutma sıvısı kullanan sıvı soğutma sistemleri bulunur. Modele bağlı olarak, batarya, motor ve güç elektroniği için ayrı soğutma devreleri veya entegre bir sistem olabilir. Her devrenin kendi radyatörü, pompası ve rezervuarı olabilir.

- **Yapılacak Kontroller:**

- **Soğutma Sıvısı Seviyesi:** İlgili rezervuar tank(lar)ındaki soğutma sıvısı seviyeleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve minimum/maksimum işaretleri arasında olduğundan emin olunmalıdır . Düşük seviye, sızıntı veya başka bir soruna işaret edebilir.
- **Sızıntı Kontrolü:** Tüm soğutma devresi boyunca (hortumlar, bağlantı noktaları, kelepçeler, radyatörler, pompalar, batarya muhafazası, invertör vb.) sızıntı belirtileri (ıslaklık, damlama, renkli lekeler, koku) dikkatlice aranmalıdır . Küçük sızıntılar bile zamanla ciddi sorunlara yol açabilir.
- **Soğutma Sıvısı Kalitesi ve Değişimi:** Soğutma sıvısının rengi, berraklığı ve kirlilik durumu kontrol edilmelidir. Üreticinin belirttiği tipte (genellikle özel formülasyonlu) soğutma sıvısı kullanılmalıdır. Yanlış tip sıvı kullanımı, korozyona veya sistem bileşenlerine hasara neden olabilir. Sıvının donma ve kaynama noktası koruması zamanla azalabilir. Üreticinin önerdiği periyotlarda (genellikle birkaç yıl veya belirli bir kilometre) soğutma sıvısının tamamen değiştirilmesi gerekir.

2.4.2 Pompalar, Fanlar ve Radyatörler

Soğutma sisteminde yer alan elektrikli pompaların soğutma sıvısını düzenli olarak dolaştırması ve radyatörleri soğutan fanların verimli şekilde çalışması kritik öneme sahiptir. Pompaların veya fanların arızalanması batarya ve güç elektroniği bileşenlerinde aşırı ısınmaya yol açabilir. Ayrıca radyatör peteklerinin hava akışını engelleyebilecek kir, toz, böcek veya döküntülerden arındırılması gerekir; temiz bir radyatör, sistemin soğutma verimliliğini doğrudan artırır.

Elektrikli araçlarda soğutma sistemi, içten yanmalı motorlu araçlara göre çok daha kritik bir işleve sahiptir çünkü bataryanın ömrünü, performansını ve güvenliğini doğrudan etkiler. Bataryanın aşırı ısınması ya da soğuması kapasite kaybına, hızla yaşlanmaya ve hatta termal kaçak riskine yol açabilir. Bu nedenle soğutma sistemi kontrolleri ve bakımı büyük bir titizlikle yapılmalıdır. Elektrikli araç bakımının bir diğer önemli unsuru ise aracın şarj sistemi ve sürekli güncellenen yazılımıdır; bu sistemlerin düzenli kontrolü, aracın güvenli ve verimli çalışmasını destekler.

2.5 Şarj ve Yazılım

2.5.1 Araç Şarj Portu:

- **Fiziksel Kontrol:** Şarj portu ve içindeki pinler düzenli olarak görsel olarak incelenmelidir. Eğilmiş, kırılmış, yanmış veya korozyona uğramış pinler, şarj

sorunlarına veya güvenlik risklerine neden olabilir . Port kapağının düzgün kapanıp kapanmadığı kontrol edilmelidir.

- **Temizlik:** Şarj portunun içi toz, kir, nem veya yabancı cisimlerden arındırılmış olmalıdır . Temiz bir bağlantı, verimli ve güvenli şarj için önemlidir. Gerekirse basınçlı hava veya uygun bir temizleyici ile temizlenebilir (enerjisiz durumda).

2.5.2 Şarj Kabloları: Hem araçla birlikte gelen taşınabilir şarj kabloları hem de şarj istasyonlarının kabloları düzenli olarak kontrol edilmelidir. Kablo izolasyonunda kesik, sıyrık, ezilme veya yanık izleri, konnektörlerde (fişlerde) hasar veya aşırı ısınma belirtileri olup olmadığına bakılmalıdır. Hasarlı kablolar kesinlikle kullanılmamalıdır.

2.5.3 Ev Tipi Şarj Ünitesi (Wallbox):

- **Fiziksel Durum:** Ünitenin kasası, ekranı (varsa) ve montajı kontrol edilmelidir. Kablonun durumu da yukarıda belirtildiği gibi incelenmelidir.
- **Elektriksel Kontroller:** Ev tipi şarj istasyonunun elektrik bağlantıları ve topraklaması, kurulum sırasında ve periyodik olarak yetkili bir elektrikçi tarafından kontrol edilmelidir . Gevşek bağlantılar veya yetersiz topraklama tehlikeli olabilir.
- **Yazılım Güncellemeleri:** Akıllı şarj istasyonları genellikle internete bağlıdır ve üreticileri tarafından yazılım güncellemeleri alabilirler. Bu güncellemeler, yeni özellikler ekleyebilir, uyumluluğu artırabilir veya güvenlik açıklarını kapatabilir . Üreticinin talimatlarına göre güncellemelerin yapılması önerilir.

2.5.4 Araç Yazılım Güncellemeleri: Modern EV'ler, sadece sürüşle ilgili değil, aynı zamanda batarya yönetimi, şarj kontrolü, bilgi-eğlence sistemi ve diğer birçok fonksiyonu yöneten karmaşık yazılımlara sahiptir.

- **Önemi:** Üreticiler, araç performansını iyileştirmek (örn. menzili artırmak, şarj hızını optimize etmek), hataları düzeltmek, yeni özellikler eklemek veya güvenlik yamaları uygulamak için düzenli olarak yazılım güncellemeleri yayınlarlar.⁹
- **Güncelleme Yöntemleri:** Güncellemeler genellikle iki yolla yapılır:
 - **Uzaktan Güncelleme (Over-the-Air - OTA):** Araç, hücresel veya Wi-Fi bağlantısı üzerinden güncellemeleri doğrudan indirir ve kurar.¹⁶ Bu, servis ziyaretine gerek kalmadan aracın güncel kalmasını sağlar.
 - **Servis Merkezinde Güncelleme:** Bazı büyük güncellemeler veya belirli modüller için aracın yetkili servise götürülmesi ve özel teşhis ekipmanları ile güncellemenin yapılması gerekebilir.
- **Bakım Rutini:** Teknisyenler, servise gelen araçların yazılım sürümlerini kontrol etmeli ve mevcut güncellemeleri üretici prosedürlerine uygun olarak yüklemelidir .

Başarısız veya kesintiye uğramış bir güncelleme, araçta ciddi sorunlara yol açabileceğinden, güncelleme işlemi dikkatli yapılmalıdır.

2.6 Şarj Performansı Değerlendirmesi

Müşteri şarj sorunları bildiriyorsa (örn. yavaş şarj, şarjın başlamaması, sık sık kesilmesi), sorunun kaynağını belirlemek önemlidir. Sorun araçta mı (OBC, şarj portu, yazılım), şarj kablosunda mı, yoksa şarj istasyonunda mı? Teşhis cihazları ve test ekipmanları kullanılarak şarj parametreleri (voltaj, akım, iletişim protokolleri) kontrol edilmelidir.

EV bakımının kapsamı, mekanik bileşenlerin ötesine geçerek şarj arayüzlerini ve yazılımı da içermektedir. Teknisyenlerin bu alanlarda da bilgi sahibi olması, teşhis yapabilmesi ve güncelleme prosedürlerine hakim olması gerekmektedir. Özellikle yazılım, artık aracın ayrılmaz bir parçasıdır ve düzenli bakımı, aracın güvenliği, performansı ve işlevselliği için kritiktir.

2.7 Ev Bakım Kontrolü

Normal Bakım Programı / Km ya da Ay (hangisi önce gelirse)			Kontrol
Aylar	12-36-60-84-108	24-48-72-96-120	
Km x1,000	15-45-75-105-135	30-60-90-120-150	
TSB			
Şasi numarasının (VIN) Teknik Servis Bülteninden etkilenip etkilenmediğini kontrol edin.	K	K	
Atölye			
KDS/GDS ile arıza tarama (tüm sistemler) ve Teknik Servis Bülten kontrolü	K	K	
Uzaktan kumandanın sağlıklı çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.	K	K	
Tüm iç aydınlatmaların ve gösterge uyarı ışıklarının çalışma kontrolü Dış aydınlatmalar ve kornanın kontrolü	K	K	
Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemi çalışma kontrolleri	K	K	
Emniyet kemeri çalışma ve uyarı kontrolü	K	K	
Kapı, kaput, bagaj kapısı kilit kontrolü ve yağlamaları	K	K	
Panoramik sunroof temizleme ve yağlama	K	K	
Camların, silecek süpürgelerin, fiskeyelerin ve aynaların kontrolü	K	K	
Far ayarı kontrolü ve gerekiyorsa ayarlanması	K	K	
Polen filtresi	K	K	

İlk yardım seti ve yangın söndürücü (son kullanım tarihi), üçgen reflektörlü	K	K	
Şarj portunun kontrol edilmesi	K	K	
Şarj portu kapağını, yalıtımının kontrolü	K	K	
eCall sistemi pil değişimi	K	K	
Gövde inceleme	K	K	
Motor			
Silecek fiske su deposu seviye kontrolü (gerekliyorsa tamamlayınız)	K	K	
Motor / İnvertör soğutma sistemi (yağ, boru, bağlantılar, radyatör)	K	K	
Motor / İnvertör Soğutucusu (Normal soğutucu)			
Fren hidroliği			
12V Akü (şarj, durum, kutup başları, sabitleme-çıkıtı alarak)	K	K	
A/C kompresör ve Sistem Kontrolü (Evaporatör tahliye)	K	K	
Araç Liftine			
Redüksiyon dişli yağı		K	
Sasi ve gövdede güvenliği etkileyebilecek somun ve civataların görsel kontrolü	K	K	
Direksiyon kutusu, kremayeri ve mafsallı	K	K	
Ön-Arka Süspansiyon Sistemlerinin Kontrolü (Rotbaşları, Rotiller, Burçlar, Körükler ve Amotisörler)	K	K	
Sıvı Kaçak kontrolleri	K	K	
Fren disk, kampana, balata, boruların ve park freninin (gerekliyorsa ayarla) kontrolü	K	K	
Lastik Rotasyonu (Ön akstakileri arka aks'a)	K	K	
Güç Aktarma Milleri ve körükleri	K	K	
Yol Testi			
Pedalların kontrolü	K	K	
Park freninin çalışma kontrolü	K	K	
Doküman inceleme / Yol testi (tüm sistemlerin kontrolü)	K	K	
Lastik durumu (Her 12 ay ya da 15,000 km'de kontrol edin)			
	<i>Dış Kalınlık (mm)</i>	<i>Basınç (bar)</i>	TMK SKT (varsa)
<i>Ön sol</i>			
<i>Ön sağ</i>			

Arka sol				
Arka sağ				
K: Kontrol ediniz ve gerekiyorsa ayarlayınız, düzenleyiniz, temizleyiniz veya değiştiriniz. D: Değiştiriniz.				
Teknisyenin Adı Soyadı:		İmzası:		

Görsel 2.1: Ev Bakım Kontrol Formu



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

https://youtu.be/r2zM_JMwWRI



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/29Dw7WcHORQ>

3. YÜKSEK GERİLİM GÜVENLİĞİ VE MÜDAHALE

Bu öğrenme faaliyeti, elektrikli araçlardaki yüksek gerilim (YG) sistemleriyle çalışırken karşılaşılabilecek tehlikeleri, uyulması gereken güvenlik standartlarını, kullanılması zorunlu

Kişisel Koruyucu Donanımları (KKD) ve enerjisiz bırakma (LOTO) prosedürlerini detaylı olarak ele almaktadır. Bu bölümdeki bilgilere ve prosedürlere uymak, teknisyenlerin can güvenliği için hayati öneme sahiptir.

3.1. Yüksek Gerilim (YG) Riskleri ve Temel Güvenlik Prensipleri

Elektrikli araçların tahrik sistemleri, genellikle 200 Volt (V) ile 800 V Doğru Akım (DC) arasında, hatta bazı yeni nesil araçlarda daha da yüksek gerilimlerle çalışır . Bu gerilim seviyeleri, insan vücudu için ölümcül olabilecek tehlikeler barındırır. Uluslararası standartlar ve yerel yönetmelikler genellikle 50V AC veya 120V DC (bazı yeni standartlarda 50V DC) üzerindeki gerilimleri tehlikeli olarak sınıflandırır. Başlıca Tehlikeler:

3.1.1 Elektrik Çarpması (Electrocution/Electric Shock): Yüksek gerilimli bir bileşene veya kabloya doğrudan veya dolaylı temas sonucu vücut üzerinden tehlikeli seviyede akım geçmesidir.¹³ Akımın şiddeti, temas süresi ve vücut üzerinden izlediği yol (özellikle kalpten geçmesi) yaralanmanın ciddiyetini belirler. Düşük vücut direnci (örn. nemli veya terli cilt) aynı gerilimde daha yüksek akım geçişine neden olarak riski artırır.¹³ 100-200 miliamper (mA) akım bile ölümcül olabilir.¹³

3.1.2 Ark Parlaması (Arc Flash): Yüksek enerjili bir elektrik sisteminde fazlar arası veya faz-toprak arası kısa devre sonucu oluşan şiddetli patlamadır.¹³ Ark parlaması anında çok yüksek sıcaklıklar (güneş yüzeyinden bile sıcak olabilir), yoğun ışık (körlüğe neden olabilir), yüksek ses ve basınç dalgası (savrulmaya neden olabilir) ve erimiş metal parçacıklarının etrafa saçılması meydana gelir. Ciddi yanıklara, iç organ hasarlarına ve ölüme yol açabilir.¹⁴ DC sistemlerde oluşan arkların (DC arc flash) sönmelenmesi, AC sistemlere göre daha zor olabilir ve daha uzun sürebilir, bu da tehlikeyi artırır.³⁰

3.1.3 Yangın: Batarya paketinin hasar görmesi (kaza, delinme), aşırı şarj, dahili kısa devre veya diğer YG bileşenlerindeki arızalar sonucu yangın çıkabilir.¹³ Lityum-iyon batarya yangınları, "termal kaçak" (thermal runaway) adı verilen kontrolsüz bir reaksiyonla karakterizedir ve söndürülmesi özel zorluklar içerir (bkz. Bölüm 3.4).³²

3.1.4 Kimyasal Tehlikeler: Hasar görmüş bir bataryadan sızan elektrolit, genellikle yanıcı ve toksik kimyasallar içerir.¹³ Cilt ile teması veya buharlarının solunması zararlı olabilir.

Temel Güvenlik Prensipleri:

EV'lerin YG sistemleriyle güvenli bir şekilde çalışmak için aşağıdaki temel prensiplere kesinlikle uyulmalıdır:

- **Yetkilendirme ve Eğitim:** YG sistemlerine sadece bu konuda özel eğitim almış, risklerin farkında olan ve yetkilendirilmiş personel müdahale edebilir.¹ Yetkisiz kişilerin

müdahalesi kesinlikle yasaktır.

- **Enerjisiz Çalışma Prensibi:** Mümkün olan her durumda, YG sistemleri üzerinde herhangi bir çalışma yapmadan önce sistem **tamamen enerjisiz** hale getirilmeli, enerji kaynaklarından izole edilmeli ve Kilitleme/Etiketleme (LOTO) prosedürleri uygulanmalıdır.¹³ Enerjili çalışma sadece çok özel durumlarda ve ek güvenlik önlemleriyle yapılabilir.
- **Güvenli Mesafeler:** Enerjili olduğu bilinen veya şüphelenilen YG bileşenlerine ve kablolarına yaklaşırken her zaman güvenli bir mesafe bırakılmalıdır. Türkiye'deki Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'nde belirtilen yaklaşma mesafeleri ³⁵, prensip olarak EV'ler için de bir fikir verebilir (gerilim seviyesine bağlı olarak değişir).
- **Uyarı İşaretleri ve Renk Kodları:** Çalışma alanları uygun uyarı levhaları ("Dikkat Yüksek Gerilim", "Ölüm Tehlikesi" vb.) ile işaretlenmelidir.¹³ Araç üzerindeki YG kabloları ve konnektörleri genellikle **turuncu** renkle kodlanmıştır . Bu renkteki bileşenlere ekstra dikkat gösterilmeli ve gerekli önlemler alınmadan kesinlikle dokunulmamalıdır.
- **Çift Kişi Kuralı:** Kritik YG müdahaleleri sırasında, bir teknisyenin çalışması, diğerinin ise güvenlik gözlemcisi olarak bulunması ve olası bir acil durumda müdahale etmek üzere hazır beklemesi (örn. enerjiyi kesme, ilk yardım) genellikle tavsiye edilen bir uygulamadır.¹³
- **Sağlık Durumu:** Kalp pili gibi tıbbi cihazları olan veya epilepsi gibi rahatsızlıkları bulunan personelin YG sistemlerinin yakınında çalışması riskli olabilir ve özel değerlendirme gerektirebilir .

3.1.5 İlgili Güvenlik Standartları: EV'lerin elektriksel güvenliği, uluslararası ve ulusal standartlarla düzenlenmiştir. Teknisyenlerin bu standartların temel gerekliliklerinden haberdar olması önemlidir:

- **ISO 6469 Serisi:** Elektrikli karayolu taşıtlarının güvenliği için özel olarak geliştirilmiş temel standart serisidir.
 - ISO 6469-1: Araç üstü şarj edilebilir enerji depolama sistemlerinin (RESS/Batarya) güvenliğini kapsar (termal, mekanik, elektriksel riskler).¹¹
 - ISO 6469-2: Araç operasyonel güvenliğini ele alır. Bu, tahrik sisteminin güvenli çalışması, kontrol sistemleri (istenmeyen hızlanma/yavaşlamanın önlenmesi), elektrik çarpmasına karşı koruma önlemleri (izolasyon, bariyerler) gibi konuları içerir.¹⁰
 - ISO 6469-3: Genel elektriksel güvenlik gereksinimlerini (koruma sınıfları, izolasyon

koordinasyonu, yüksek voltaj devrelerinin işaretlenmesi vb.) tanımlar.²²

- ISO 6469-4: Kaza sonrası elektriksel güvenliğe odaklanır. Bir kaza durumunda YG sisteminin nasıl güvenli hale geleceği veya getirileceği ile ilgili gereksinimleri belirtir (örn. otomatik izolasyon).¹¹
- **Diğer İlgili ISO Standartları:** Fonksiyonel güvenlik (ISO 26262), çevresel koşullara dayanıklılık (ISO 16750, ISO 19453), şarj iletişimi (ISO 15118) gibi standartlar da EV güvenliği ile dolaylı olarak ilişkilidir.²²
- **Türkiye Standartları ve Yönetmelikleri:**
 - TSE Standartları: EV'ler ve bileşenleri ile ilgili TSE tarafından yayınlanan veya uyumlaştırılan standartlar (örn. şarj istasyonları, servis yeterliliği TS 12047 ³⁶, özel EV standartları TSE K 646 ³⁶).
 - MYK Meslek Standartları: Elektrikli araçlar alanında çalışan teknisyenler için Mesleki Yeterlilik Kurumu tarafından belirlenen standartlar ve yeterlilikler (örn. Batarya Elektrikli Araç Servis Elemanı Seviye 3 ¹). Bu standartlar, İSG kurallarını da içerir.¹
 - İSG Mevzuatı: 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna dayalı olarak çıkarılan yönetmelikler (KKD kullanımı, Güvenlik İşaretleri, Elektrikle İlgili Yönetmelikler vb.) tüm işyerleri gibi EV servisleri için de bağlayıcıdır.¹
 - EMO Yönetmelikleri: Elektrik Mühendisleri Odası'nın elektrikli araçlar ve şarj istasyonları ile ilgili mühendislik hizmetlerine yönelik düzenlemeleri.³⁹
 - Diğer Yönetmelikler: Şarj Hizmeti Yönetmeliği, Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik (AİTM) gibi düzenlemeler de relevant olabilir.³⁹

EV servis operasyonlarında güvenlik, kişisel bir tercih meselesi değil, hem teknisyenin kendi sağlığı hem de yasal yükümlülükler açısından bir zorunluluktur. Uluslararası standartlar (özellikle ISO 6469) ve ulusal mevzuat (6331 Sayılı Kanun, MYK standartları, TSE standartları), güvenli çalışma uygulamaları için çerçeveyi belirler. Teknisyenlerin bu standartların ve yasal gerekliliklerin farkında olması, eğitimlerini buna göre alması ve servis işlemlerini bu kurallara harfiyen uyarak gerçekleştirmesi şarttır.¹ Güvenlik, tasarım aşamasından başlayıp, üretim, kullanım, bakım-onarım ve hatta kaza sonrası müdahaleye kadar aracın tüm yaşam döngüsünü kapsayan entegre bir yaklaşımdır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/svmjBVvwKEQ>

3.2. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD / PPE)

Yüksek gerilim sistemleriyle çalışırken doğru Kişisel Koruyucu Donanımların (KKD) kullanılması, elektrik çarpması ve ark parlaması gibi ciddi tehlikelere karşı hayati bir koruma sağlar. KKD kullanımı bir seçenek değil, yasal ve mesleki bir zorunluluktur.¹ İşverenler, çalışanlara uygun KKD'leri sağlamak ve bunların kullanımı konusunda eğitim vermekle yükümlüdür.¹ YG Çalışmaları İçin Temel KKD'ler:

3.2.1 Yalıtkan Eldivenler (Electrical Insulating Gloves): YG ile çalışırken en temel ve en kritik KKD'dir.

- **Standartlar ve Uygunluk:** Kullanılan eldivenler mutlaka uluslararası kabul görmüş standartlara (Avrupa için EN 60903, ABD için ASTM D120) uygun olmalıdır.¹⁴ Üzerinde CE işareti ve ilgili standart numarası bulunmalıdır.⁴⁵
- **Sınıflandırma (Class):** Eldivenler, koruma sağladıkları maksimum çalışma gerilimine göre sınıflara ayrılır. Bu sınıflandırma EN 60903 standardında tanımlanmıştır⁴³:
 - Class 00: 500V AC / 750V DC
 - Class 0: 1,000V AC / 1,500V DC (EV'lerdeki tipik YG seviyeleri için genellikle bu sınıf yeterlidir¹³)
 - Class 1: 7,500V AC / 11,250V DC
 - Class 2: 17,000V AC / 25,500V DC
 - Class 3: 26,500V AC / 39,750V DC

■ Class 4: 36,000V AC / 54,000V DC

- **Malzeme ve Yapı:** Genellikle doğal kauçuk (lateks) veya sentetik elastomerlerden üretilirler.⁴³ Esneklik ve dokunma hassasiyeti önemlidir, ancak asıl amaç elektriksel yalıttır.
- **Mekanik Koruma İhtiyacı:** Standart yalıtkan eldivenler, delinme, kesilme, yırtılma gibi mekanik hasarlara karşı dayanıksızdır. Eldivenin yalıtım özelliğini tehlikeye atacak en küçük bir delik bile ölümcül sonuçlar doğurabilir.⁴⁵ Bu nedenle, yalıtkan eldivenlerin üzerine mutlaka uygun boyutta deri koruyucu eldiven (overgloves) giyilmelidir.¹³ Deri eldivenler, yalıtkan eldiveni mekanik hasarlardan korur. Bazı "kompozit" eldivenler hem yalıtım hem de belirli seviyede mekanik koruma sunabilir, ancak bunlar genellikle daha kalın ve daha az esnektir.⁴⁸
- **Muayene ve Test Zorunluluğu:** Yalıtkan eldivenlerin güvenilirliği düzenli kontrol ve testlere bağlıdır:
 - **Her Kullanımdan Önce Kontrol:** Teknisyen, eldiveni her kullanımdan önce mutlaka görsel olarak incelemelidir (kesik, delik, yırtık, çatlak, renk değişimi, şişkinlik, yabancı madde vb.).⁴³ Ayrıca, eldivenin içine hava doldurup (bilek kısmından yuvarlayarak) hava kaçağı testi yapılmalıdır.¹³ En küçük bir hava kaçağı bile eldivenin kullanılamaz durumda olduğunu gösterir.
 - **Periyodik Elektriksel Test:** Yalıtkanlık özelliklerinin zamanla bozulmadığından emin olmak için, eldivenler düzenli aralıklarla (genellikle her 6 ayda bir) yetkili bir laboratuvarında elektriksel testten geçirilmelidir.¹⁴ Test tarihi ve geçerlilik süresi eldivenin üzerine damgalanır veya etiketlenir.¹⁴ Test tarihi geçmiş veya testi yapılmamış eldivenler kesinlikle kullanılmamalıdır.¹³
- **Saklama:** Eldivenler, kullanılmadığı zamanlarda özel koruyucu çantalarında, temiz, kuru, serin, doğrudan güneş ışığından, ozondan ve kimyasallardan uzakta saklanmalıdır.⁴³ Katlanmamalı, üzerine ağırlık konulmamalıdır.⁴⁸
- **Yüksek Gerilim Güvenlik Ayakkabıları/Botları:** Elektriksel olarak yalıtkan tabana sahip, EN ISO 20345 gibi standartlara uygun ayakkabılar veya botlar.¹⁴ Zeminden gelebilecek tehlikelere karşı koruma sağlar.
- **Yalıtkan Paspaslar:** Özellikle sabit çalışma noktalarında (örn. atölyedeki test alanı) zemine serilen, belirli bir gerilime kadar yalıtım sağlayan paspaslar ek koruma katmanı oluşturur.¹⁴

3.2.2 Yüz Siperliği / Ark Parlaması Siperliği (Arc Flash Face Shield): Ark parlaması riskinin olduğu durumlarda (kısa devre olasılığı yüksek işler, enerjili ekipman kapaklarının

açılması vb.) yüzü ve gözleri yoğun ısıdan, ışıktan ve fırlayan parçacıklardan korumak için kullanılır.¹⁴ Standart güvenlik gözlükleri ark parlamasına karşı yeterli koruma sağlamaz. Siperlik, ilgili ark derecesi (ATPV veya EBT) standardına uygun olmalıdır.

- **Koruyucu Giysi:**

- **Malzeme:** YG ile çalışırken giyilen iş elbiseleri yanmaz veya aleve dayanıklı (Flame Resistant - FR) olmalı ve mümkünse doğal liflerden (pamuk, yün) yapılmış olmalıdır.¹³ Polyester gibi sentetik kumaşlar, ark parlaması durumunda eriyerek cilde yapışabilir ve yanıkları ağırlaştırabilir.¹⁴
- **Ark Derecesi (Arc Rating - AR):** Ark parlaması riskinin yüksek olduğu işlerde, giysilerin belirli bir ark enerjisi seviyesine (cal/cm² cinsinden) dayanıklı olması gerekir. Bu, giysinin ark derecesi (AR) ile belirtilir ve NFPA 70E gibi standartlara göre belirlenen risk seviyesine uygun olmalıdır.¹⁴

- **Diğer KKD'ler:**

- **Yalıtımlı Aletler:** YG bileşenleri üzerinde veya yakınında çalışırken, 1000V'a kadar yalıtımlı olduğu onaylanmış (genellikle VDE veya EN 60900 standardına göre) el aletleri (tornavidalar, penseler, anahtarlar vb.) kullanılmalıdır.¹⁴
- **Yalıtkan Kurtarma Kancası (Rescue Hook):** Elektrik çarpması durumunda kazazedeyi güvenli bir mesafeden enerji kaynağından ayırmak için kullanılan, yalıtkan malzemeden yapılmış uzun saplı bir kancadır.¹³ Kolayca erişilebilir bir yerde bulundurulmalıdır.
- **Baret:** Başın darbelere veya düşen nesnelere karşı korunması için (EN 397).⁵² Elektriksel olarak yalıtımlı tipleri de mevcuttur.

KKD Seçimi ve Kullanımı:

Yapılacak işin risk değerlendirmesi sonucunda belirlenen tehlikelere (gerilim seviyesi, ark parlaması potansiyeli vb.) uygun sınıf ve özellikte KKD seçilmelidir.¹⁴ KKD'ler doğru şekilde giyilmeli ve kullanılmalıdır. Örneğin, yalıtkan eldivenlerin üzerine mutlaka deri koruyucu eldiven giyilmeli, eldivenlerin manşetleri giysinin kolunun üzerine gelmelidir. Tüm KKD'ler temiz tutulmalı ve hasar gördüğünde derhal değiştirilmelidir.

KKD kullanımı sadece bir prosedür değil, aynı zamanda bir güvenlik kültürü meselesidir. Teknisyenlerin, KKD'nin neden gerekli olduğunu, nasıl doğru kullanılacağını ve en önemlisi nasıl kontrol edilip bakımının yapılacağını bilmesi ve bu bilgiyi sürekli uygulaması gerekir. Özellikle yalıtkan eldivenlerin durumu hayati önem taşır; 6 aylık periyodik test ve her kullanımdan önceki hava kaçağı kontrolü asla ihmal edilmemelidir. Bu kontroller, teknisyenin

kendi hayatını koruması için en temel adımlardır.

Aşağıdaki tablo, EV YG çalışmaları için önerilen temel KKD'leri, ilgili standartları ve bakım gerekliliklerini özetlemektedir:

3.2.3 EV Yüksek Gerilim Çalışmaları İçin Temel KKD Gereksinimleri

KKD Ögesi	Uygulanabilir Standart (Örnek)	Gerekli Sınıf/Tip (EV için Tipik)	Kullanım Öncesi Kontrol	Periyodik Test/Bakım
Yalıtkan Eldiven	EN 60903 / ASTM D120	Class 0 (1000V AC / 1500V DC)	Görsel + Hava Testi	6 Ayda Bir Elektriksel Test
Deri Koruyucu Eldiven (Overglove)	EN 388 (Mekanik Riskler)	Yalıtkan eldivene uygun boyutta	Görsel (Hasar)	Temizlik / Bakım
Yüz Siperliği (Ark Korumalı)	EN 166 / GS-ET-29 / ASTM F2178	Uygun Ark Derecesi (cal/cm ²)	Görsel (Çizik, Hasar)	Temizlik / Bakım
Yalıtkan Güvenlik Ayakkabısı/Botu	EN ISO 20345 (SB, S1P, S3 + EH)	Elektriksel Yalıtımlı (EH)	Görsel (Hasar, Aşınma)	Temizlik / Bakım
FR/AR Koruyucu Giysi	EN ISO 11612 / IEC 61482-2 / NFPA 70E	Uygun Kategori/Ark Derecesi (cal/cm ²)	Görsel (Hasar, Kirlilik)	Üretici Talimatına Göre Yıkama/Bakım
Yalıtkan Paspas	IEC 61111	Çalışma Gerilimine Uygun Sınıf	Görsel (Hasar, Kirlilik)	Periyodik Kontrol/Temizlik
Yalıtımlı El Aletleri	EN 60900	1000V AC / 1500V DC	Görsel (İzolasyon Hasarı)	Temizlik / Kontrol
Yalıtkan Kurtarma Kancası	- (Özel ekipman)	Çalışma Gerilimine Uygun	Görsel (Hasar)	Periyodik Kontrol

Not: Tablodaki standartlar ve sınıflar örnektir, spesifik işin risk değerlendirmesine göre değişiklik gösterebilir.

Görsel 3.1: Yüksek Gerilim Çalışmaları İçin Temel KKD Gereksinimleri



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/pBXko25OeSM>

3.3. Güvenli Müdahale Prosedürleri (Enerjisiz Hale Getirme ve LOTO)

Yüksek gerilim sistemleri üzerinde güvenli bir şekilde çalışmanın temel kuralı, sistemi enerjisiz hale getirmek ve çalışma süresince enerjisiz kalmasını garanti altına almaktır. Bu amaçla uluslararası kabul görmüş Kilitleme/Etiketleme (Lockout/Tagout - LOTO) prosedürleri uygulanır.¹⁵ LOTO, sadece enerjiyi kesmek değil, aynı zamanda enerji kaynağının yetkisiz veya yanlışlıkla tekrar devreye alınmasını fiziksel olarak engellemektir.¹⁵

3.3.1 LOTO Prosedürünün Adımları (Genel Yaklaşım):

OSHA (Occupational Safety and Health Administration - ABD İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi) 1910.147 standardı ve diğer en iyi uygulamalara dayanan tipik bir LOTO prosedürü aşağıdaki adımları içerir ¹⁵:

Hazırlık:

- Yapılacak bakım veya onarım işini detaylı olarak planlayın.
- Kontrol altına alınması gereken tehlikeli enerji kaynaklarını (EV için birincil kaynak YG bataryasıdır, ancak kapasitörler gibi depolanmış enerji kaynakları da olabilir) ve bu enerjinin türünü/büyükliğini belirleyin.⁵³
- Araca veya ekipmana özgü enerjisiz bırakma ve LOTO prosedürlerini (üretici servis kılavuzları, işyeri prosedürleri) gözden geçirin.⁵³
- Gerekli LOTO ekipmanlarını (kişisel kilitler - her yetkili çalışan için farklı anahtarlı, etiketler, kilitleme aparatları - örn. MSD kilidi, devre kesici kilidi) ve KKD'leri hazırlayın.⁵⁵

Bildirim:

- Bakım/onarım yapılacak araç veya ekipmanı kullanan veya çalışma alanından etkilenecek tüm personeli (operatörler, diğer teknisyenler, yöneticiler) yapılacak işlem, aracın/ekipmanın kapatılacağı, LOTO uygulanacağı ve tahmini işlem süresi hakkında bilgilendirin.⁵³

Kapatma (Shutdown):

- Aracı, üreticinin önerdiği normal ve güvenli kapatma prosedürlerini kullanarak tamamen kapatın.⁵³ Bu genellikle kontak anahtarının kapatılmasını veya ilgili sistemin kontrol panelinden durdurulmasını içerir.

İzolasyon (Isolation):

- Aracı/ekipmanı tüm enerji kaynaklarından fiziksel olarak ayırın. EV'lerde bu, öncelikle YG bataryasının devreden çıkarılması anlamına gelir.⁵³
- Bu işlem genellikle araçta bulunan özel bir Manuel Servis Kesici (Manual Service Disconnect - MSD) veya benzeri bir ayırıcı fişin çıkarılmasıyla yapılır.¹³ MSD, YG batarya devresini fiziksel olarak kesen bir güvenlik anahtarıdır.
- Sadece kontak anahtarını kapatmak veya bir yazılım komutuyla sistemi kapatmak izolasyon için yeterli değildir.⁵⁸ Fiziksel bir ayırma işlemi gereklidir. YG kontaktörlerinin (batarya ile invertör arasındaki ana anahtarlar) gerçekten açıldığından emin olunmalıdır (genellikle MSD çıkarılınca açılırlar).¹³

Kilitleme ve Etiketleme (Lockout/Tagout):

- Enerjiyi izole etmek için kullanılan cihazı (çıkarılmış MSD fişinin takıldığı yer, ilgili devre kesici veya vana kolu vb.) "Kapalı", "Güvenli" veya "İzole" konumda sabitlemek için bir kilitleme aparatı kullanın.
- Bu kilitleme aparatının üzerine, işlemi yapan her yetkili çalışanın kendi kişisel kilidini takması gerekir.⁵³ Eğer birden fazla kişi aynı ekipman üzerinde çalışacaksa, çoklu kilit aparatları kullanılmalı ve her çalışan kendi kilidini takmalıdır. Kilidin anahtarı sadece kilidi takan kişide olmalıdır.⁵⁶
- Her kilidin üzerine, standartlara uygun bir "Etiketleme" (Tagout) etiketi asılmalıdır.⁵³ Etikette en azından şu bilgiler bulunmalıdır:

"DOKUNMA / ÇALIŞTIRMA", işlemi yapan kişinin adı, departmanı, işlem tarihi/saati ve kilitleme nedeni. Bu etiket, başkalarının sistemi enerjilendirmeye çalışmasını önlemek için bir uyarı görevi görür.

Depolanmış/Artık Enerjinin Kontrolü ve Boşaltılması:

- Enerji kaynağı izole edildikten sonra bile sistemde tehlikeli seviyede enerji depolanmış olabilir. Özellikle invertörler ve diğer güç elektroniği bileşenlerindeki büyük kapasitörler önemli miktarda elektrik yükü depolayabilir.⁵³ Ayrıca mekanik (yaylar), hidrolik veya pnömatik sistemlerde de depolanmış enerji olabilir.
- Bu depolanmış enerjinin güvenli bir seviyeye düşürülmesi veya tamamen boşaltılması gerekir.⁵³ Elektriksel sistemlerde bu genellikle belirli bir bekleme süresi ile sağlanır. Üretici, MSD çıkarıldıktan sonra kapasitörlerin güvenli bir seviyeye deşarj olması için ne kadar süre beklenmesi gerektiğini belirtir (örn. 5 dakika, 10 dakika).⁵⁵ Bu süreye mutlaka uyulmalıdır. Gerekirse özel deşarj prosedürleri uygulanabilir.

İzolasyonun Doğrulaması (Verification of Isolation - Sıfır Enerji Kontrolü):

- LOTO prosedürünün en kritik adımıdır. Sistemin gerçekten tamamen enerjisiz olduğundan emin olmak için varsayımlara dayanılmaz, mutlaka ölçüm yapılarak doğrulama yapılır.¹⁴
- Uygun güvenlik kategorisine (CAT III/IV) sahip, doğru çalıştığı bilinen ve kalibrasyonu geçerli bir gerilim ölçüm cihazı (multimetre veya özel YG voltaj dedektörü) kullanılmalıdır.
- Üzerinde çalışılacak tüm YG terminallerinde, bağlantı noktalarında ve iletkenlerde (hem pozitif hem negatif hatlarda şasiye ve birbirlerine göre) gerilim olmadığı ölçülerek teyit edilir.¹⁴ Okunan değer sıfır veya çok düşük (güvenli) bir seviyede olmalıdır.
- "Canlı-Ölü-Canlı" (Live-Dead-Live - LDL) test metodu şiddetle tavsiye edilir:
 1. Ölçüm cihazının çalıştığını bilinen bir canlı (güvenli voltajlı) kaynakta test et (Live).
 2. Enerjisiz olduğu varsayılan devrede ölçüm yap (Dead - sıfır okumalı).
 3. Ölçüm cihazının hala çalıştığını tekrar bilinen canlı kaynakta test et (Live).
- Bu doğrulama adımı tamamlanmadan YG bileşenlerine kesinlikle dokunulmamalı veya müdahale edilmemelidir.

Bakım/Onarım İşleminin Yapılması: İzolasyon doğrulandıktan sonra planlanan

çalışma güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

3.3.2 LDL (Live-Dead-Live) Doğrulaması

Enerji izolasyonu sağlandıktan sonra sistemin gerçekten enerjisiz olduğunun ölçümle doğrulanması gerekir. Bu işlem için LDL (Live-Dead-Live) yöntemi kullanılır. LDL, hem ölçüm cihazının doğru çalıştığını hem de devrede gerilim bulunmadığını kanıtlamak için üç aşamalı bir doğrulama sürecidir:

1. **Live (Canlı):** Ölçüm cihazını bilinen enerjili bir noktada test edin. Beklenen gerilim değerinin görülmesi, cihazın doğru çalıştığını gösterir.
2. **Dead (Ölü):** Enerjisiz olduğu varsayılan devrede gerilim ölçümü yapın. Tüm ölçüm noktalarında değer sıfır veya güvenli eşik altında olmalıdır.
3. **Live (Canlı):** Ölçüm cihazını tekrar bilinen enerjili bir noktada test ederek cihazın hala doğru çalıştığını teyit edin.

Bu doğrulama sırasında:

- CAT III/IV sınıfında, kalibrasyonu geçerli bir ölçüm cihazı kullanılmalı,
- Ölçümler (+ → şasi), (- → şasi) ve (+ → -) hatlarında yapılmalı,
- Tüm kontroller uygun KKD ile (yalıtkan eldiven, yüz siperi, yalıtkan ayakkabı vb.) gerçekleştirilmelidir.

3.3.3 LOTO'nun Kaldırılması ve Yeniden Devreye Alma

1. **Kontrol:** Çalışma alanının temizlendiğinden, tüm aletlerin, malzemelerin ve eski parçaların kaldırıldığından, tüm koruyucu kapakların yerine takıldığından emin olun.
2. **Personel Kontrolü:** Çalışma alanında ve tehlike bölgesinde kimsenin kalmadığından emin olun.
3. **Bildirim:** Etkilenen personeli, LOTO'nun kaldırılacağı ve ekipmanın yeniden enerjilendirileceği konusunda bilgilendirin.⁵⁶
4. **LOTO Cihazlarının Kaldırılması:** Her yetkili çalışan, sadece kendi taktığı kilidi ve etiketi kaldırır.⁵⁴ Eğer birden fazla kilit varsa, son kilidi takan kişi, diğerlerinin işini bitirdiğinden emin olduktan sonra kendi kilidini çıkarır.
5. **İzolasyonun Kaldırılması:** Enerji izolasyon cihazlarını (MSD fişi, devre kesici vb.) normal çalışma konumuna getirin.
6. **Yeniden Enerjilendirme ve Test:** Aracı/ekipmanı üretici prosedürlerine göre güvenli bir şekilde yeniden enerjilendirin ve düzgün çalıştığını test edin.

LOTO, sadece teknik bir prosedür değil, aynı zamanda bir güvenlik disiplini. Her adımın atlanmadan, doğru sırada ve titizlikle uygulanması gerekir. Özellikle 7. Adım olan İzolasyon Doğrulaması, "emin olmak için kontrol et" prensibinin en kritik uygulamasıdır. MSD'yi çıkarmak veya anahtarı kapatmak gibi işlemler izolasyonun bir parçası olsa da, sistemin gerçekten enerjisiz olduğunu kanıtlamaz. Bunu kanıtlayan tek şey, uygun bir ölçüm cihazıyla yapılan gerilim yokluğu testidir. Teknisyen eğitimlerinde, LOTO adımlarının mantığı ve her adımın (özellikle doğrulamanın) atlanmasının potansiyel ölümcül sonuçları net bir şekilde vurgulanmalıdır.

3.4. Acil Durum ve Yangın Güvenliği

EV servis ortamlarında, YG sistemlerinden kaynaklanabilecek acil durumlara (elektrik çarpması, yangın) hazırlıklı olmak ve doğru müdahale yöntemlerini bilmek kritik öneme sahiptir.

3.4.1 Acil Durum Kapatma Prosedürleri:

Çoğu elektrikli araç, bir kaza anında veya acil bir durumda YG sistemini otomatik olarak veya manuel olarak hızla devreden çıkarmak için tasarlanmış güvenlik mekanizmalarına sahiptir. Bunlar şunları içerebilir:

- **Kaza Algılama Sistemleri:** Hava yastıklarının açılması gibi ciddi bir kaza algılandığında, YG kontaktörlerini otomatik olarak açarak bataryayı sistemden izole eden sistemler.
- **Manuel Acil Durum Kesicileri:** Araç içinde veya dışında, ilk müdahale ekipleri veya teknisyenler tarafından erişilebilen, YG sistemini manuel olarak kesmek için tasarlanmış özel butonlar veya anahtarlar.¹³ Teknisyenler, çalıştıkları modellerin acil durum kapatma prosedürlerini bilmelidir.

3.4.2 Elektrik Çarpması Durumunda Müdahale:

1. **Güvenliği Sağla:** Kazazedeye **asla doğrudan dokunma!** Önce kendi güvenliğini sağla.
2. **Enerjiyi Kes:** Mümkünse, derhal enerji kaynağını kapat (acil durum kesici, şalter, MSD vb.).
3. **Kazazedeyi Ayır:** Enerjiyi kesmek mümkün değilse veya emin olunamıyorsa, kazazedeyi enerji kaynağından ayırmak için **elektriksel olarak yalıtkan** bir malzeme kullan. Bu, kuru bir tahta parçası, lastik paspas, plastik boru veya özel olarak tasarlanmış bir **yalıtkan kurtarma kancası** ¹⁴ olabilir. Metal veya ıslak nesneler kesinlikle kullanılmamalıdır.

4. **Yardım Çağır:** Derhal acil tıbbi yardım (112) çağır.
5. **İlk Yardım:** Güvenli bir şekilde kazazedeye ulaştıktan sonra, solunum ve dolaşım kontrolü yaparak temel ilk yardım uygula (eğer eğitimliysen).

3.4.3 Lityum-İyon Batarya Yangınları ve Müdahale:

EV'lerde kullanılan lityum-iyon bataryaların yangınları, geleneksel araç yangınlarından farklı ve daha tehlikeli özellikler gösterir:

- **Termal Kaçak (Thermal Runaway):** Batarya hücrelerinin hasar görmesi, aşırı ısınması veya dahili kısa devre sonucu ortaya çıkan, kontrolsüz, kendini besleyen bir kimyasal reaksiyondur.³² Bu reaksiyon sırasında hücreler çok yüksek sıcaklıklara ulaşır (yüzlerce derece), yanıcı ve toksik gazlar (hidrojen florür, karbon monoksit vb.) açığa çıkarır ve bu durum komşu hücrelere yayılarak zincirleme bir reaksiyona neden olabilir.³²
- **Yoğun Isı ve Enerji:** Termal kaçak sırasında büyük miktarda enerji açığa çıkar, bu da yangının çok şiddetli ve söndürülmesinin zor olmasına neden olur.³³
- **Yeniden Alevlenme Riski:** Batarya yangını söndürülmüş gibi görünse bile, hücreler içindeki kimyasal reaksiyonlar devam edebilir ve saatler hatta günler sonra bile yangın yeniden başlayabilir.³²
- **Oksijensiz Yanma:** Batarya hücreleri kendi oksitleyicilerini içerdiğinden, yanma reaksiyonu devam etmek için harici oksijene ihtiyaç duymayabilir.³² Bu, boğma tipi söndürücülerin (CO2 gibi) etkinliğini azaltır.
- **Çoklu Yangın Sınıfı Tehlikesi:** Li-ion batarya yangınları, hem katı malzemelerin (plastik kasa - Sınıf A), hem yanıcı elektrolit ve gazların (Sınıf B), hem de elektrik enerjisinin varlığı (Sınıf C) nedeniyle karmaşık bir yapı gösterir. Hatta batarya kasasındaki metaller (alüminyum vb.) yanabilir (Sınıf D potansiyeli).³³

Söndürme Yöntemleri ve Etkinlikleri:

- **Su:** Li-ion batarya yangınlarında birincil amaç soğutmadır. Su, yüksek ısı kapasitesi nedeniyle en etkili soğutma ajanıdır.³² Termal kaçağı yavaşlatmak veya durdurmak ve yeniden alevlenmeyi önlemek için çok büyük miktarlarda ve uzun süre su uygulamak gerekebilir.³² Su sisi (water mist) teknolojisi, daha az su kullanarak daha etkili soğutma ve oksijen seyreltme sağlayabilir.³² Önemli Not: Su, saf lityum metali içeren (Li-ion değil, genellikle tek kullanımlık "lityum pil" olarak adlandırılan) bataryalarda tehlikeli reaksiyonlara neden olabilir.³⁴ Ancak Li-ion bataryalarda serbest metalik lityum

bulunmadığından su genellikle güvenle kullanılabilir. Kirlenmiş söndürme suyunun yönetimi çevresel bir sorundur.⁶⁵

- **Köpük:** Genellikle Li-ion yangınlarında etkisizdir, yeterli soğutma sağlamaz.⁶³
- **Kuru Kimyasal Toz (ABC, BC):** Alevleri bastırmada kısmen etkili olsalar da, soğutma kapasiteleri yoktur ve termal kaçağı durdurmazlar. Bu nedenle Li-ion yangınlarında genellikle etkisiz kabul edilirler.³²
- **Karbondioksit (CO2):** Soğutma etkisi çok düşüktür ve oksijensiz yanma olasılığı nedeniyle etkisizdir.⁶³
- **Sınıf D Toz Söndürücüler:** Bu söndürücüler magnezyum, titanyum, sodyum ve lityum **metali** gibi yanıcı metal yangınları için tasarlanmıştır. Li-ion bataryalar serbest metalik lityum içermediğinden, Sınıf D söndürücüler genellikle Li-ion yangınlarında etkisizdir veya çok sınırlı etkiye sahiptir.³² Bunları Li-ion yangınları için kullanmak genellikle önerilmez.
- **Özel Söndürme Ajanları:** Li-ion yangınları için özel olarak geliştirilmiş yeni ajanlar bulunmaktadır. Örneğin, Sulu Vermikülit Dispersiyonu (AVD), soğutma sağlarken aynı zamanda yanan yüzey üzerinde yalıtkan bir tabaka oluşturarak etki gösterir.³⁴ Lith-Ex gibi ticari ürünler de bu tür ajanları kullanır.⁶⁵

3.4.4 Atölye Yangın Güvenliği Önlemleri:

- Uygun tipte ve yeterli sayıda yangın söndürücü bulundurulmalıdır. Li-ion riskini göz önünde bulundurarak, su bazlı söndürücüler (su, su sisi, AVD) öncelikli olarak düşünülmelidir. Genel amaçlı ABC veya CO2 söndürücüler de diğer yangın riskleri için bulundurulabilir. Sınıf D söndürücülerin Li-ion için uygun olmadığı bilinmelidir.
- Yangın battaniyeleri.
- İyi havalandırma sistemi (özellikle şarj alanlarında).
- Acil durum kaçış yollarının açık ve işaretlenmiş olması.
- Yangın algılama ve alarm sistemleri.
- Personelin yangın türleri ve söndürücü kullanımı konusunda eğitimi.
- Acil durum müdahale planı ve tatbikatları.

Teknisyenler, Li-ion batarya yangınlarının kendine özgü tehlikelerinin farkında olmalı ve standart yangın söndürme bilgilerinin bu tür yangınlar için yeterli olmayabileceğini anlamalıdır. Soğutmanın önceliği ve yeniden alevlenme riski akılda tutulmalıdır. Atölye güvenliği planlaması, bu özel riskleri dikkate alarak yapılmalı ve uygun ekipman ve prosedürler hazır bulundurulmalıdır.

4. GEREKLİ ARAÇLAR, EKİPMANLAR VE İLERİ TEKNOLOJİLER

Bu öğrenme faaliyeti, elektrikli araçların bakım ve onarımı için gerekli olan temel el aletlerinden özel teşhis cihazlarına, kaldırma ekipmanlarından öngörücü bakım gibi ileri teknolojilere kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

4.1. Temel El Aletleri ve Yalıtımlı Takımlar

EV servis işlemleri için standart otomotiv tamir takımları (çeşitli anahtarlar, lokmalar, tornavidalar, penseler vb.) hala gereklidir. Ancak YG sistemlerinin varlığı nedeniyle ek güvenlik önlemleri ve özel aletler de zorunludur:

- **Standart El Aletleri:** Genel mekanik işler, trim sökme, alçak gerilim bağlantıları vb. için kullanılır.
- **Yalıtımlı El Aletleri:** Yüksek gerilim bileşenleri üzerinde veya yakınında çalışırken (sistem enerjisiz hale getirilmiş olsa bile ek bir güvenlik önlemi olarak) kullanılması şiddetle tavsiye edilen veya zorunlu olan aletlerdir.¹⁴ Bu aletler (tornavidalar, penseler, yan keskiler, açık ağız/yıldız anahtarlar vb.) genellikle 1000V AC / 1500V DC'ye kadar yalıtım sağlayan özel kaplamalara sahiptir. Uluslararası EN 60900 veya VDE gibi standartlara uygunluğu test edilmiş ve işaretlenmiş olmalıdır. Yalıtımlı aletlerin izolasyon kaplamaları düzenli olarak kontrol edilmeli, hasar görmüş (çatlak, soyulma vb.) aletler kullanılmamalıdır.
- **Tork Anahtarları:** Özellikle batarya modüllerinin, YG bağlantılarının ve diğer kritik bileşenlerin montajında, üreticinin belirttiği tork değerlerine hassas bir şekilde uymak çok önemlidir. Gevşek bağlantılar yüksek direnç ve ısınmaya, aşırı sıkma ise hasara veya kısa devreye neden olabilir. Bu nedenle, kalibrasyonu yapılmış tork anahtarlarının kullanımı gereklidir.

4.2. Teşhis Araçları

EV'lerin karmaşık elektrik ve elektronik sistemlerindeki arızaları doğru bir şekilde teşhis etmek için özel teşhis araçları ve ölçüm ekipmanları gereklidir:

- **Dijital Multimetre (DMM):** Temel elektriksel ölçümler (voltaj AC/DC, direnç, süreklilik) için vazgeçilmez bir araçtır.⁷ YG sistemlerinde ölçüm yapmak için kullanılacak multimetrenin uygun güvenlik kategorisine (CAT III veya CAT IV) ve yeterli voltaj değerine sahip olması zorunludur.¹⁴ LOTO prosedürünün kritik adımı olan gerilim yokluğunu doğrulamak için kullanılır. Otomatik menzil (auto-ranging) ve True

RMS gibi özellikler faydalıdır.

- **İzolasyon Direnci Test Cihazı (Megohmmeter / Megger):** YG bileşenlerinin (batarya, motor, kablolar vb.) ve devrelerinin araç şasisine veya diğer devrelere karşı yalıtım direncini ölçmek için kullanılır . Bu test, potansiyel kaçak akımları ve izolasyon hatalarını tespit etmek için önemlidir. Yüksek test voltajları uyguladığı için dikkatli kullanılmalıdır.
- **Arıza Tespit Cihazı (Diagnostic Scan Tool / Scanner):** Modern araçların elektronik kontrol üniteleri (ECU'lar) ile iletişim kurarak arıza kodlarını (DTC - Diagnostic Trouble Codes) okumak, silmek, canlı sensör verilerini (parametreleri) izlemek, bileşen testlerini (aktuatör testleri) yapmak ve çeşitli servis fonksiyonlarını (adaptasyon, kodlama, sıfırlama) gerçekleştirmek için kullanılır.¹⁴
 - **EV'ye Özel Yetenekler:** Standart OBD-II tarayıcıları genellikle EV'lerin özel sistemlerine (YG batarya, BMS, invertör, şarj kontrolü vb.) erişimde yetersiz kalır. EV'ler için, üreticiye özel veya gelişmiş çok markalı tarayıcılar gereklidir. Bu tarayıcılar, hücre voltajları ve sıcaklıkları, SoH tahmini, izolasyon direnci değeri, invertör çalışma durumu, şarj parametreleri gibi EV'ye özgü verileri okuyabilmeli ve ilgili sistemlerde teşhis yapabilmelidir.¹⁴
- **Osiloskop:** Özellikle sensör sinyallerinin, iletişim veri hatlarının (örn. CAN bus) ve güç elektroniği anahtarlama sinyallerinin dalga formlarını görselleştirmek ve analiz etmek için kullanılır. Anlık veya karmaşık elektriksel sorunların teşhisinde çok değerli bir araçtır.
- **Batarya Analizörleri:** Batarya paketinin veya tek tek modüllerin kapasitesini, iç direncini ve genel sağlık durumunu daha detaylı analiz etmek için kullanılan özel test cihazlarıdır. Genellikle servis merkezlerinde bulunur.
- **Termal Kamera:** YG bileşenlerindeki, bağlantılardaki veya kablolardaki anormal ısınmaları (gevşek bağlantı, yüksek direnç belirtisi) tespit etmek için kullanılabilir.

4.3. Kaldırma ve Taşıma Ekipmanları (EV'ye Özgü Hususlar)

EV'lerin servis işlemleri sırasında kaldırılması ve bazı ağır bileşenlerinin (özellikle batarya paketi) taşınması özel dikkat ve ekipman gerektirir:

- **Araç Liftleri:** EV'ler, büyük batarya paketleri nedeniyle genellikle aynı boyuttaki ICE araçlardan önemli ölçüde daha ağırdır . Serviste kullanılacak araç liftlerinin (iki sütunlu, dört sütunlu, makaslı vb.) taşıma kapasitesinin aracın ağırlığı için yeterli olduğundan emin olunmalıdır . Ayrıca, batarya paketinin genellikle aracın tabanında yer alması

nedeniyle, liftin kollarının yerleştirileceği kaldırma noktaları üretici tarafından belirtilen güvenli noktalara denk gelmelidir. Yanlış noktalardan kaldırmak batarya muhafazasına veya diğer bileşenlere zarar verebilir.

- **Batarya Kaldırma ve Taşıma Cihazları:** EV batarya paketleri yüzlerce kilogram ağırlığında olabilir . Bataryanın araçtan sökülmesi veya takılması gerektiğinde, bu işlemi güvenli ve kontrollü bir şekilde yapmak için özel ekipmanlara ihtiyaç duyulur. Bunlar genellikle şunları içerir:
 - *Batarya Lifti/Krikosu:* Aracı lifte kaldırdıktan sonra bataryayı alttan destekleyerek indirmek veya kaldırmak için kullanılan, genellikle hidrolik veya elektrikli, tekerlekli ve ayarlanabilir tablalı özel liftlerdir.
 - *Batarya Taşıyıcısı:* Sökülen bataryayı atölye içinde güvenli bir şekilde taşımak için kullanılan özel arabalardır.
 - *Vinç/Askı Aparatları:* Bazı durumlarda bataryayı üstten kaldırmak için özel vinçler veya askı aparatları gerekebilir.
 - Bu ekipmanlar, bataryanın ağırlığını taşıyabilecek kapasitede olmalı ve bataryayı hasardan koruyacak şekilde tasarlanmış olmalıdır.
- **Diğer Kaldırma Ekipmanları:** Standart zemin krikoları veya mobil krikolar kullanılacaksa, bunların da EV'nin ağırlığına uygun kapasitede olması ve doğru kaldırma noktalarında kullanılması gerekir .

4.4. Öngörücü Bakım ve Uzaktan Tanılama (Predictive Maintenance & Remote Diagnostics)

Otomotiv teknolojisindeki gelişmelerle birlikte, EV bakım anlayışı da reaktif (arıza sonrası onarım) yaklaşımdan proaktif (arıza öncesi tahmin ve önlem) yaklaşıma doğru evrilmektedir. Bu dönüşümde öngörücü bakım ve uzaktan tanılama teknolojileri kilit rol oynamaktadır.

- **Öngörücü Bakım (Predictive Maintenance - PdM):** Araç üzerindeki sensörlerden toplanan verileri ve gelişmiş analiz yöntemlerini (özellikle Yapay Zeka - AI ve Makine Öğrenmesi - ML) kullanarak, bileşenlerin veya sistemlerin ne zaman arızalanabileceğini veya bakıma ihtiyaç duyacağını önceden tahmin etme sürecidir.¹⁶ Amaç, arızalar meydana gelmeden önce müdahale ederek plansız duruşları önlemek, bakım maliyetlerini optimize etmek ve güvenliği artırmaktır.¹⁷
 - *Nasıl Çalışır?*
 1. **Veri Toplama:** Araç üzerindeki çok sayıda sensör (batarya hücre voltajları/sıcaklıkları, motor akımı/titreşimi, invertör sıcaklığı, şarj verileri, sürüş

paternleri vb.) sürekli olarak veri toplar.¹⁷

2. **Veri İletimi:** Telematik sistemleri aracılığıyla bu veriler genellikle kablosuz olarak (OTA) üreticinin veya servis sağlayıcının bulut platformlarına iletilir.¹⁶

3. **Veri Analizi (AI/ML):** Bulutta veya bazen araç üzerinde (edge computing ¹⁷) çalışan AI ve ML algoritmaları, bu büyük veriyi analiz eder. Algoritmalar, normal çalışma koşullarını öğrenir, verilerdeki anormal sapmaları veya bozulma trendlerini tespit eder ve istatistiksel modeller (örn. Weibull regresyonu ⁶⁸) veya öğrenme modelleri (örn. Sinir Ağları - BPNN ¹⁶) kullanarak potansiyel arızaları veya kalan kullanım ömrünü (RUL) tahmin eder.¹⁶

○ *Uygulama Alanları:*

■ **Batarya Sağlığı (SoH) ve RUL Tahmini:** En yaygın uygulama alanıdır. Şarj/deşarj döngüleri, sıcaklık geçmişi, derindeşarj sayısı gibi faktörler analiz edilerek bataryanın ne zaman kapasitesinin kritik seviyeye düşeceği veya değiştirilmesi gerekeceği tahmin edilir.¹⁶

■ **Motor ve Güç Elektroniği İzleme:** Motor sargılarındaki anormallikler, rulmanlardaki aşınmalar (titreşim analizi ile), invertördeki IGBT veya kapasitörlerin bozulma eğilimleri gibi durumlar erken aşamada tespit edilebilir.¹⁶

■ **Diğer Sistemler:** Fren sistemi, soğutma sistemi gibi diğer kritik sistemlerin performansı da izlenerek potansiyel sorunlar öngörülebilir.

○ *Faydaları:* Plansız arızaları ve buna bağlı yüksek maliyetleri azaltır, bakım zamanlamasını optimize eder (gereksiz bakımları önler), araç güvenliğini ve güvenilirliğini artırır, bileşenlerin ömrünü uzatır.¹⁶

● **Uzaktan Tanılama (Remote Diagnostics):** Araç servise gelmeden önce, telematik sistemler aracılığıyla iletilen veriler kullanılarak araçtaki potansiyel sorunların uzaktan teşhis edilmesidir. Bu, servise gelindiğinde onarım sürecini hızlandırabilir. Bazı yazılım kaynaklı sorunlar veya ayarlar, uzaktan yazılım güncellemeleri (OTA) ile çözülebilir, bu da servis ziyaretine olan ihtiyacı ortadan kaldırabilir.¹⁶ Araç sahipleri de genellikle mobil uygulamalar aracılığıyla araçlarının temel sağlık durumu hakkında bilgi alabilirler.

Öngörücü bakım ve uzaktan tanılama, EV servis sektörünü kökten değiştiren teknolojilerdir. Geleceğin teknisyenleri, sadece mekanik veya elektriksel arızaları gidermekle kalmayıp, aynı zamanda veri analizi yapabilen, teşhis platformlarını etkin kullanabilen ve AI/ML tabanlı sistemlerin ürettiği uyarıları yorumlayabilen kişiler olacaktır. Bu teknolojiler, teknisyenin yerini almaktan ziyade, onlara daha proaktif ve verimli çalışma imkanı sunan araçlar olarak

görülmelidir. VET programlarının, öğrencileri bu yeni dijital becerilerle donatması giderek daha önemli hale gelmektedir.

4.5. Batarya Geri Dönüşümü ve İkinci Kullanım (End-of-Life Management)

Elektrikli araçların yaygınlaşmasıyla birlikte, ömrünü tamamlamış (End-of-Life - EoL) yüksek voltaj bataryalarının yönetimi önemli bir çevresel ve ekonomik konu haline gelmiştir. Bu bataryalar, lityum, kobalt, nikel, manganez, bakır ve alüminyum gibi değerli materyaller içerir.⁷¹ Aynı zamanda, yanlış yönetildiklerinde çevreye zarar verebilecek tehlikeli maddeler de barındırırlar. Bu nedenle, EoL bataryaların güvenli bir şekilde toplanması, taşınması ve işlenmesi kritik öneme sahiptir.

Batarya Geri Dönüşüm Yöntemleri:

EoL bataryalardaki değerli materyalleri geri kazanmak için başlıca iki endüstriyel yöntem kullanılmaktadır:

4.5.1 Pirometalurji (Yüksek Sıcaklık İşlemi): Bu yöntemde, bataryalar (genellikle ön işlemiden sonra veya bazen doğrudan) çok yüksek sıcaklıklardaki (örn. 1400°C üzeri) fırınlarda eritilir.¹⁸ Eritme işlemi sırasında metaller alaşımlar veya cüruf (atık) fazında toplanır ve daha sonra ayrıştırılır.

- *Avantajları:* Genellikle daha az karmaşık ön işlem gerektirir, farklı batarya kimyalarını birlikte işleyebilir.
- *Dezavantajları:* Çok yüksek enerji tüketir, genellikle lityum gibi hafif metallerin geri kazanım verimi düşüktür veya hiç kazanılamaz (cürufa karışır), potansiyel olarak zararlı hava emisyonları (baca gazları) oluşturabilir.¹⁸ Kobalt, nikel, bakır gibi metaller daha verimli geri kazanılabilir.

4.5.2 Hidrometalurji (Kimyasal İşlem): Bu yöntemde, bataryalar genellikle önce mekanik olarak parçalanır (shredding) ve plastik, metal kasa gibi bileşenler ayrılır. Geriye kalan aktif materyalleri içeren "siyah kütle" (black mass), kimyasal çözeltiler (genellikle asitler) kullanılarak liç (leaching) işlemine tabi tutulur.¹⁸ Bu işlemle değerli metaller (lityum, kobalt, nikel, manganez) çözeltiye alınır ve ardından çeşitli kimyasal ayırma ve saflaştırma (çöktürme, solvent ekstraksiyonu vb.) yöntemleriyle geri kazanılır.

- *Avantajları:* Pirometalurjiye göre genellikle daha düşük enerji tüketir, lityum dahil olmak üzere birçok metal için daha yüksek geri kazanım verimliliği sağlar, daha az hava kirliliği yaratır.¹⁸ Ultrasonik destekli liç gibi tekniklerle verimlilik daha da artırılabilir.¹⁸
- *Dezavantajları:* Daha karmaşık kimyasal süreçler içerir, ön işlem (parçalama,

ayırma) gerektirir, atık su ve kimyasal atık yönetimi önemlidir.

4.5.3 Doğrudan Geri Dönüşüm (Gelişmekte Olan Yöntem): Bu yaklaşım, batarya elektrot malzemelerini (özellikle katot) eritmeden veya kimyasal olarak çözmeden, mümkün olduğunca orijinal yapısını koruyarak doğrudan yeni batarya üretiminde yeniden kullanmayı hedefler. Henüz geliştirme aşamasındadır ancak potansiyel olarak daha az maliyetli ve daha çevre dostu olabilir.

4.5.4 İkinci Kullanım (Second-Life Applications):

Bir EV bataryası, araç kullanımı için yeterli kapasiteyi (genellikle orijinal kapasitesinin %70-80'i) kaybettiğinde bile, hala önemli miktarda enerji depolama yeteneğine sahip olabilir . Bu bataryaların, daha az talepkar uygulamalarda yeniden değerlendirilmesi "ikinci kullanım" olarak adlandırılır.

- **Uygulama Alanları:**

- *Sabit Enerji Depolama:* Evlerde veya işyerlerinde güneş panellerinden üretilen enerjiyi depolamak, şebeke talebinin yüksek olduğu saatlerde enerji sağlamak (peak shaving), şebeke frekansını düzenlemek gibi amaçlarla kullanılır .
- *Mobil Şarj İstasyonları:* Diğer EV'leri şarj etmek için taşınabilir güç kaynağı olarak kullanılabilir .
- *Kesintisiz Güç Kaynakları (UPS):* Kritik sistemler için yedek güç sağlamak amacıyla kullanılabilir.
- *Diğer Uygulamalar:* Telekom baz istasyonları, sokak aydınlatması (Japonya örneği¹⁹) gibi çeşitli alanlarda potansiyel kullanımları vardır.

- **Faydaları:** Bataryanın toplam kullanım ömrünü uzatır, değerli kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar, yeni batarya üretim ihtiyacını azaltarak çevresel etkiyi düşürür, geri dönüşüm öncesi ek bir değer yaratır ve döngüsel ekonomi modeline katkıda bulunur.

Batarya ömrü yönetimi, EV ekosisteminin çevresel sürdürülebilirliği ve ekonomik fizibilitesi için hayati bir konudur. Teknisyenlerin, bataryaların sökülmesi, taşınması ve depolanması sırasında güvenlik prosedürlerine uyması ve bataryaların ömrünün sonunda doğru kanallara (geri dönüşüm veya ikinci kullanım tesisleri) yönlendirilmesi konusunda bilgi sahibi olması önemlidir. Geri dönüşüm teknolojileri ve ikinci kullanım pazarı geliştikçe, bu alanda yeni uzmanlıklar ve iş fırsatları da artacaktır.

,

5. TEKNİSYEN YETKİNLİKLERİ VE İSG

Bu öğrenme faaliyeti, elektrikli araç bakım ve onarım alanında çalışacak teknisyenlerin sahip olması gereken eğitim, sertifikasyon ve yetkinlikler ile iş sağlığı ve güvenliği (İSG) konusundaki yasal ve pratik gereklilikleri ele almaktadır.

5.1. Eğitim ve Sertifikasyon

Elektrikli araçların (EV) bakımı ve onarımı, geleneksel içten yanmalı motorlu (ICE) araçlardan farklı olarak, özellikle yüksek gerilim (YG) sistemleri, batarya teknolojileri ve karmaşık elektronik kontroller nedeniyle özel bilgi, beceri ve en önemlisi güvenlik eğitimi gerektirir.¹ Standart bir otomotiv teknisyeninin mevcut bilgisi, EV'lere güvenli ve etkin bir şekilde müdahale etmek için genellikle yeterli değildir.

5.1.1 Eğitim İçerikleri: EV teknisyenlerinin alması gereken eğitimler şunları kapsamalıdır:

- Elektriğin Temelleri ve YG Sistemleri: AC/DC teorisi, YG bileşenleri, tehlikeler (elektrik çarpması, ark parlaması), güvenlik önlemleri.
- Batarya Teknolojisi: Lityum-iyon kimyası, Batarya Yönetim Sistemleri (BMS), şarj prensipleri, SoH değerlendirmesi, termal yönetim, güvenlik riskleri.
- Güç Elektroniği: İnvertörler, DC-DC dönüştürücüler, OBC'lerin çalışma prensipleri ve teşhisi.
- Elektrik Motorları: Farklı motor tipleri (PMSM, İndüksiyon vb.), çalışma prensipleri, kontrolü ve teşhisi.
- Şarj Sistemleri: Şarj standartları, protokolleri, şarj istasyonları, araç tarafı bileşenler ve sorun giderme.
- EV'ye Özgü Teşhis Yöntemleri: Arıza tespit cihazlarının kullanımı, özel parametrelerin yorumlanması, izolasyon testi, CAN bus iletişimi.
- Güvenlik Prosedürleri: Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) seçimi ve kullanımı, Kilitleme/Etiketleme (LOTO) prosedürleri, acil durum müdahalesi, yangın güvenliği.
- İlgili Standartlar ve Yönetmelikler: ISO 6469, EN 60903, ulusal İSG mevzuatı, MYK/TSE standartları gibi yasal ve teknik gereklilikler.⁷³

5.1.2 Uluslararası Sertifikalar (ASE, IMI): Özellikle Avrupa Birliği projeleri ve uluslararası geçerlilik açısından önemli olan bazı sertifikasyon programları şunlardır:

- **ASE (Automotive Service Excellence - ABD):** Özellikle Kuzey Amerika'da yaygın olan ASE, EV'ler için "xEV High-Voltage Electrical Safety Certification" adı altında iki seviyeli bir güvenlik sertifikasyonu sunmaktadır.²⁰
 - Level 1 (Awareness): EV'lerle temas halinde olabilecek (satış, servis danışmanı,

yıkamacı vb.) ancak YG sistemlerine doğrudan müdahale etmeyecek personel için temel güvenlik farkındalığı sağlar.²⁰

- Level 2 (Technician): YG sistemlerini güvenli bir şekilde enerjisiz bırakabilen, KKD kullanabilen ve YG bileşenleri üzerinde (enerjisiz durumda) çalışabilen teknisyenler için tasarlanmıştır.¹⁴ Bu sertifika genellikle 3 yıl geçerlidir.²⁰
- **IMI (Institute of the Motor Industry - İngiltere/Uluslararası):** Avrupa'da ve birçok ülkede tanınan IMI, EV ve Hibrit araçlar için farklı seviyelerde (Level 1'den Level 4'e kadar) mesleki yeterlilikler sunmaktadır.²¹
 - Level 1: Temel farkındalık.⁷⁴
 - Level 2: Tehlike yönetimi (acil durum personeli için) veya rutin bakım faaliyetleri.⁷⁴
 - Level 3: YG sistemlerinin onarımı ve değiştirilmesi.⁷⁴
 - Level 4: İleri düzey teşhis, test ve onarım (bileşen seviyesinde).⁷⁴
 - Bu seviyeler, teknisyenin YG sistemleri üzerinde hangi düzeyde çalışmaya yetkili olduğunu belirler. IMI sertifikaları, Avrupa'da birçok ülkede standart olarak kabul görmektedir.⁷³

5.1.3 Türkiye’de MYK/TSE ve Marka Eğitimleri: Türkiye’de EV alanında çalışacak teknisyenlerin ve servislerin uyması gereken ulusal düzenlemeler ve standartlar bulunmaktadır:

- **MYK (Mesleki Yeterlilik Kurumu):** MYK, çeşitli meslekler için ulusal meslek standartları yayınlamakta ve bu standartlara dayalı olarak mesleki yeterlilik belgelendirmesi yapmaktadır. EV alanı için de "Batarya Elektrikli Araç Servis Elemanı (Seviye 3)"¹ gibi meslek standartları ve ilgili yeterlilikler mevcuttur. Belirli işleri yapabilmek için MYK belgesi zorunluluğu getirilmiştir veya getirilmesi planlanmaktadır.³⁷ Bu standartlar, İSG kurallarını da içerir.¹
- **TSE (Türk Standartları Enstitüsü):** TSE, hem ürünler hem de hizmetler için standartlar belirler ve belgelendirme yapar. Otomotiv servisleri için TS 12047 (Yetkili Servisler - Genel Kurallar) gibi standartlar bulunmaktadır.³⁶ Ayrıca, TSE'nin EV teknolojileri ve bakımı ile ilgili özel standartları (örn. TSE K 646³⁶) ve bu konularda düzenlediği eğitim ve sınavlar mevcuttur.³⁶ Elektrikli araç bakım ve onarımından sorumlu kişilerin TSE veya MYK tarafından verilen bir yeterlilik belgesine sahip olması bazı düzenlemelerde şart koşulmaktadır.³⁷
- **Marka Özel Eğitim ve Yetkilendirme:** Araç üreticileri, kendi modellerinin teknolojik özelliklerine ve servis prosedürlerine hakim, yetkili teknisyenler

yetiştirmek için kapsamlı eğitim programları düzenlerler. Yetkili servislerde çalışabilmek için genellikle bu markaya özel eğitimleri tamamlamak ve sertifika almak gerekir.² Bu eğitimler, genellikle en güncel ve modele özgü bilgileri içerir.

- **Yetkinlik ve Sürekli Gelişim:** Sertifikasyona sahip olmak önemli olsa da, asıl önemli olan teknisyenin teorik bilgiyi pratikte doğru ve güvenli bir şekilde uygulayabilme yetkinliğidir.² EV teknolojisi hızla geliştiği için, teknisyenlerin sürekli olarak kendilerini güncellemeleri, yeni teknolojiler ve prosedürler hakkında bilgi sahibi olmaları ve periyodik tazeleme eğitimleri almaları gerekmektedir.

Sonuç olarak, EV teknisyeni olmak, hem uluslararası standartlarda (güvenlik ve temel teknoloji için) hem de çalışılan ülkenin yasal gerekliliklerine (Türkiye için MYK, TSE) uygun, belgelendirilmiş bir uzmanlık gerektirir. Bu alanda çalışmak isteyenler için doğru eğitimi almak ve ilgili sertifikaları edinmek, hem kariyer gelişimi hem de yasal uyumluluk açısından bir ön koşuldur. VET programları, mezunlarını bu çift yönlü (uluslararası ve ulusal) gerekliliklere hazırlamalıdır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız.

<https://youtu.be/H5iHp64PFxY>

5.2. İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) Uygulamaları

Elektrikli araç servislerinde İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG), sadece yüksek gerilim tehlikelerinden ibaret değildir; kimyasal, mekanik, ergonomik ve çevresel riskleri de içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Türkiye'de İSG uygulamaları temel olarak 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bu kanuna dayalı yönetmelikler ile düzenlenmektedir.¹

5.2.1 Yasal Çerçeve (Türkiye):

- **6331 Sayılı İSG Kanunu:** İşverenlerin ve çalışanların İSG konusundaki temel yükümlülüklerini belirler.³⁸ İşverenin risk değerlendirmesi yapma/yaptırma, çalışanları bilgilendirme ve eğitme, gerekli KKD'leri sağlama, sağlık gözetimi yapma gibi sorumlulukları vardır.¹ Çalışanların ise İSG kurallarına uyma, talimatlara göre hareket etme, kendilerinin ve diğerlerinin güvenliğini tehlikeye atmama gibi yükümlülükleri bulunur.³⁸
- **İlgili Yönetmelikler:**
 - Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik: Hangi işlerde hangi KKD'nin kullanılacağı, KKD seçimi, kullanımı ve bakımı ile ilgili kuralları belirler.
 - Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği: İşyerlerinde kullanılması gereken uyarı, yasaklama, bilgilendirme işaretleri ile ilgili standartları belirler.¹ YG uyarı levhaları bu kapsamdadır.
 - İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği: Liftler, krikolar, el aletleri gibi iş ekipmanlarının güvenli kullanımı ve periyodik kontrolleri ile ilgili gereklilikleri içerir.
 - Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik: Soğutma sıvıları, temizleyiciler, batarya elektrolitleri gibi kimyasalların riskleri ve güvenli kullanımı ile ilgilidir.
 - Elektrikle İlgili Yönetmelikler: Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği gibi yönetmelikler, atölyenin elektrik altyapısının güvenliği açısından önemlidir.
 - Atık Yönetimi Yönetmeliği: Özellikle ömrünü tamamlamış bataryalar, kullanılmış yağlar ve kimyasallar gibi tehlikeli atıkların yönetimi ile ilgili kuralları belirler.¹

5.2.2 Atölye ve Ekipman Güvenliği :

- **Çalışma Alanı Düzeni:** Atölye temiz, düzenli ve iyi aydınlatılmış olmalıdır. Yürüme yolları ve acil çıkışlar açık tutulmalıdır.
- **YG Çalışma Alanları:** YG üzerinde çalışılacak alanlar (varsa özel bölmeler veya işaretlenmiş alanlar) açıkça belirlenmeli, uyarı levhaları ile işaretlenmeli ve yetkisiz kişilerin girişi engellenmelidir.¹ Bu alanlarda yalıtkan paspaslar gibi ek önlemler alınabilir.
- **Havalandırma:** Özellikle batarya şarj alanlarında ve kimyasallarla çalışılan bölgelerde yeterli havalandırma sağlanmalıdır (yanıcı veya toksik gaz birikimini önlemek için).

- **Acil Durum Ekipmanları:** Uygun tipte ve sayıda yangın söndürücüler (bkz. Bölüm 3.4), ilk yardım çantaları, göz yıkama solüsyonları ve yalıtkan kurtarma kancası gibi acil durum ekipmanları kolayca erişilebilir yerlerde bulundurulmalı ve periyodik kontrolleri yapılmalıdır.¹⁴

5.2.3 Kimyasal ve Atık Yönetimi

Kimyasal Güvenlik: Soğutma sıvıları, fren hidrolikleri, temizleme solventleri gibi kimyasalların Güvenlik Bilgi Formları (SDS/MSDS) bulundurulmalı, riskleri bilinmeli ve dökülme/sızıntı durumlarına karşı uygun emici malzemeler ve müdahale prosedürleri hazır olmalıdır.¹ Hasarlı bataryalardan sızabilecek elektrolitlere karşı dikkatli olunmalıdır.

- **Atık Yönetimi:** Tehlikeli atıklar (EoL bataryalar, kontamine sıvılar, kimyasallar) diğer atıklardan ayrı olarak, yönetmeliklere uygun şekilde etiketlenmiş kaplarda toplanmalı ve lisanslı atık işleme tesislerine gönderilmelidir.¹
- **Mekanik Güvenlik:** Araç liftleri, krikolar ve diğer kaldırma ekipmanları sadece eğitimli personel tarafından, üretici talimatlarına ve taşıma kapasitelerine uygun olarak kullanılmalıdır.¹ Bu ekipmanların periyodik bakımları ve kontrolleri düzenli olarak yapılmalıdır. Araç altında çalışırken ek güvenlik önlemleri (sehpa vb.) alınmalıdır.

5.2.4 Ergonomi ve Acil Durum Hazırlığı: Tekrarlayan hareketlerden, uygunsuz çalışma duruşlarından ve ağır yükleri manuel olarak kaldırmaktan kaçınılmalıdır. Gerekli durumlarda yardımcı kaldırma/taşıma ekipmanları kullanılmalıdır.

EV servislerinde İSG, teknisyenlerin ve işverenlerin ortak sorumluluğudur. Yasal gerekliliklere uymak, riskleri doğru değerlendirmek, gerekli önlemleri almak (KKD, LOTO, güvenli çalışma prosedürleri) ve sürekli bir güvenlik kültürü oluşturmak, kazaları önlemek ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak için esastır. VET programları, teknik becerilerin yanı sıra bu İSG bilincini ve uygulamalarını da öğrencilere kazandırmalıdır.

KAYNAKÇA

- ³ Power Electric. (t.y.). *Advantages of Permanent Magnet AC Motors Over AC Induction Motors*. Power Electric Motor Blog. Erişim adresi: <https://www.powerelectric.com/motor-blog/advantages-of-permanent-magnet-ac-motors-over-ac-induction-motors>
- ⁴ Ennovi. (2024, Ağustos 21). *Types of Electric Motors for EVs*. Ennovi Blog. Erişim adresi: <https://ennovi.com/types-of-electric-motors-for-evs/>
- ²⁴ Power Motor. (t.y.). *Four Types of Electric Motors Used in Electric Vehicles*. Power Motor Technologies. Erişim adresi: <https://www.power-motor.com/?Technologies/530.html>
- ²⁵ Horizon Technology. (t.y.). *Induction vs. Permanent Magnet Motor Efficiency | Electrification*. Horizon Technology Blog. Erişim adresi: <https://www.horizontechnology.biz/blog/induction-vs-permanent-magnet-motor-efficiency-auto-electrification>
- ⁵ Nickel Institute. (2021). *Total Cost of Ownership (TCO) for Electric Vehicles (EV) vs Internal Combustion Engine Vehicles (ICE)*. Nickel Institute. Erişim adresi: <https://nickelinstitute.org/en/nickel-applications/nickel-in-batteries/total-cost-of-ownership-tco-for-electric-vehicles-ev-vs-internal-combustion-engine-vehicles-ice>
- ⁶ Ayvens Greece. (t.y.). *Comparing EV & ICE costs*. Ayvens. Erişim adresi: <https://www.ayvens.com/en-gr/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
- ²⁶ Ayvens Switzerland. (t.y.). *Comparing EV & ICE costs*. Ayvens. Erişim adresi: <https://www.ayvens.com/en-ch/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
- ²⁷ LeasePlan Global. (t.y.). *Comparing EV & ICE costs*. LeasePlan. Erişim adresi: <https://www.leaseplan.com/en-lp/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
- ²⁸ Solera. (t.y.). *Unveiling the Cost Dynamics: EVs Face Higher Repair Bills Than ICE Models in Global Study*. Solera Blog. Erişim adresi: <https://www.solera.com/blog/unveiling-the-cost-dynamics-evs-face-higher-repair-bills-than-ice-models-in-global-study/>
- ¹⁰ Pacific Cert. (t.y.). *ISO 6469-2:2022 Electrically Propelled Road Vehicles – Safety Specifications – Part 2: Operational Safety Means*. Pacific Cert. Erişim adresi: <https://pacificcert.com/iso-6469-2-2022/>
- ¹¹ BSI Group. (2019). *BS ISO 6469-1:2019 Electrically propelled road vehicles. Safety specifications - On-board rechargeable energy storage system (RESS)*. BSI Knowledge. Erişim adresi: <https://knowledge.bsigroup.com/>

Alıntılanan çalışmalar

1. ULUSAL MESLEK STANDARDI BATARYA ELEKTRİKLİ ARAÇ SERVİS ELEMANI SEVİYE 3 REFERANS KODU / 16UMS0516-3 RESMÎ GAZETE TARİH-SA - MYK Portal, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://portal.myk.gov.tr/index.php?fileName=16UMS0517-3%20Rev%20000%20Batarya%20Elektrikli%20Ara%C3%A7%20Servis%20Eleman%C4%B1&dl=Meslek_Standartlari/3258/SON_TASLAK_PDF_20180925_155700.pdf
2. Elektrikli araç servisinde ön şart yetkinlik ve güvenlik - İstanbul Ticaret Gazetesi, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://istanbulticaretgazetesi.com/elektrikli-arac->

- [servisinde-on-sart-yetkinlik-ve-guvenlik](#)
3. Advantages of Permanent Magnet AC Motors Over AC Induction ..., erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.powerelectric.com/motor-blog/advantages-of-permanent-magnet-ac-motors-over-ac-induction-motors>
 4. Types of Electric Motors for EVs: AC vs DC - Ennovi, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://ennovi.com/types-of-electric-motors-for-evs/>
 5. Total Cost of Ownership (TCO) for Electric Vehicles (EV) vs Internal ..., erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://nickelinstitute.org/en/nickel-applications/nickel-in-batteries/total-cost-of-ownership-tco-for-electric-vehicles-ev-vs-internal-combustion-engine-vehicles-ice>
 6. The difference in costs between an EV and an ICE | Ayvens Greece ..., erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.ayvens.com/en-gr/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
 7. How to Check EV Battery Health - Joosup, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.joosup.com/how-to-check-ev-battery-health/>
 8. Health status of a battery: SoH is not always SoH | TÜV SÜD - TUV Sud, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.tuvsud.com/en-us/e-ssentials-newsletter/automotive-essentials/e-ssentials-03-2024/health-status-of-a-battery>
 9. Assessing Battery Health When Buying a Used Electric Vehicle | FLO, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.flo.com/insights/assessing-battery-health-when-buying-a-used-electric-vehicle/>
 10. ISO 6469-2:2022 | Pacific Certifications, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://pacificcert.com/iso-6469-2-2022/>
 11. BS ISO 6469-1:2009 | 31 Oct 2009 - BSI Knowledge, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://knowledge.bsigroup.com/products/electrically-propelled-road-vehicles-safety-specifications-on-board-rechargeable-energy-storage-system-ress/standard>
 12. ISO 6469-4 Electrically propelled road vehicles – Safety ..., erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://h2tools.org/fuel-cell-codes-and-standards/iso-6469-4-electrically-propelled-road-vehicles-safety-specifications>
 13. meadhunt.com, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://meadhunt.com/client/GoDurham/Vehicles/ElectricBusTechnicianTraining.pdf>
 14. nada2024.mapyourshow.com, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://nada2024.mapyourshow.com/mys_shared/nada2024/handouts/EV4_ASE%20Electrified%20Propulsion%20Vehicles.pdf
 15. Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout) - Overview ... - OSHA, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.osha.gov/control-hazardous-energy>
 16. Next Generation of Electric Vehicles: AI-Driven Approaches for ..., erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/5/1041>
 17. Smart Predictive Maintenance | Microchip Technology, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.microchip.com/en-us/solutions/technologies/machine-learning/smart-predictive-maintenance>
 18. Lityum İyon Pillerin Geri Dönüşümü için Ultrasonik - Hielscher Ultrasonics, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.hielscher.com/tr/ultrasonics-for-the-recycling-of-lithium-ion-batteries.htm>
 19. Elektrikli araçların pilleri nasıl geri dönüştürülür? - Nitro Mekatronik, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://nitrobilisim.com.tr/tr/elektrikli-araclarin-pilleri-nasil-geri-donusturulur>
 20. ASE xEV Safety Certifications - Automotive Service Excellence, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.ase.com/ev/>
 21. Electric Vehicle Qualifications | Training & Courses | IMI, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://tide.theimi.org.uk/learn/qualifications/electric-vehicle-qualifications-training>

22. ISO 6469 - Electrically Propelled Road Vehicles Package - iTeh Standards, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://standards.iteh.ai/catalog/package/iso-6469-electrically-propelled-road-vehicles-package>
23. The Importance of State of Charge (SOC) and State of Health (SOH) in Battery Management Systems | Article - Monolithic Power Systems, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.monolithicpower.com/en/learning/resources/the-importance-of-state-of-charge-and-state-of-health-in-battery-management-systems>
24. Four Types of Electric Motors Used in Electric Vehicles - Power Motor, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.power-motor.com/?Technologies/530.html>
25. Induction vs. Permanent Magnet Motor Efficiency | Electrification - Horizon Technology, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.horizontechnology.biz/blog/induction-vs-permanent-magnet-motor-efficiency-auto-electrification>
26. The difference in costs between an EV and an ICE | Ayvens Switzerland, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.ayvens.com/en-ch/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
27. Comparing costs of EVs vs ICE vehicles | LeasePlan International, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.leaseplan.com/en-lp/drive-electric/ev-costs/ev-vs-ice-costs/>
28. Unveiling the Cost Dynamics: EVs Face Higher Repair Bills Than ICE Models in Global Study - Solera, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.solera.com/blog/unveiling-the-cost-dynamics-evs-face-higher-repair-bills-than-ice-models-in-global-study/>
29. Calculate your EV battery State of Health and real capacity using math and a charger, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.reddit.com/r/electricvehicles/comments/195atxg/calculate_your_ev_battery_state_of_health_and_real/
30. www.emo.org.tr, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.emo.org.tr/ekler/f8ef07261434b1b_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=0
31. Electric School Bus Familiarization Webinar Series Module 3: High Voltage Safety Considerations, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://driveelectric.gov/files/u/webinar/55/presentation_upload/full-slide-deck-final-10.1.24%20-hv-safety-considerations.pdf
32. Experimental Study on Suppression of Lithium Iron Phosphate Battery Fires - CDC stacks, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://stacks.cdc.gov/view/cdc/170636/cdc_170636_DS1.pdf
33. Fire Extinguishers and the Risks Associated with Lithium-ion Battery Fires - Amerex Fire, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.amerex-fire.com/upl/downloads/content-blocks/risks-associated-with-lithium-ion-battery-fires.pdf>
34. BU-304a: Safety Concerns with Li-ion - Battery University, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://batteryuniversity.com/article/bu-304a-safety-concerns-with-li-ion>
35. TEİAŞ İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği (mülga) - Konsolide metin | LEXPERA, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.lexpera.com.tr/mevzuat/yonetmelikler/teias-is-sagligi-ve-guvenligi-yonetmeligi>
36. Elektrikli Araç Bakım Ve Onarımcısı Eğitim ve Sınavı Duyurusu - Türk Standartları Enstitüsü, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.tse.org.tr/duyuru/elektrikli-arac-bakim-ve-onarimcisi-egitim-ve-sinavi-duyurusu/>
37. Elektrikli Araçlara İlişkin Hukuki Düzenlemeler | Bıçak Hukuk Bürosu, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.bicakhukuk.com/en/elektrikli-araclara-iliskin-hukuki-duzenlemeler/>
38. türkiye elektrik dağıtım anonim şirketi - genel müdürlüğü - iş sağlığı ve güvenliği

- yönergesi - TEDAŞ, erişim tarihi Nisan 23, 2025,
<https://www.tedas.gov.tr/FileUpload/MediaFolder/26f66633-3192-4544-b342-f81589a1e5b5.pdf>
39. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN YÖNETMELİK ÇALIŞMASI - EMO, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.emo.org.tr/ekler/3a91123bcf8e081_ek.pdf?dergi=1051
 40. ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN YÖNETMELİK ÇALIŞMASI - EMO, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.emo.org.tr/ekler/7450392ca044182_ek.pdf
 41. Şarj İstasyonlarında Elektrikli Araç Güvenliği - İsos Enerji, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.isosenerji.com/sarj-istasyonlarında-elektrikli-arac-guvenligi/>
 42. Kapalı Otoparklar - Elektrikli Araçlar İçin Yangın Güvenliği Kılavuzu Bölüm-1 – ETP, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.elektriktesisatportali.com/kapali-otoparklar-elektrikli-araclar-icin-yangin-guvenligi-kilavuzu-bolum-1.html>
 43. The Complete Guide to Electrical Insulation Gloves - Reece Safety, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.reecesafety.co.uk/guide-to-electrical-insulation-gloves/>
 44. Insulating Gloves (LV MV HV 11kV 33kV Electrical Gloves) - Thorne & Derrick, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.powerandcables.com/product/electrical-safety/insulating-gloves-lv-mv-hv-11kv-33kv-gloves/>
 45. EN60903 standard: electrical insulating gloves - Unigloves, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://uk.unigloves.com/blogs/news/eu-standard-en60903-for-electrical-insulating-gloves>
 46. Salisbury Electrical Insulating Gloves, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.salisburyshop.com/salisbury-electrical-gloves-overview>
 47. Electrical Gloves 101: A Complete Tutorial on Types, Standards, and Safety Practices, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://fieldcomplete.com/blog/financial-management-for-contractors/electrical-gloves-101-a-complete-tutorial-on-types-standards-and-safety-practices>
 48. 4 things they don't tell you about electrical gloves - Vandeputte, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.vdp.com/EN/Nieuws/date/desc/1/3119/0/4-things-they-dont-tell-you-about-electrical-gloves.html>
 49. BS EN 60903:2003 | 17 Feb 2004 - BSI Knowledge, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <http://knowledge.bsigroup.com/products/live-working-gloves-of-insulating-material>
 50. Class 1 Rubber Electrical Gloves - Oberon Company, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://oberoncompany.com/product/rubber-electrical-gloves-1/>
 51. Guide On EV Diagnostic Insulating Gloves Class 0 | Warwick Test Supplies, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://warwickts.com/5581/Guide-on-EV-Insulated-Gloves>
 52. KKD EN Standartları Rehberi, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://usakisg.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2023_04/05093211_EK-4_KKD_EN_STANDARTLARI_REHBERY.doc
 53. Lockout Tagout Procedures - An 8-Step Guide - BradyID.com, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.bradyid.com/resources/lockout-tagout-procedures>
 54. Guide to Lockout Tagout Procedures | NASP - National Association of Safety Professionals, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.naspweb.com/blog/guide-to-lockout-tagout-procedures/>
 55. Lockout/Tag out - CCOHS, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.ccohs.ca/oshanswers/hsprograms/lockout.html>
 56. 8 Steps of the Lockout-Tagout (LOTO) Procedure - SEAM Group, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.seamgroup.com/8-steps-of-lockout-tagout-loto-procedure/>
 57. The 6 Steps of Lockout/Tagout (LOTO) Safety Procedures - Vector Solutions, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.vectorsolutions.com/resources/blogs/loto-safety-6-steps-of-lockout-tagout/>

58. Developing Proper Lockout Tagout Procedures | Toyota Forklifts Blog, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.toyotaforklift.com/resource-library/blog/safety-support/developing-proper-lockout-tagout-procedures>
59. Lockout/Tagout for the Automotive Repair Industry - Oregon OSHA, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://osha.oregon.gov/OSHAPubs/factsheets/fs33.pdf>
60. Lockout Tagout Procedures - YouTube, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=ZJVoF4U41DA>
61. A review of fire-extinguishing agent on suppressing lithium-ion batteries fire - Hazard Control Technologies, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://hct-world.com/wp-content/uploads/2023/08/TR_F5_AM_L_Beijing-Institute-of-Technology-2021.pdf
62. Lithium-ion Battery Fire Extinguishers: The Search for a Solution - Amerex Fire Systems, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://amerex-fire.com/learning-center/flashpoint/lithium-ion-battery-fire-extinguishers-the-search-for-a-solution/>
63. Experimental Study on Different Extinguishing Agents for Fire of Lithium Ion Batteries for Electric Mobility - Chemical Engineering Transactions, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.cetjournal.it/cet/23/104/008.pdf>
64. A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression - MDPI, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/19/5117>
65. What role can extinguishers play in managing Lithium-ion battery fire risks? - IFSEC Global, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.ifsecglobal.com/advertorial/what-role-can-extinguishers-play-in-managing-lithium-ion-battery-fire-risks/>
66. Lithium and Lithium-Ion Battery Test Results | Download Scientific Diagram - ResearchGate, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.researchgate.net/figure/Lithium-and-Lithium-Ion-Battery-Test-Results_tbl1_349867987
67. Common Myth #32 - Steel Fire Equipment, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.steelfire.com/UserFiles/Docs/Myth%2032%20-%20D%20Class%20for%20Lithium%20Ion%20Batteries.pdf>
68. (PDF) AI-Based Predictive Maintenance for Electric Vehicles: Enhancing Reliability and Performance - ResearchGate, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.researchgate.net/publication/386228936_AI-Based_Predictive_Maintenance_for_Electric_Vehicles_Enhancing_Reliability_and_Performance
69. A review on Machine Learning Enhanced Predictive Maintenance for Electric Vehicle Power Electronics - E3S Web of Conferences, erişim tarihi Nisan 23, 2025, https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2024/35/e3sconf_icarae2023_03017.pdf
70. How AI-powered predictive analytics are revolutionising EV maintenance - YourStory.com, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://yourstory.com/2024/08/ai-predictive-analytics-revolutionising-ev-maintenance-two-wheeler>
71. Elektrikli Araç Pilleri Geri Dönüştürülebilir mi? - WAT Mobilite, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.watmobilite.com/blog/elektrikli-arac-pilleri-geri-donusturulebilir-mi>
72. Atık pildeki ağır metallerin toprak ve suya karışmaması için ne yapılmalı?, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.elektriklilaraclardergisi.com/genel/atik-pildeki-agir-metallerin-toprak-ve-suya-karismamasi-icin-ne-yapilmali/>
73. Browse Classes | SSF - European Parts Masters, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://ssf.coursestorm.com/browse>
74. IMI EV Qualifications - Pro-moto Europe Ltd, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.pro-moto.co.uk/product-category/courses/imi-ev-qualifications/>

75. Courses - Pro-moto Europe Ltd, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://www.pro-moto.co.uk/product-category/courses/>

Elektrikli Araç Şarj İstasyonlarına İşyeri Açma VE Çalışma Ruhsatı Verilmesine İlişkin Rehber Ruhsatlandırma Ad, erişim tarihi Nisan 23, 2025, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/yerelyonetimler/icerikler/sarj--stasyonu-ruhsatlandirma-rehber--20220530134502.pdf>