



MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA İŞ GÜVENLİĞİ VE KİŞİSEL KORUYUCU DONANIM UYGULAMALARI

2023-2-TR01-KA210-VET-000180148

**Elektrikli Araçlar Teknolojisinde 4.0
Standartlarına Göre Yeni Uygulamalar**



**Funded by
the European Union**

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

1. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR (KKD)	1
1.1. Elektrikli Araç Bakımındaki Başlıca Tehlikeler	1
1.2. Elektrikli Araç Teknisyenleri İçin Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)	1
1.3. Elektrikli Araç Bakımında KKD İle En İyi Uygulamalar	4
1.4. Elektrikli Araçlarda Servis Alanı Güvenliği	4
2. İŞ GÜVENLİĞİ TALİMATLARI VE PROSEDÜRLERİ	8
2.1. Elektrikli Araç Bakım ve Onarımında İş Güvenliği Prosedürleri	8
2.2. Yüksek Gerilimli Sistemlerin Enerjisizleştirilmesi (Güvenli Durum Prosedürü)	8
2.3. Kilitleme/Etiketleme (LOTO) Prosedürleri	9
2.4. Sıfır Enerji Durumunun Doğrulanması	9
2.5. KKD Gerekliklikleri ve Kullanımı	10
2.6. Batarya İşleme ve Kimyasal Güvenlik	10
2.6.1. Yalıtım Direnci Testi (Megohmmetre Kullanımı)	11
2.7. Yangın Güvenliği ve Acil Durum Müdahalesi	13
2.8. Eğitim ve Sertifikasyon	14
2.9. En İyi Uygulamalar Özeti	15
3. UYARI İŞARETLERİ VE ANLAMLARI	16
3.1. Elektrikli Araç Bakım ve Onarımında Resmî Uyarı İşaretleri (AB / Uluslararası Standartlar)	16
3.1.1. Yüksek Gerilim Uyarı İşareti	16
3.1.2. Elektrik Tehlikesi / Elektrik Çarpması Riski Uyarı İşareti	16
3.1.3. Yangın Riski / Yanıcı Madde Uyarı İşareti	17
3.1.4. Tehlikeli Kimyasallar / Aşındırıcı Maddeler Uyarı İşareti	17
3.1.5. Zehirli Madde Uyarı İşareti	17
3.1.6. Yüksek Ses Seviyeleri Uyarı İşareti	18
3.1.7. Genel Tehlike / Alan Tehlikesi Uyarı İşareti	18
3.2. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Kullanım Zorunluluğu	18
3.2.1. Uygulamada Kullanımı	19
3.2.2. Kaynaklar	19
4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARA ÖZEL RİSKLER VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER	20
4.1. Yüksek Gerilimli Elektrik Sistemleri	20
4.2. Termal Kaçak ve Batarya Yangını Tehlikeleri	24
4.3. Kimyasal Tehlikeler	26
4.4. İstenmeyen Araç Hareketi	26
4.5. Kontrol Sistemi Karmaşıklığı ve Yazılım Güvenliği	26

4.6. Özel Atölye Gereklilikleri	27
4.7. Eğitim ve Personel Gereklilikleri.....	27
4.8. Özel Riskler ve Alınacak Önlemler	27
5. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA GÜVENLİK UYGULAMALARI	29
5.1. Elektrikli Araç Bakımı İçin Kişisel Koruyucu Donanım (KKD).....	29
5.1.1. Önerilen Kişisel Koruyucu Donanımlar	29
5.2. Elektrikli Araç Bakımı için İş Güvenliği Talimatları	30
5.2.1. Temel Güvenlik Uygulamaları	30
5.3. Uyarı İşaretleri ve Anlamları	30
5.3.1. Yaygın Uyarı İşaretleri	30
5.4. Elektrikli Araçlara Özgü Riskler ve Azaltıcı Önlemler	31
5.4.1. Belirlenen Riskler ve Önlemler.....	31
5.5. Örnek Uygulama: Yüksek Gerilimli Bataryaların Güvenli Şekilde Elleçlenmesi	32
5.5.1. Senaryo	32
5.6. Ek Kaynaklar	33
5.6.1. Termal Kaçak	33
5.6.2. Yüksek Gerilim Riskleri.....	33
5.6.3. Onarım Uygulamaları	34
KAYNAKÇA.....	35
İnternet kaynakları	35
Standartlar, yönetmelikler ve kılavuzlar	35

AÇIKLAMALAR

ALAN	Motorlu Araçlar Teknolojisi
MESLEK	Elektrikli Araçlar
MODÜLÜN ADI	Elektrikli Araçlarda İş Güvenliği ve Kişisel Koruyucu Donanım Uygulamaları
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül, elektrikli araç teknolojilerinde iş güvenliği risklerinin ve kişisel koruyucu donanım (KKD) gerekliliklerinin ele alındığı, elektrikli araç bakım ve onarımında kullanılan güvenlik prosedürleri, KKD türleri, uluslararası standartlar ve güvenli müdahale uygulamalarını içeren bir öğrenme materyalidir.
YETERLİK	Elektrikli araçlarda iş güvenliği risklerini tanımak, KKD'leri doğru seçip kullanmak ve güvenli müdahale prosedürlerini uygulamak.
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile elektrikli araçların bakım ve onarımında iş güvenliği prosedürlerini uygulayabilecek, kişisel koruyucu donanımları doğru seçip kullanabilecek, yüksek gerilimli sistemlere güvenli şekilde müdahale edebileceksiniz. Amaçlar 1. Elektrikli araç bakımında karşılaşılan başlıca tehlikeleri ayırt edebilecektir. 2. Elektrikli araç teknisyenleri için gerekli kişisel koruyucu donanım türlerini ve işlevlerini açıklayabilecektir. 3. KKD kullanımı ile ilgili en iyi uygulamaları güvenli bakım prosedürlerine entegre edebilecektir. 4. Yüksek gerilimli sistemlerin enerjisiz hale getirilmesi, kilitleme/etiketleme (LOTO) ve sıfır enerji doğrulaması gibi temel güvenlik protokollerini uygulayabilecektir. 5. Elektrikli araçlarda özel risklere (yüksek gerilim, termal kaçak, kimyasal tehlikeler, istenmeyen araç hareketi vb.) karşı alınacak önlemleri açıklayabilecektir.

1. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR (KKD)

Elektrikli araçlar, yüksek gerilimli sistemler, batarya tehlikeleri ve elektrik arkı riskleri nedeniyle özel iş güvenliği riskleri oluşturur. Bu tehlikeleri azaltmak için teknisyenler, Kişisel Koruyucu Donanımın (KKD) doğru seçimi ve kullanımı dahil olmak üzere katı güvenlik protokollerine uymalıdır.

1.1. Elektrikli Araç Bakımındaki Başlıca Tehlikeler

- **Yüksek Gerilim Maruziyeti** – Elektrikli araçlarda sistemler 800V DC’ye kadar çalışabilir.
- **Ark Parlama ve Ark Patlaması** – Ani boşalmalar yanıklara veya patlamalara neden olabilir.
- **Elektrik Çarpması** – Hasarlı izolasyon veya uygunsuz topraklama sonucu oluşabilir.
- **Kimyasal Maruziyet** – Lityum-iyon batarya sızıntılarından (elektrolit tehlikelidir).
- **Termal Yanıklar** – Aşırı ısınmış bileşenlerden kaynaklanabilir.
- **Mekanik Yaralanmalar** – Kaldırma, kesme vb. standart atölye riskleri.

1.2. Elektrikli Araç Teknisyenleri İçin Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD)

Yüksek gerilimli sistemlerde güvenle çalışabilmek için, elektrikli araçlara özel kişisel koruyucu ve ortam koruyucu donanımların kullanılması zorunludur.

Elektrikli araçların bakım ve onarımı sırasında kullanılan temel KKD’lerin teknik adları ve açıklamaları Görsel 1.1’de verilmiştir.

KKD Adları	Teknik Adı	Fonksiyon / Sağladığı Koruma	Görsel
İzole Eldivenler	Sınıf 0 / Sınıf 1 Kauçuk İzole Eldiven (ASTM D120, IEC 60903)	Elektrik çarpmasına karşı koruma (Sınıf 0 için 1000V AC / 1500V DC’ye kadar)	

Deri Koruyucular	Elektrik İzole Eldivenleri için Üst Eldiven	Kauçuk eldivenler mekanik hasarlardan korur	
İzole Aletler	VDE Sertifikalı İzole El Aletleri (IEC 60900)	Canlı devrelerde çalışırken elektrik çarpmasına karşı korur	
Ark Parlaması Kıyafeti	Ark Dereceli Alev Geciktirici (AR/FR) Kıyafet (NFPA 70E, ASTM F1506)	Ark parlaması veya patlamalara karşı yanıklardan korur	
Yüz Siperi / Ark Vizörü	Çene Korumalı Ark Dereceli Yüz Siperi (ANSI Z87.1)	Ark parlaması ve uçan parçacıklara karşı yüzü korur	
Koruyucu Gözlük	ANSI Z87.1 Sertifikalı Koruyucu Gözlük	Toz, partikül ve kıvılcımlara karşı temel göz koruması yapar	
Yüksek Gerilim Güvenlik Botları	Elektrik Yalıtımlı Dielektrik Ayakkabı (ASTM F2413)	Akımın ayaklardan geçmesini önler	

İşitme Koruması	Kulak Tıkacı veya Kulaklık (ANSI S3.19)	Yüksek seslere karşı işitme koruması sağlar	
Solunum Koruması	NIOSH Onaylı Solunum Cihazı	Batarya gazları veya tozuna karşı kimyasal buharları filtreler	
Batarya Sızıntı Seti	Kimyasal Sızıntı Müdahale Seti	Elektrolit sızıntılarını temizlemek için emici ped, nötrleyici ve KKD içerir	
Kilitleme/Etiketleme Kiti	Elektriksel Kilitleme ve Etiketleme Cihazları (OSHA uyumlu)	Onarım öncesinde devreleri enerjisiz hale getirir ve etiketler	
İzole Paspas	IEC 61111 İzole Zemin Paspası	Enerjili ekipman yakınında çalışırken topraklamayı önler	

Görsel 1.1: Elektrikli Araç Bakım ve Onarımında Kullanılan Temel KKD'ler



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/pBXko25OeSM>

1.3. Elektrikli Araç Bakımında KKD İle En İyi Uygulamalar

- KKD'yi kullanmadan önce her zaman hasar veya aşınma açısından kontrol edin.
- Çalışmaya başlamadan önce voltaj tespit cihazları (temassız voltaj test cihazları) kullanın.
- Herhangi bir elektriksel işe başlamadan önce kilitleme/etiketleme (LOTO) prosedürlerini uygulayın.
- Teknisyenleri, ark parlaması risk değerlendirmesi ve tehlike kategorilerine göre uygun KKD seçimi konusunda eğitin.
- Çalışma alanını temiz, kuru ve iletken alet ve malzemelerden arındırılmış şekilde düzenli tutun.
- Acil durum sızıntı seti ve yangın söndürücüyü (Sınıf D veya lityum-iyon'a özgü) ulaşılabilir bir yerde bulundurun.

1.4. Elektrikli Araçlarda Servis Alanı Güvenliği

Elektrikli araçların bakım ve onarımı için özel bir servis alanı oluşturulmalıdır. Bu alanda yalnızca elektrikli araçlar konusunda eğitimli uzman personel görev almalıdır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/qv9xnPe4prs>

Servis alanında kullanılan ortam koruyucu ekipmanlar, çalışanları ve diğer personeli elektrik çarpmalarına karşı korurken aynı zamanda bilgilendirici bir işlev görür.

Servis alanında bulunması gereken temel unsurlar şunlardır:

- Batarya odası
- Acil çıkış kapısı
- Yangın söndürücüler
- Yangın havuzu
- Uyarı levhaları ve güvenlik işaretleri



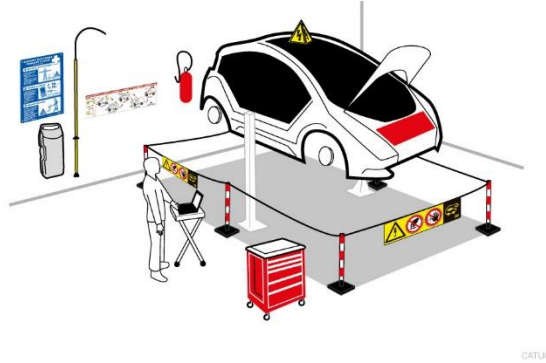
Görsel 1.2: Elektrikli Araçlarda Güvenli Servis Alanı Düzeni”

Elektrikli araç bakım ve onarımında kullanılan özel servis alanı düzenini göstermektedir. Yüksek gerilim işaretleri, bariyerler ve yangın söndürücü gibi güvenlik donanımları ile hem çalışanların hem de çevredeki personelin korunması sağlanır.



Görsel 1.3 Elektrikli Araçlarda Güvenli Servis Alanı Düzeni

Elektrikli araçlarda güvenli bir çalışma ortamı için servis alanının düzenlenmiş halini göstermektedir. Yüksek gerilim uyarı levhaları, güvenlik bariyerleri, acil çıkış kapıları, yangın söndürme ekipmanları ve batarya odası gibi unsurlar, hem teknisyenlerin hem de diğer personelin olası elektrik çarpması, yangın veya kaza risklerine karşı korunmasını sağlar.



Görsel 1.4 Elektrikli Araçlarda Servis Alanı Güvenliği – Şematik Gösterim

Elektrikli araçlar için güvenli servis alanı düzenini şematik olarak göstermektedir. Çalışma alanı bariyerlerle sınırlandırılmış, yüksek gerilim uyarı levhaları yerleştirilmiş ve yangın söndürücü, kurtarma kancası ile gerekli güvenlik ekipmanları kolay erişilebilir şekilde konumlandırılmıştır. Bu düzen, teknisyenlerin güvenli çalışmasını sağlarken yetkisiz kişilerin alana girişini de engeller.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/C6JNictsHdE>

2. İŞ GÜVENLİĞİ TALİMATLARI VE PROSEDÜRLERİ

2.1. Elektrikli Araç Bakım ve Onarımında İş Güvenliği Prosedürleri

Elektrikli araçlardaki yüksek gerilimli sistemler ve kimyasal tehlikeler nedeniyle, belirli uluslararası standartlara, ulusal düzenlemelere ve üreticiye özgü prosedürlere uyulması zorunludur. Bu kurallar, teknisyenlerin güvenliğini ve elektrikli araç bileşenlerinin doğru şekilde işlenmesini sağlar.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/8Vkwdmxv54q>

2.2. Yüksek Gerilimli Sistemlerin Enerjisizleştirilmesi (Güvenli Durum Prosedürü)

Temel Prosedür:

- Herhangi bir çalışmaya başlamadan önce yüksek gerilimli sistemi devre dışı bırakın (OEM kapatma sırasını izleyin).
- Üreticiye özgü servis ayırıcıları veya yüksek gerilim kilit sistemlerini kullanın.
- Belirlenen test noktalarında, uygun sınıflandırılmış bir voltmetre ile sıfır voltajı doğrulayın.
- Aracın 12V yardımcı aküsünün negatif (-) terminalini sökün. Bu işlem, elektronik kontrol ünitelerinin enerjisiz hale gelmesini sağlar.
- Batarya yüksek gerilimini kesmek için sarı interlock konektörünü (kilit kolunu) kullanın. Bu adım, bakım sırasında yüksek gerilimin tamamen devre dışı bırakıldığını garanti eder.

Standartlar:

- **NFPA 70E (ABD)** – İşyerinde Elektriksel Güvenlik Standardı

- **ISO 6469-3** – Elektrikli araçlar için güvenlik şartları, Bölüm 3: Elektriksel tehlikelere karşı koruma
- **IEC 61851 / IEC 62196** – Elektrikli araç iletken şarj sistemleri

3. Disable Direct Hazards / Safety Regulations

6. Disconnect the 12 auxiliary battery negative (-) terminal.



7. Pull up the yellow lever (interlock connector) to cut off the high voltage.



Görsel 2.1 : Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilimin Güvenli Şekilde Devre Dışı Bırakılması

2.3. Kilitleme/Etiketleme (LOTO) Prosedürleri

Temel Prosedür:

- Servis işlemi öncesinde elektrik enerjisini izole etmek için LOTO uygulayın.
- Enerji kaynaklarına kilitler ve tehlike etiketleri yerleştirin.
- Yalnızca yetkili personel LOTO işlemini gerçekleştirebilir ve etiketleri kaldırabilir.

Standartlar:

- **OSHA 29 CFR 1910.147** – Tehlikeli Enerjinin Kontrolü (LOTO)
- **ISO 14118** – Beklenmeyen çalıştırmanın önlenmesi

2.4. Sıfır Enerji Durumunun Doğrulanması

Temel Prosedür:

- Kapatma işleminden sonra, voltaj yokluğunu doğrulamak için test ekipmanı kullanın.
- Test sırasında Sınıf 0+ eldiven giyin ve izole aletler kullanın.
- Test ekipmanını, testten önce ve sonra bilinen enerjili bir kaynak üzerinde kontrol edin (“canlı-ölü-canlı” kontrolü).

Standartlar:

- NFPA 70E, Madde 120.5
- IEC 61010-031 – Test problemleri ve ekipmanları için güvenlik standardı



Görsel 2.2 : Hella Gutmann MT-HV Yüksek Gerilim Test Cihazı

Elektrikli araçlarda yüksek gerilimli batarya, inverter ve güç elektroniği sistemlerinde voltaj yokluğunu doğrulamak için kullanılan profesyonel HV test cihazıdır. IEC 61010 standardına uygun, CAT IV güvenlik sınıfına sahiptir ve sıfır enerji doğrulaması sürecinde kritik rol oynar.

2.5. KKD Gereklilikleri ve Kullanımı**Temel Prosedür:**

- KKD'yi, ark parlaması tehlike kategorisi, voltaj seviyesi ve batarya tipine göre seçin.
- Her zaman ark dereceli kıyafet, izole eldiven, yüz siperi ve dielektrik ayakkabı giyin.
- Batarya sistemlerinde çalışırken solunum cihazı ve kimyasal dayanıklı eldiven kullanın.

Standartlar:

- NFPA 70E Tablo 130.5(C) – Ark parlaması KKD kategorileri
- OSHA 1910 Altbölüm I – Kişisel koruyucu donanım
- IEC 60903 / ASTM D120 – İzole eldivenler

2.6. Batarya İşleme ve Kimyasal Güvenlik

Elektrikli araçlarda kullanılan bataryalar yüksek enerji yoğunluğuna sahip oldukları için işleme, depolama ve acil müdahale sırasında özel güvenlik önlemleri gerektirir. Yanlış işlem veya ihmal, hem elektrik çarpması hem de kimyasal tehlikeler açısından ciddi riskler oluşturabilir.

Temel Prosedür:

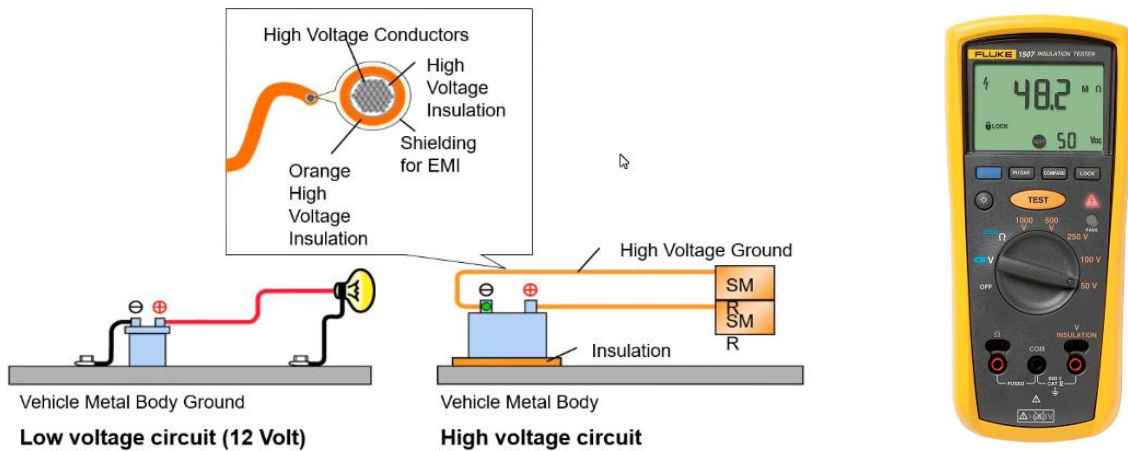
- Batarya tipini belirleyin: Li-ion, NiMH vb.
- Aşırı ısınma veya termal kaçak risklerini kontrol etmek için termal görüntüleme kullanın.
- Elektrolit sızıntısı durumunda nötralize edici maddeler içeren sızıntı müdahale seti kullanın.
- Bataryaları tehlikeli atık yönetmeliklerine uygun şekilde depolayın ve bertaraf edin.

Standartlar:

- **UN Test ve Kriterler El Kitabı (Bölüm 38.3)** – Batarya taşıma güvenliği
- **OSHA 1910.1200** – Tehlikeli Maddeler İletişim Standardı (HazCom)
- **EPA Yönetmelikleri** – Batarya bertarafı için tehlikeli atık yönetmelikleri

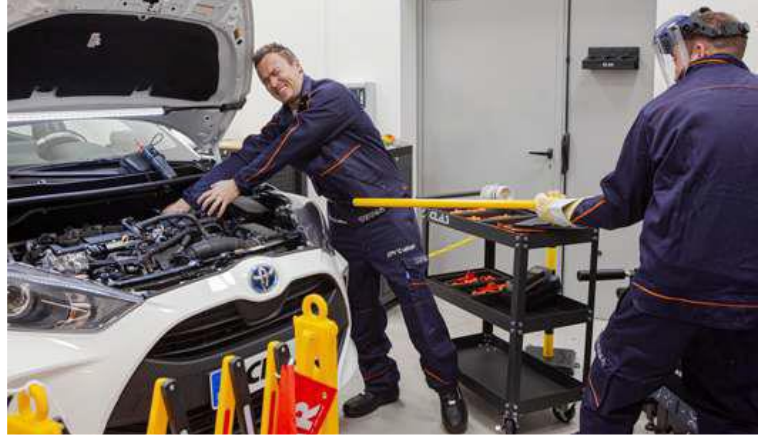
2.6.1. Yalıtım Direnci Testi (Megohmmetre Kullanımı)

Megohmmetre, test edilen nesneye yüksek voltaj göndererek çok yüksek direnç değerlerini ölçen cihazdır. Testin amacı, bir yalıtım test cihazı kullanarak Yüksek Gerilim (HV) devreleri ile araç şasisi arasındaki yalıtım direncini doğrulamaktır. Test, teşhis amaçlı veya önleyici güvenlik içindir.



Görsel 2.3: Elektrikli Araçlarda Acil Durum Müdahalesi: İzolasyon Çubuğu ile Kurtarma

HV bileşenlerinde izolasyon direncini ölçmek için kullanılır. IEC 61557 ve ISO 6469-3 standartlarına uygun test prosedürleriyle gerçekleştirilmelidir.



Görsel 2.4: Elektrikli Araçlarda Acil Durum Müdahalesi: İzolasyon Çubuğu ile Kurtarma

Elektrik çarpmasına maruz kalan kişiye izolasyon çubuğu ile güvenli şekilde müdahale edilmektedir.

Teknisyen, yüksek gerilimli sistem üzerinde izolasyon çubuğu ve kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanarak güvenli şekilde işlem yapmaktadır.



Görsel 2.5: Elektrikli Araçlarda Servis Alanı Güvenlik Bariyerleri

Servis alanında zincirli bariyerler ve yüksek gerilim uyarı levhaları kullanılarak çalışma alanı güvenli hale getirilmiştir.



Görsel 2.6 Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilimli Bileşenlerin İzolasyon Örtüsü ile Korunması

Batarya ve yüksek gerilimli bağlantılar izolasyon örtüsü ile kapatılarak elektrik çarpması riski azaltılmıştır.



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/DyMaAmBYgEo>

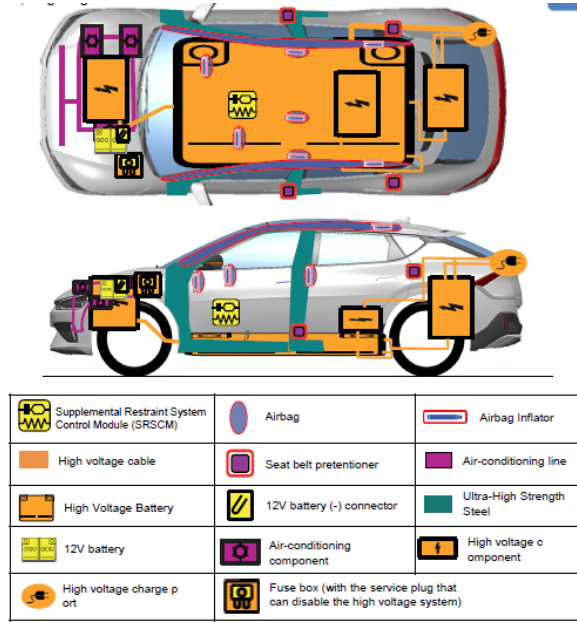
2.7. Yangın Güvenliği ve Acil Durum Müdahalesi

Temel Prosedür:

- Yakında Sınıf D veya lityum-iyon'a özgü yangın söndürücüler bulundurun.
- Termal kaçak durumunda (yangın yayılması riski) aracı tahliye edin ve izole edin.
- Yangının yayılmasını bastırmak için EV'ye özgü yangın battanileri kullanın.

- Acil müdahale kataloglarını inceleyin. Bu kataloglar, üretici firmalar tarafından sağlanan ve aracın yüksek gerilim kabloları, batarya paketleri, hava yastığı sistemleri, güvenlik tapaları ve acil kesme noktaları gibi kritik bileşenlerini gösteren şemalardır.

Müdahale eden itfaiye ekipleri, teknisyenler ve acil durum personeli için hayati bir rehber niteliği taşır.



Görsel 2.7 : Elektrikli Araçlarda Acil Müdahale Kataloğu ve Güvenlik Noktaları



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

<https://youtu.be/i78yH-Lziwc>

2.8. Eğitim ve Sertifikasyon

Temel Prosedür:

- Teknisyenler şu konularda eğitim almalıdır:
 - Yüksek gerilim güvenliği
 - Ark parlaması koruması
 - Elektrik kazaları için ilk yardım / CPR
- Eğitim kayıtlarını tutun ve ulusal yasaların gerektirdiği şekilde yıllık olarak yeniden sertifikalandırın.

Standartlar:

- **SAE J2990** – Hibrit ve EV teknisyen eğitim gereklilikleri
- **OSHA 1910.332** – Elektrik tehlikelerine maruz kalan çalışanlar için eğitim

2.9.En İyi Uygulamalar Özeti

- Her zaman OEM onarım kılavuzları ve OEM kapatma prosedürlerini takip edin.
- Güvenlik kilitlerini devre dışı bırakmayın ve uygun KKD ve gerekçe olmadan canlı sistemlerde çalışmayın.
- Çalışma alanında güvenlik işaretleri, bariyerler ve yüksek gerilim uyarı etiketlerini bulundurun.
- Çalışmaya başlamadan önce risk değerlendirmesi yapın ve bir iş güvenliği analizi (JSA) hazırlayın.

3.UYARI İŞARETLERİ VE ANLAMLARI

Elektrikli araçların (EV) bakım ve onarımında iş güvenliği açısından kullanılan resmî uyarı işaretleri ve anlamları aşağıda verilmiştir. Bu işaretler, ISO 7010, EN 60417 ve IEC 60417 gibi AB ve uluslararası standartlara göre belirlenmiştir.

3.1. Elektrikli Araç Bakım ve Onarımında Resmî Uyarı İşaretleri (AB / Uluslararası Standartlar)

Elektrikli araçlarla çalışırken doğru görsel tehlike iletişimi zorunludur. Teknisyenler, elektriksel, kimyasal ve termal tehlikeleri belirten uyarı işaretlerini tanıyabilmeli ve uygun önlemleri almalıdır.

Bu işaretler şu alanlarda kullanılır:

- Atölye tabelaları
- Bakımda olan araçlar
- Yüksek gerilim bileşenleri
- Kişisel koruyucu donanım (KKD)
- Alet ve ekipmanlar

3.1.1. Yüksek Gerilim Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W012 / IEC 60417-6042

Anlamı: Yüksek gerilimli bileşenlerin varlığını gösterir (genellikle >60V DC veya >25V AC RMS). Maruziyet ciddi yaralanmalara veya ölüme yol açabilir.

Kullanıldığı Yerler:

- Yüksek gerilim kabloları (turuncu kılıflı)
- Güç inverterleri
- Batarya paketleri Motor bölmesi içinde veya HV muhafazalarında



Örnek Sembol: Sarı üçgen içerisinde siyah şimşek işareti.

3.1.2. Elektrik Tehlikesi / Elektrik Çarpması Riski Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W012 / IEC varyantları

Anlamı: Canlı elektrikli parçaların varlığını belirtir. Temas halinde elektrik çarpması riski vardır.

Kullanıldığı Yerler:

- Canlı çalışma bölgeleri



- Test panelleri
- Güç aletleri ve şarj istasyonları

Örnek Sembol: Sarı üçgen içinde, elin canlı bir tel/şimşek ile temas ettiğini gösteren siyah simge.

3.1.3. Yangın Riski / Yanıcı Madde Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W021

Anlamı: Yanıcı maddelerin varlığını veya yangın riskini belirtir.

Kullanıldığı Yerler:

- Batarya sistemleri
- Depolama alanları
- Şarj bölgeleri



Örnek Sembol: Sarı üçgen içinde siyah alev simgesi.

3.1.4. Tehlikeli Kimyasallar / Aşındırıcı Maddeler Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W023 / GHS05 (CLP Yönetmeliği)

Anlamı: Aşındırıcı kimyasallara (batarya elektroliti, soğutucu vb.) maruziyet riski.

Kullanıldığı Yerler:

- Batarya modülleri
- Soğutucu tankları
- Kimyasal depolama ve bertaraf alanları



Örnek Sembol: Sarı üçgen içinde, deney tüpünden akan sıvıyla yanan bir el simgesi.

3.1.5. Zehirli Madde Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W016

Anlamı: Zehirli maddelerin (örneğin batarya gazları) bulunabileceği alanları belirtir.

Kullanıldığı Yerler:

- Batarya odaları
- Havalandırma sistemleri
- Sızıntı toplama alanları



Örnek Sembol: Sarı üçgen içinde, siyah kafatası ve çapraz kemikler simgesi.

3.1.6. Yüksek Ses Seviyeleri Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W087

Anlamı: İşitme hasarı riski nedeniyle işitme koruması kullanılması zorunludur.

Kullanıldığı Yerler:

- Pnömatik/elektrikli aletlerin kullanıldığı atölyeler
- Acil deşarj durumları (ark patlaması)



3.1.7. Genel Tehlike / Alan Tehlikesi Uyarı İşareti

Sembol Kodu: ISO 7010-W001

Anlamı: Genel bir tehlikenin veya riskin bulunduğunu belirtir.

Kullanıldığı Yerler:

- Atölye giriş noktaları
- Araç karantina bölgeleri
- Test alanları



Örnek Sembol: Sarı üçgen içinde siyah ünlem işareti.

3.2. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) Kullanım Zorunluluğu

Kişisel Koruyucu Donanımlar (KKD'ler), uyarı değil, zorunlu eylem işaretleri olarak tanımlanır. ISO 7010 "M" serisinde mavi daire içinde gösterilir ve genellikle tehlike sembolleriyle birlikte kullanılır. (Görsel 3.1).

ISO Kodu	Anlamı	Görseli
ISO 7010-M009	Koruyucu eldiven giyiniz	
ISO 7010-M004	Göz koruması kullanınız	
ISO 7010-M010	Koruyucu giysi giyiniz	
ISO 7010-M002	Kullanım kılavuzuna başvurunuz	
ISO 7010-M008	Koruyucu ayakkabı giyiniz	

Görsel 3.1 Elektrikli Araçlarda KKD Kullanımını Belirten Zorunlu İşaretler



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/EJleG1aMRoo>

3.2.1. Uygulamada Kullanımı

Elektrikli araç (EV) atölyelerinde şunlar zorunludur:

- Bu sembolleri tüm ilgili konumlarda görünür şekilde yerleştirmek
- Dayanıklı, hava/kimyasal dirençli etiketler kullanmak
- Uyarı işaretlerini eğitim materyallerine ve bakım kılavuzlarına dahil etmek
- Tüm yüksek gerilim bölgelerini açıkça işaretlemek
- ISO 7010 hiyerarşisini takip etmek: uyarı (sarı üçgen), yasak (kırmızı daire), ve zorunlu (mavi daire)

3.2.2. Kaynaklar

- **ISO 7010** – Grafik semboller – Güvenlik renkleri ve güvenlik işaretleri
- **IEC 60417** – Ekipman üzerinde kullanılan grafik semboller
- **CLP Yönetmeliği (EC No 1272/2008)** – Maddelerin ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve ambalajlanması
- **EN ISO 7010+A7** – Çalışma yerlerinde uyarı işaretlerinin uygulanması

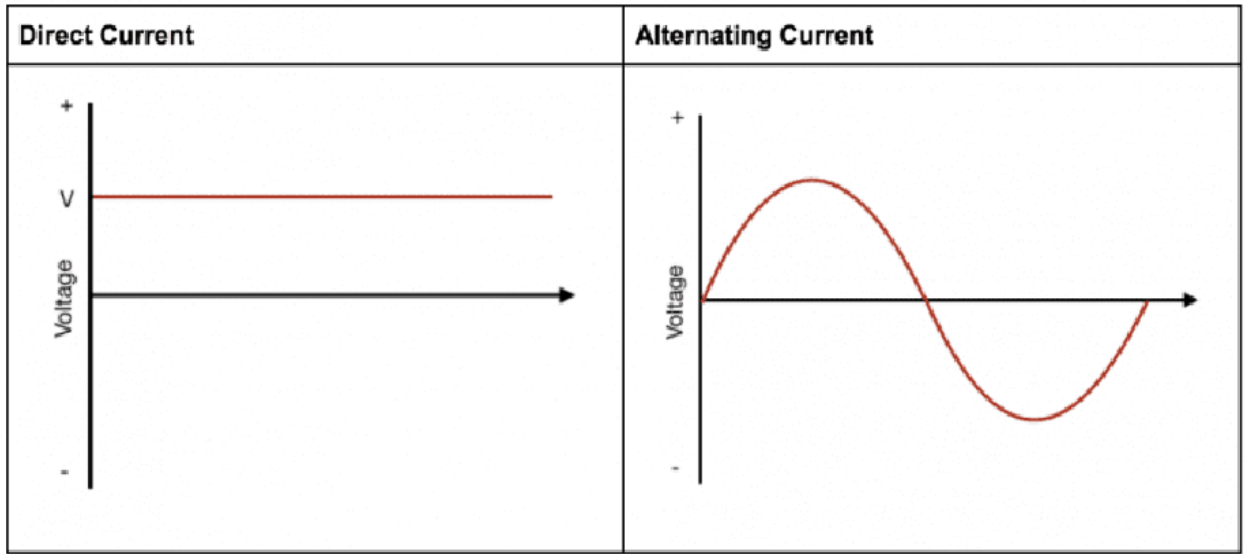
4. ELEKTRİKLİ ARAÇLARA ÖZEL RİSKLER VE ALINMASI GEREKEN ÖNLEMLER

Elektrikli araçlar, esas olarak yüksek gerilimli sistemleri, enerji depolama yapıları ve elektronik kontrol mimarileri nedeniyle içten yanmalı motorlu (ICE) araçlardan önemli ölçüde farklıdır. Bu farklar, bakım ve servis sırasında kendine özgü güvenlik riskleri ortaya çıkarır.

4.1. Yüksek Gerilimli Elektrik Sistemleri

Elektrik, durağan ya da hareketli, yüklü parçacıkların yol açtığı fiziksel olgudur.

Elektrik bir enerjidir. Elektrik, her atom çekirdeğinin yörüngesinde dönen ve “elektron” adı verilen atom altı parçacıkların hareketiyle üretilir.



Görsel 4.1: DC Gerilim grafiği

Görsel 4.2: AC Gerilim grafiği

Elektrikli araçlarda istenilen performans ve menzil değerleri için yüksek gerilime sahip elektrik altyapısı kullanılmaktadır. Alternatif akımda 60 V, doğru akımda 30 V üzeri ve 10 mA değeri üzerindeki akım değerleri insan sağlığı açısından tehlikelidir. (Görsel 4.3)

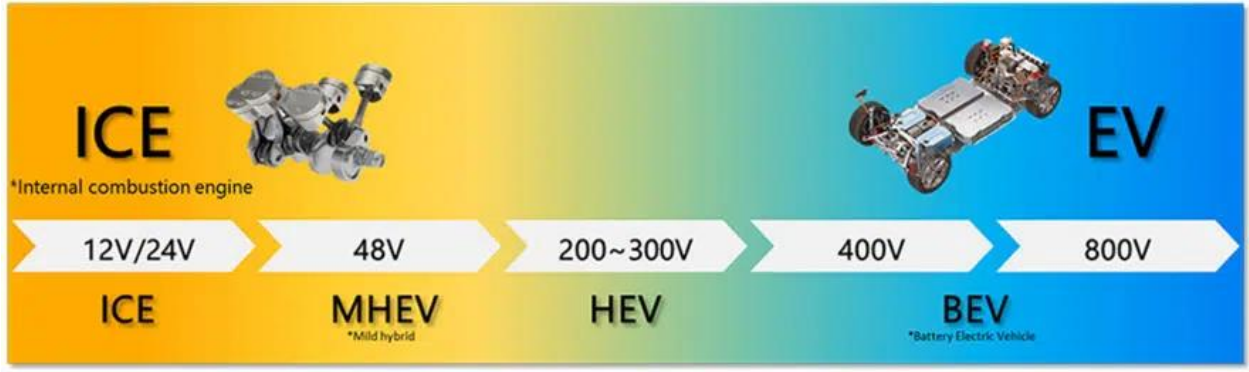
Etki Çarpmasının etkisi		DC (mA)		AC (mA)			
				60 Hz		1,000 Hz	
		Erkek	Kadın	Erkek	Kadın	Erkek	Kadın
Hafif bir gıdıklanma hissi		5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
Ağrısız sarsılma Kaslar serbest şekilde hareket edebilir		9	6	1.8	1.2	17	11
Ağrılı sarsılma Kaslar serbest şekilde hareket edebilir		62	41	9	6	55	37
Ağrılı sarsılma Kaslar kişinin neredeyse kendi isteği doğrultusunda hareket ettirilemez		74	50	16	10.5	75	50
Ağrılı ciddi sarsıntı Nefes almayı zorlaştıracak şekilde kasların kasılması		90	60	23	15	94	63
Muhtemel ventriküler fibrilasyon sebebi	Akım akış süresi 0.03 sn.	1,300		1,000		1,100	
	Akım akış süresi 3.0 sn.	500		100		500	

Açıklamalar:

- Ventriküler fibrilasyon, kalpten geçen akımın belli değerin üzerine çıkmasından dolayı kalp atışlarının düzensizleşmesi durumudur.
- Kalbin ventriküler fibrilasyonu, ventriküllerin hızlı şekilde açılıp kapanması olarak tanımlanır.
- Ventriküler fibrilasyon, kişi güç kaynağından uzaklaştırılsa bile birkaç dakika içinde ölüme yol açabilir.

Görsel 4.3: Elektrik Akımının İnsan Vücudu Üzerindeki Etkileri

Genel olarak otomotiv sektöründe doğru akım 60 Volt üzeri gerilimler “yüksek gerilim” olarak sınıflandırılır. (Görsel 4.4)



Görsel 4.4: Araç Teknolojilerine Göre Gerilim Seviyeleri

Elektrikli araçlarda yüksek gerilim ile çalışan sistemleri belirtmek için turuncu kablolar ve yüksek gerilim uyarı işaretleri kullanılmaktadır. . (Görsel 4.5, Görsel 4.6)

Araç üzerinde güvenlik amaçlı sensörler, ECU'lar, kontaktörler, switchler bulunmaktadır.

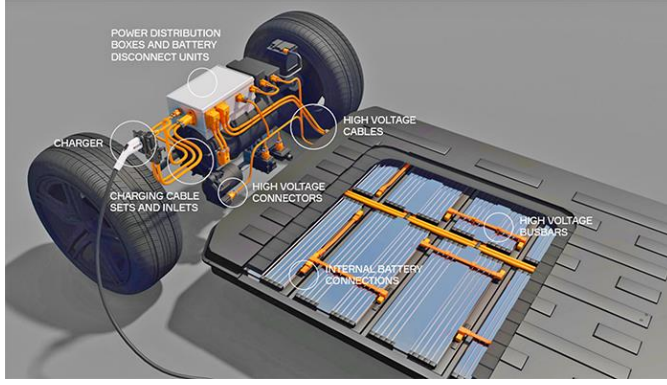


Görsel 4.5: Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilim Hatlarını Gösteren Turuncu Kablolar



Görsel 4.6: Yüksek Gerilim Uyarı Etiketi

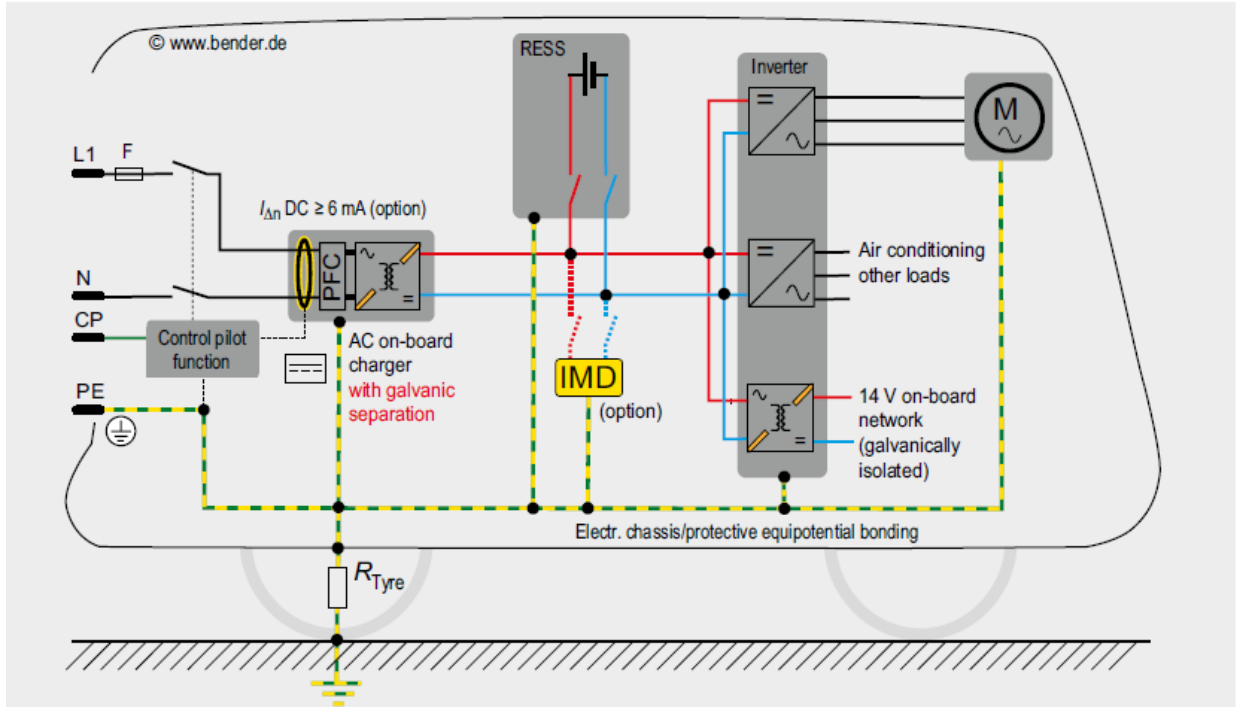
Her yüksek voltaj devresinin hem pozitif hem de negatif terminalleri gövde şasiden yalıtılmıştır. Araca bakım uygulanması için yüksek voltaj devrelerinin kesilmesi gerektiğinde servis tapası ile batarya yüksek gerilimi kesilir. (Görsel 4.7, Görsel 4.8)



Görsel 4.7: Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilimli Batarya ve Güç Dağıtım Sistemi



Görsel 4.8: Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilim Servis Tapaları



Görsel 4.9: Elektrikli Araçlarda Yüksek Gerilim İzolasyonu ve Topraklama

Görsel 4.9, batarya (RESS), inverter ve şarj sisteminin şasi-toprak bağlantısı, galvanik izolasyon ve yalıtım izleme cihazı (IMD) ile nasıl korunduğunu göstermektedir. IMD, HV devre ile araç şasisi arasındaki izolasyon direncini sürekli kontrol ederek kaçak akım riskinde sistemi uyarır ve güvenliği artırır. ISO 6469-3 ve IEC 61557 standartlarına uygun olarak, IMD cihazları HV izolasyon direncini sürekli denetler.

- EV'ler genellikle 400V–800V arası, ağır hizmet uygulamalarında ise 1000V'a kadar çıkabilen yüksek gerilimli DC sistemlerle çalışır.

- Bileşenler arasında batarya paketleri, inverterler, DC/DC dönüştürücüler, araç içi şarj cihazları ve tahrik motorları bulunur.

Riskler:

- Elektrik çarpması (ciddi yaralanma veya kalp durmasına yol açabilir)
- Yük altındayken HV devrelerini açarken ark parlaması veya ark patlaması
- Enerjili parçalar veya aşırı ısınmış bileşenlerden yanıklar

Önlemler:

- Servisten önce her zaman HV sistemlerini enerjisiz hale getirin (OEM kapatma protokollerini izleyin).
- IEC 60903'e uygun Sınıf 0 veya Sınıf 1 izole eldivenler kullanın.
- IEC 60900 sertifikalı izole aletler kullanın.
- Sıfır voltaj doğrulaması yapın ("canlı-ölü-canlı" testi).
- Kilitleme/etiketleme (LOTO) prosedürlerini uygulayın.

4.2. Termal Kaçak ve Batarya Yangını Tehlikeleri**Tanım:**

- Lityum-iyon bataryalar, aşırı şarj, darbe hasarı veya içsel arıza nedeniyle termal kaçak durumuna girebilir.
- Batarya yangınları söndürülmesi zordur ve soğuduktan sonra yeniden tutuşabilir.

Batarya Yangınları: Batarya optimum çalışma koşulları sağlanamadığında ya da bozulduğunda yangın başlayabilir. Bataryalar aşırı ısınmaya ve aşırı şarja duyarlıdır. Aşırı ısınma başlangıçta tek bir batarya hücresinde ortaya çıkar, ancak kısa sürede batarya paketindeki diğer tüm hücrelere yayılabilir. Batarya üreticileri bu olasılığı en aza indirmeye çalışsa da termal kaçak sürecine giren bir hücre kurtarılamaz. Bu nedenle batarya yangınları hem hızlı yayılımı hem de yeniden alevlenme riski nedeniyle elektrikli araç bakımında en kritik tehlikelerden biridir.



Görsel 4.10: Elektrikli Araç Batarya Yangını Sonrası Araç Gövdesi ve Söndürme Uygulaması

Bu görsel, elektrikli araç bataryasının yanması sonrası aracın tamamen tahrip olmuş halini göstermektedir. Batarya yangınları genellikle uzun süre devam eder ve özel söndürme yöntemleri gerektirir (ör. su havuzuna daldırma).

Batarya Yangınlarının Nedenleri:

Lityum temelli bataryalar, harici bir darbeye veya aşırı çalışma koşullarına maruz kaldığında bazı istenmeyen durumlara yol açabilir. Bu durumlar; kıvılcımlar, yanıcı gazlar ve zehirli dumanlar olabilir. Ayrıca sürekli yanmaya, jet alevlerine veya gaz patlamalarına neden olma riski vardır. Bununla birlikte, batarya yangınını tetikleyebilecek birçok başka faktör de bulunur. Bu faktörlere şarj sisteminin arızalanması, kabloların aşırı yüklenmesi, çevredeki yanıcı maddelerin tutuşması ve hatta kundakçılık örnek olarak verilebilir.

Riskler:

- Gaz çıkışı veya hücre patlaması nedeniyle patlamalar
- Zehirli dumanlar (HF, CO, UOB'ler)
- Yangının çevredeki araçlara veya yapılara yayılması

Önlemler:

- Batarya sıcaklığını termal görüntüleme cihazları ile izleyin.
- Bataryaya erişmeden önce temassız voltaj test cihazları kullanın.
- Hasarlı bataryaları karantina alanlarında depolayın.
- Sınıf D yangın söndürücü veya lityum-iyon yangın battaniyesi bulundurun.
- Hasarlı bataryalar için Kullanım Ömrü Sonu (EOL) protokollerini izleyin.

4.3. Kimyasal Tehlikeler

Tanım:

- Lityum-iyon bataryalar, genellikle aşındırıcı ve zehirli olan elektrolitler (çoğunlukla organik çözücüler içinde lityum hekzaflorofosfat) içerir.
- EV soğutucuları da yanıcı veya kimyasal olarak reaktif olabilir.

Riskler:

- Deri yanıkları, solunum tahrişi, toksik maruziyet
- Sızıntı durumunda çevresel kirlilik

Önlemler:

- EN 374'e uygun kimyasal dayanıklı eldiven ve göz koruması kullanın.
- Sızıntı toplama kitleri ve nötralize edici maddeler kullanın.
- Batarya paketleriyle çalışırken uygun havalandırmayı sağlayın.
- Atıkları AB Tehlikeli Atık Direktifi ve REACH düzenlemelerine uygun şekilde işleyin ve bertaraf edin.

4.4. İstenmeyen Araç Hareketi

Tanım:

- EV'ler, kontroller enerjili olduğunda veya sistemler doğru şekilde devre dışı bırakılmadığında sessizce çalışabilir veya hareket edebilir.
- Yüksek tork, 0 RPM'de bile anında mevcuttur.

Riskler:

- Ezilme yaralanmaları veya atölyedeki nesnelerle çarpışma

Önlemler:

- Teker takozları ve mekanik kilitleme ekipmanları kullanın.
- “Bakımda – Çalıştırmayın” işaretleri yerleştirin.
- Çalışmaya başlamadan önce aracın güvenli modda veya servis modunda olduğunu doğrulayın.

4.5. Kontrol Sistemi Karmaşıklığı ve Yazılım Güvenliği

Tanım:

- EV'ler, karmaşık elektronik kontrol sistemlerine (ECU'lar, CAN, LIN, Ethernet) dayanır.
- Tanılama, güncellemeler ve yapılandırmalar OEM tanılama araçları gerektirir.

Riskler:

- Yanlış programlama sistem arızasına veya güvenlik risklerine yol açabilir.
- Bileşenlerin canlı test edilmesi sistemi beklenmedik şekilde enerjilendirebilir.

Önlemler:

- OEM yazılım güncelleme protokollerini izleyin ve orijinal yapılandırmaları yedekleyin.
- OEM uyumlu tanılama arayüzleri kullanın.
- Talimat verilmedikçe yüksek gerilim bileşenleri yakınında donanım yazılımı güncellemeleri yapmaktan kaçının.

4.6. Özel Atölye Gereklilikleri

EV bakım atölyeleri, aşağıdaki gibi teknik güvenlik kriterlerini karşılamalıdır:

- İzole zemin paspasları (IEC 61111)
- Yüksek gerilim işaretleri ve sınırlandırılmış bölgeler (ISO 7010)
- Batarya modülleri için yanmaz depolama dolapları
- Elektriksel yaralanmalar ve kimyasal maruziyet için ilk yardım kitleri
- Batarya yangınları veya sızıntıları için acil durum müdahale planları

4.7. Eğitim ve Personel Gereklilikleri

EV’lerde çalışan personel şu konularda eğitilmiş olmalıdır:

- Yüksek gerilim bileşenleri ve güvenli bölgeleri tanımak
- KKD’yi doğru şekilde kullanmak
- Ark parlaması risk değerlendirmesi yapmak
- İlk müdahale protokollerini anlamak

Eğitim şu standartlara uygun olmalıdır:

- DIN VDE 0105-100 (Almanya/AB)
- ISO 18246 – EV’lerin onarım ve bakımında güvenlik gereklilikleri
- SAE J2990 – EV servis teknisyeni eğitimi

4.8. Özel Riskler ve Alınacak Önlemler

Risk Türü	Örnek Durumlar	Önlemler
Yüksek Gerilim	Batarya paketleri, inverterler, HV kabloları	Sistemi enerjisiz hale getirmek, izole aletler kullanmak, uygun KKD (eldiven, gözlük vb.) takmak
Ark Parlaması	Kontaktörler, sigortalar, HV bağlantıları	Ark korumalı kıyafet giymek, yüz siperi ve izole eldiven kullanmak
Batarya Yangını	Hücre hasarı, aşırı ısınma, termal kaçak	Yangın battaniyesi veya Sınıf D yangın söndürücü bulundurmak, batarya sıcaklığını izlemek

Kimyasal Tehlike	Elektrolit sızıntısı, soğutucu kaçakları	Kimyasal dayanıklı eldiven ve gözlük kullanmak, iyi havalandırma sağlamak, sızıntı toplama kitleri kullanmak
İstenmeyen Araç Hareketi	Sessiz çalıştırma, yüksek torkun ani devreye girmesi	Teker takozları kullanmak, aracı servis moduna almak, uyarı işaretleri asmak
Yazılım / Kontrol Hataları	ECU yanlış programlama, canlı testler	OEM (üretici) araçlarını kullanmak, yapılandırmaları yedeklemek, talimat dışında işlem yapmamak

Görsel 4.1: Özel Riskler ve Alınacak Önlemler

Yangın Tehlikesi: Yanıcı maddelerin veya potansiyel yangın riskinin bulunduğunu belirtir.

Kimyasal Tehlike: Batarya elektrolitleri gibi tehlikeli kimyasallara maruziyet konusunda uyarır.

Zorunlu KKD Kullanımı: Belirli KKD'nin mutlaka takılması gereken alanları belirtir.



Görsel 5.3: Prosol – Elektrikli ve Hibrit Araç Güvenlik İşaretleri

5.4. Elektrikli Araçlara Özgü Riskler ve Azaltıcı Önlemler

EV'ler, özel güvenlik önlemleri gerektiren kendine özgü tehlikeler barındırır. (Görsel 5.4)

5.4.1. Belirlenen Riskler ve Önlemler

Yüksek Gerilim Sistemlerinden Elektrik Çarpması:

Önlem: Sistemi her zaman enerjisizleştirin ve izole aletler ile KKD kullanın.

Ark Parlama Olayları:

Önlem: Ark dereceli kıyafet ve yüz siperi giyin; canlı devreler üzerinde çalışmaktan kaçının.

Bataryaların Termal Kaçağı:

Önlem: Batarya sıcaklıklarını izleyin ve hasarlı bataryaları dikkatle elleçleyin.

Tehlikeli Kimyasallara Maruziyet:

Önlem: Uygun KKD kullanın ve iyi havalandırılmış alanlarda çalışın.

Manyetik Alan Müdahalesi:

Önlem: Güçlü mıknatısların tıbbi cihazları etkileyebileceğine dikkat edin; gerekli durumlarda erişimi kısıtlayın.



Görsel 5.4: PMM Online – Elektrikli Araçlarda Sağlık ve Güvenlik

5.5. Örnek Uygulama: Yüksek Gerilimli Bataryaların Güvenli Şekilde Elleçlenmesi

5.5.1. Senaryo: Bir elektrikli araçta yüksek gerilimli batarya paketinin servisi.

Adım Adım Güvenlik Protokolü:

1. Hazırlık:

- Araç için belirlenmiş prosedürleri görmek üzere servis kılavuzunu inceleyin.
- Gerekli tüm KKD ve aletleri hazırlayın.

2. Araç İzolasyonu:

- Aracı ‘servis modu’na alın ve yüksek gerilim sistemlerini devre dışı bırakın.
- Teker takozları kullanarak aracın hareket etmesini önleyin.

3. Kişisel Koruma:

- Koruyucu gözlük, kauçuk izole eldiven ve deri koruyucular, yüz siperi ve %100 pamuklu giysi giyin.

4. Batarya Elleçleme:

- Batarya terminallerini dikkatle, izole aletlerle sökün.
- Batarya terminalleri ve iç bileşenlerle temastan kaçının.

5. Acil Durum Hazırlığı:

- Yanınızda Sınıf D yangın söndürücü ve sızıntı toplama kiti bulundurun.
- Tüm personelin acil durum müdahale prosedürleri konusunda eğitilmiş olduğundan emin olun.



Görsel 5.5 : EINTAC – Teknisyen Güvenlik Kiti



Görsel 5.6: Elektrikli Araç Güvenlik Kiti



Videoyu oynatmak için resim üzerine tıklayınız veya aşağıdaki linki kopyalayıp tarayıcınız ile açınız
<https://youtu.be/03vQnoWQNCI>

5.6. Ek Kaynaklar

Bu bölümde, elektrikli araçlarda iş güvenliği, yüksek gerilimli bataryalar ve bakım uygulamalarıyla ilgili daha detaylı teknik bilgiye ulaşabileceğiniz ek çevrimiçi kaynaklar yer almaktadır.

5.6.1. Termal Kaçak

Elektrikli araç bataryalarında görülen *thermal runaway* (termal kaçak) riskleri ve önleme yöntemleri.

<https://www.guchen-connector.com/blog/industry-blog/thermal-runaway-risk-prevention-in-electric-commercial-vehicles.html>

5.6.2. Yüksek Gerilim Riskleri

Elektrikli araçlardaki yüksek gerilim sistemlerinin tehlikeleri ve güvenlik önlemleri.

<https://evreporter.com/high-voltage-electric-vehicles/>

5.6.3. Onarım Uygulamaları

Yüksek gerilimli bataryaların servis ve onarımında bağlantıların güvenli şekilde kesilmesine yönelik en iyi uygulamalar.

<https://www.repairerdrivennews.com/2021/09/09/i-car-offers-best-practice-guide-for-disconnecting-high-voltage-ev-batteries/>

KAYNAKÇA

İnternet kaynakları

Guchen Connector. (n.d.). Thermal runaway risk & prevention in electric commercial vehicles. Erişim 20 Eylül 2025, <https://www.guchen-connector.com/blog/industry-blog/thermal-runaway-risk-prevention-in-electric-commercial-vehicles.html>

EVReporter. (n.d.). High voltage in electric vehicles – Risks & safety. Erişim 20 Eylül 2025, <https://evreporter.com/high-voltage-electric-vehicles/>

Repairer Driven News. (2021, 9 Eylül). I-CAR offers best-practice guide for disconnecting high-voltage EV batteries. Erişim 20 Eylül 2025, <https://www.repairerdrivennews.com/2021/09/09/i-car-offers-best-practice-guide-for-disconnecting-high-voltage-ev-batteries/>

Standartlar, yönetmelikler ve kılavuzlar

American National Standards Institute. (n.d.). ANSI S3.19: Hearing protection—Method for estimating approximate real-world attenuation of hearing protectors. ANSI.

ANSI/ISEA. (n.d.). ANSI/ISEA Z87.1: Occupational and educational personal eye and face protection devices. ANSI/ISEA.

ASTM International. (n.d.). ASTM D120: Standard specification for rubber insulating gloves. ASTM International.

ASTM International. (n.d.). ASTM F1506: Performance specification for flame resistant textile materials for use by electrical workers exposed to momentary electric arc and related thermal hazards. ASTM International.

ASTM International. (n.d.). ASTM F2413: Performance requirements for protective (safety) toe cap footwear. ASTM International.

DIN/VDE. (n.d.). DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen (Elektrik tesislerinin işletilmesi). DIN/VDE.

European Union. (2008). Regulation (EC) No 1272/2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP). Official Journal of the European Union.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 60417: Graphical symbols for use on equipment. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 60900: Live working—Hand tools for use up to 1000 V AC and 1500 V DC. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 60903: Live working—Gloves of insulating material. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 61010-031: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use—Part 031: Hand-held probe assemblies. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 61111: Rubber insulating matting. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 61851: Electric vehicle conductive charging system. IEC.

International Electrotechnical Commission. (n.d.). IEC 62196: Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets—Conductive charging of electric vehicles. IEC.

International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 14118: Safety of machinery—Prevention of unexpected start-up. ISO.

International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 18246: Electrically propelled mopeds and motorcycles—Safety requirements. ISO.

International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 6469-3: Electrically propelled road vehicles—Safety specifications—Part 3: Protection against electric shock. ISO.

International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 7010: Graphical symbols—Safety colours and safety signs. ISO.

National Fire Protection Association. (n.d.). NFPA 70E: Standard for electrical safety in the workplace. NFPA.

National Fire Protection Association. (n.d.). NFPA 70E, Table 130.5(C): Arc-flash risk assessment & PPE categories. NFPA.

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). 29 CFR 1910.1200: Hazard Communication Standard (HazCom). U.S. Department of Labor.

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). 29 CFR 1910.147: The control of hazardous energy (lockout/tagout). U.S. Department of Labor.

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). 29 CFR 1910, Subpart I: Personal protective equipment. U.S. Department of Labor.

Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). 29 CFR 1910.332: Electrical safety-related work practices—Training. U.S. Department of Labor.

SAE International. (n.d.). SAE J2990: Hybrid and electric vehicle first and second responder training; service technician training requirements. SAE International.

United Nations. (n.d.). UN Manual of Tests and Criteria (Rev.), Section 38.3: Lithium metal and lithium-ion batteries—Transport tests. United Nations.

United States Environmental Protection Agency. (n.d.). Hazardous waste regulations—Battery disposal and storage guidance. U.S. EPA.