

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE  
UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdulmonem Mahmoud BESHİR

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı

EYLÜL 2023

T.C.  
İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE  
UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdulmonem Mahmoud BESHİR  
(210012017)

İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı

İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aytaç Uğur YERDEN

EYLÜL 2023



**T.C.**  
**İSTANBUL GEDİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ**

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Türkçe Tezli Yüksek Lisans Programı (21002017) numaralı öğrencisi Abdulmonem Mahmoud BESHİR “Elektrik Dağıtım Şirketlerinde İş Sağlığı ve Uygulamaları” adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 19.09.2023 tarihinde oluşturulan jüri tarafından *Oy Birliği* ile Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

**Tez Savunma Tarihi:** 19/09/2023

**1) Tez Danışmanı:** Dr. Öğr. Üyesi Aytaç Uğur YERDEN

**2) Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAĞIMLI

**3) Jüri Üyesi:** Dr. Öğr. Üyesi Serap TEPE

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Elektrik Dağıtım Şirketlerinde İŞ Sağlığı ve Uygulamaları” adlı tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim (19/09/2023)

Abdulmonem Mahmoud BESHİR



*Eşime ve çocuklarıma...*



## ÖNSÖZ

Bu çalışmayı gerçekleştirmemde bana yol gösteren ve destek olan hocam Dr. Öğr. Üyesi Aytaç Uğur YERDEN'e en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım. Nazik bir danışman olduğu için ona teşekkür ediyor ve danışmanlık süresince bana karşı göstermiş olduğu ilgi ve alakası için takdir ediyorum.

En zor zamanlarımda sevgileri ve dualarıyla güçlü ve sabırlı olmamı sağlayan aileme sonsuz teşekkürlerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmayı gerçekleştirirken bana bir şekilde yardımcı olan tüm arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma ve herkese teşekkür ederim. Hepsine minnettarım.

Eylül 2023

Abdulmonem Mahmoud BESHAR

---

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>5</b>
2.1 Elektriksel Güvenlik Yönetmelikleri ve Standartları .....	5
2.1.1. Elektriksel tehlikeler .....	5
2.1.2. İşyerinde elektrik yaralanmaları .....	8
2.1.3. Elektrik güvenliği .....	13
2.1.4. Elektrik güvenliği programı .....	14
2.1.5. Elektriksel tehlikeler .....	15
2.1.6. Çalışma prosedürleri, araçlar ve KKD .....	16
2.1.7. Tasarımla güvenlik.....	17
2.2. İş Yerinde Sağlanan Elektrik Güvenliği Standardı (NFPA 70E, NEC) .....	18
2.3. Dağıtılmış Üretim için Güç Sistemi Korumasına Yönelik Motivasyon.....	22
2.3.1. Dağıtılmış jeneratörün korunması için yeni bir ada tespiti yöntemi.....	22
2.3.2. Elektrik enerjisi arz ve talebi.....	23
2.4. Elektrik Tehlikeleri Farkındalığı .....	26
2.4.1. Adım ve dokunma potansiyel tehlikesini tanımlama .....	26
2.4.2. Dokunma potansiyeli .....	27
2.4.3. Çalışanlar için güvenli çalışma uygulaması gereksinimleri .....	27
2.5. NFPA 70E Yaklaşım Sınırları EO 1.05 .....	29
2.5.1. NFPA prosedürlerine göre kalifiye ve kalifiye olmayan çalışanlar için belirlenen sınırlar .....	29
2.5.2. Kısıtlı yaklaşım sınırı .....	31
2.5.3. İzinsiz giriş bölgesi .....	31
2.6. Elektrik Kaynaklı Acil Durumlar EO 1.06 .....	32
2.6.1. Acil durumlarda yapılması gerekenle .....	32
2.6.2. Elektrik yaralanması maliyetleri.....	33
2.7. İSGYS ve Libya'daki Güncel Yasal Düzenlemeler .....	36
2.8. Libya Elektrik Enerji Kaynaklarının İletim ve Dağıtımı .....	37
2.9. Elektrik Dağıtım Sektörlerinde Kabul Edilen Risk Değerlendirmesi .....	38
<b>3. METODOLOJİ</b> .....	<b>40</b>

<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>42</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>48</b>
5.1 Sonuç .....	48
5.2 Öneriler .....	49
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>50</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>54</b>





## KISALTMALAR

<b>AC</b>	: Alternating Current (Alternatif Akım)
<b>ANSI</b>	: American National Standards Institute(Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
<b>BLS</b>	: Bureau of Labor Statistics(Çalışma İstatistikleri Bürosu)
<b>D&amp;D</b>	: Deactivation and Decommissioning (Devre Dışı Bırakma ve Hizmetten Çıkarma)
<b>DC</b>	: Direct Current (Doğru Akım)
<b>DG</b>	: Distributed Generation (Dağıtılmış Nesil)
<b>DNO</b>	: Distribution Network Operator (Dağıtım Şebekesi Operatörü)
<b>DOE</b>	: Department of Energy (Enerji Bakanlığı)
<b>ETA</b>	: Olay Ağacı Analizi
<b>FMEA</b>	: Hata Modları ve Etkileri Analizi
<b>FTA</b>	: Hata Ağacı Analizi
<b>HAZLOC</b>	: Hazardous Location (Tehlikeli Konum)
<b>HAZOP</b>	: Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması
<b>İSG</b>	: İş Güvenlik ve Sağlık
<b>KKD</b>	: Kişisel Koruyucu Donanım
<b>MSHA</b>	: Mine Safety and Health Administration (Maden Güvenliği ve Sağlık İdaresi)
<b>NEC</b>	: National Electrical Code (Ulusal Elektrik Kodu)
<b>NFPA</b>	: National Fire Protection Association (Ulusal Yangından Korunma Derneği)
<b>NIOSH</b>	: National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü)
<b>OHSMS</b>	: İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Yönetim Sistemleri
<b>OSHA</b>	: Occupational Safety and Health Administration (Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi)
<b>SCI</b>	: Supplier concentration index (Tedarikçi yoğunlaşma endeksi)
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 4.1:</b> Trablus Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri.....	42
<b>Çizelge 4.2:</b> Tajouara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Etkileri.....	43
<b>Çizelge 4.3:</b> Ain Zara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Olumsuz Sonuçları.....	44
<b>Çizelge 4.4:</b> Janzur Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri.....	45
<b>Çizelge 4.5:</b> Souq Al Jum'aa Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri .....	46

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: İş Yeri Elektrik Güvenliğinin Önemi .....	19
Şekil 2.2: İşyeri Elektrik Güvenliği.....	22
Şekil 2.3: 2006 Yazı ABD Elektrik Üretim ve Kapasite Tahminleri.....	24
Şekil 2.4: Potansiyel İlerleme Adımları .....	26
Şekil 2.5: Temas Potansiyeli.....	27
Şekil 2.6: İşyeri Elektrik Güvenliği.....	29
Şekil 2.7: Yaklaşma Sınırları .....	31
Şekil 2.8: Elektrik Kazasıyla Yaralanmış Bir İşçi.....	32
Şekil 3.1: Trablus Valiliğini Oluşturan Beş İlçeyi Gösteren Libya Haritası .....	40
Şekil 3.2: Trablus Valiliği'nin Elektriksel İletkenliği .....	41
Şekil 4.1: Tripoli Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Tripoli Sakinlerinin Sağlığı Üzerindeki Olası Etkileri .....	43
Şekil 4.2: Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Tajoura Sakinlerinin Sağlığı Üzerindeki Olası Etkileri.....	43
Şekil 4.3: Ain Zara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Olumsuz Sonuçları.....	44
Şekil 4.4: Janzur Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri .....	45
Şekil 4.5: Elektromanyetik Alana Maruz Kalma ve Bunun Souq Al Jum'aa Sakinleri Üzerindeki Olası Sonuçları .....	46
Şekil 4.6: Elektromanyetik Radyasyondan Kaynaklanan Sağlık Riskleri Oranları ...	47

## ELEKTRİK DAĞITIM ŞİRKETLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE UYGULAMALARI

### ÖZET

Elektrik dağıtım şirketleri yasal gereklilikler, işyeri yaralanmaları ve bulaşıcı hastalıklarının yaygınlığı nedeniyle iş sağlığı ve güvenliğine öncelik vermeye başlamıştır. Bununla birlikte son zamanlarda, güvenlik ve iş yeri güvenliğini öncelikli hale getirmenin ne kadar önemli olduğu hakkında çok fazla konuşma yapılmıştır. Bu çalışmada Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) girdileri ile Uluslararası Elektromanyetik Alan Projesi kapsamında seçilmiş veriler ve yüksek gerilim hatlarının güzergâhlarını gösteren bir uydu fotoğrafı kullanılmıştır. Libya'daki Trablus Valiliği'nin beş bölgesi, çalışma örnek tekniğinin kriterlerini karşılaması için seçilmiştir. Sonuç olarak, elektrik dağıtım şirketlerindeki çalışanların yaşadıkları kaza sayısındaki artış nedeniyle çok çeşitli tehlikelerle karşı karşıya kaldıkları tespit edilmiş ve bu durum bizi güvenlik ve iş güvenliği düzenlemelerini uygulamak için etkili stratejileri araştırmaya ve geliştirmeye sevk etmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Elektriksel Tehlikeler, Elektrik Riskleri, Tehlike Farkındalığı, Güvenlik Tedbirleri, Dağıtım Şirketleri.*

## **OCCUPATIONAL HEALTH AND APPLICATIONS IN ELECTRICITY DISTRIBUTION COMPANIES**

### **ABSTRACT**

Due to legal requirements and the prevalence of workplace injuries and illnesses, electricity distribution companies began to prioritize worker health and safety. There has been a lot of talk lately about how important it is to prioritize safety and workplace safety. Input of the World Health Organization (WHO) and selected data within the scope of the International Electromagnetic Field Project were used. Using a satellite photograph showing the routes of high-voltage lines, five regions of the Tripoli Governorate in Libya were selected to meet the criteria of the study sample technique. As a result, employees face a greater variety of hazards due to an increase in the number of accidents, prompting us to research and develop effective strategies for implementing security and occupational safety regulations.

**Keywords:** *Electrical Hazards, Electrical Risks, Hazard Awareness, Safety Precautions, Distribution, Companies.*

## 1. GİRİŞ

Elektrikle ilgili sayısız olay, onun hassas bir enerji statüsüne sahip olduğunu kanıtlıyor. Ne yazık ki, bu gizli enerjile temasa geçen birçok insan trajik bir şekilde hayatını kaybetti. Bir tesis ya da fabrikada çalışırken ona yardım etmeye söz veren bir mühendisin iş arkadaşı ona yardım bile edemedi. Bu görünmeyen enerji, tespit edilmesi zor olabilecek bir dizi ölümden sorumlu olmakla kalmayıp, aynı zamanda kalıcı bozukluklara ve sürdürülemeyebilecek ciddi yanıklara da bağlanmıştır. (Floyd, Andrews, Capelli-Schellpfeffer, Neal, & Saunders, 2001).

Elektrik ark, statik elektrik, yüksek gerilimli elektrik veya alçak gerilimli elektrik biçimini alabilen bu görünmeyen güç ve ayrıca elektromanyetik çalışma yoluyla çeşitli enerji türleri insan için hem bir nimet hem de bir felaket olabilir nasıl kötüye kullanıldığına bağlı olarak yarışır. İnsani ve ekonomik bakış açıları birbiriyle iç içe geçmiş durumdadır ve her ikisi de endüstriyel ve mesleki sektörlerin güvenliğini ve emniyetini sağlamak için gereklidir. Ekonomik ve sosyal kalkınma peşinde koşan herhangi bir ulus için iki temel hedef vardır: Birincisi, bu planların meyvelerini vermesini görmek ve onları güvende tutmak için gerekli olacak vasıflı işgücünü eğitmek ve ikincisi, altyapıyı ve kaynakları korumaktır, bu mal ve hizmetleri oluşturmak için kullanılabilir. Sanayileşmiş dünyada bilim adamları tarafından yürütülen deneyler, endüstriyel güvenlik koşullarının uygulanması yoluyla güvenli bir çalışma ortamı sağlamak için önlemler almanın yalnızca işçilerin ve üretim araçlarının hayatını korumakla kalmayıp, aynı zamanda çıktıda da gözle görülür bir artışa yol açtığını göstermiştir.

Üretim araçlarının tesisat, malzeme ve makinelerden durmasına ek olarak, büyük eğitilmiş personel kaybına neden olan kazalar ve meslek hastalıkları nedeniyle artan kayıpların azaltılması, endüstriyel güvenliğin ekonomik açıdan gerçek değerinin yattığı yerdir. (Jones & Jones, 2000).

Güvenlik normlarını ve standartlarını anlamak ve bunlara bağlı kalmak, elektrik kazalarını önlemenin ilk adımıdır. Elektrik güvenliği standartları söz konusu

olduğunda, herkesin uyması gereken şey OSHA'dır. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğine göre 1970 Yasası, işletmeler, tesislerinin işçileri ölüm veya ciddi yaralanma tehlikesine sokabilecek tehlikelere karşı güvenli olmasını sağlamakla yükümlüdür. Listelenmemiş tehlikeler, şok, ark ve patlama gibi elektriğin neden olduğu tehlikeleri içerir. (Safety & Administration, 1985).

Standart tavsiye, potansiyel elektrik tehlikeleri nedeniyle istenildiği gibi çalışmamaktır. Fazladan veya daha büyük tehlikeler oluşturmadığı veya ekipman tasarımı veya çalışma limitleri nedeniyle imkansız olmadığı sürece, çalışanın üzerlerinde veya yakınında çalışması öncesinde canlı bileşenlerin enerjisinin kesilmesi OSHA 1910.333(a)(1) tarafından zorunludur Arzu edilen ekipman üzerinde çalışmak, ekonomik, pratik veya üretim kaygılarıyla asla gerekçelendirilemez. Bu OSHA yetkisi dahil olmak üzere federal yasanın ihlali, parasal cezalara ve/veya cezai kovuşturmayaya neden olabilir (Parise, Sutherland, & Moylan, 2005).

İkinci olarak, şirket kapsamlı bir elektrik güvenliği politikası oluşturmalı ve sıkı sıkıya takip etmelidir. Elektrik sistemlerinin güvenliğini sağlamak için yazılan ve izlenen kapsamlı bir strateji olmalıdır. Bir elektrik güvenliği programının başarılı olması için, yönetimden en alta kadar bir kuruluşun işgücünün tüm üyelerinin iş birliği ve taahhüdünü gerektirir.

Elektrik çarpması, elektrik ark planlaması tanımak ve bunlardan kaçınmak, elektrik güvenliğinin üçüncü temel taşıdır. Çoğu insan elektrik çarpmasını duymuştur ve bu konuda dikkatli olunması gerektiğini bilir. Ark arızaları, Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 2.000'den fazla kişiye önemli elektrik yanıklarına neden olan ark parlamaları ve ark patlamaları oluşturur. Akımın iyonize gaz veya buhar yoluyla iki metal iletken arasında akabilmesi için önce bir ark arızasının oluşması gerekir. Bu, bir flashover(genel patlama) veya tornavida gibi başka bir iletken cihazla yapılabilir. Bir ark hatasının gelişimi, feci etkileri olabilecek büyük bir patlamaya neden olur (Eakin, 1992; from Deregulation).

Elektrik arkının tepe sıcaklığının 35.000 F'yi aşması mümkündür. Katıdan buharla genleşme oranı 67.000 olan bakır gibi nesnelere bu sıcaklıklarda erir ve buharlaşır. Aşırı ısı, ark parlaması ve erimiş metal, giysilerin alev almasına ve yalnızca 3ft bir mesafede ciddi yanıklara neden olabilir. Ark patlaması, büyük basınç dalgaları ve ses oluşturan ve şarapnelleri her yöne saçan, ısıtılmış havanın hızlı bir şekilde

genleşmesi ve bakırın buharlaşmasından kaynaklanır. Basınç dalgaları, çalışanların kulaklarına ve ciğerlerine zarar vermenin yanı sıra onları odanın içinde veya merdivenlerden aşağı itebilir. Aşırı akım koruması, bu işlem saniyenin bir kısmında birçok kez tekrarlanana kadar devreye girmez.

Konuyla ilgili bilgilendirildikten sonra, işçiler herhangi bir elektrik tehlikesine karşı tetikte olmalıdır. Elektriksel güvenlik programları, NFPA 70E-2000 Bölüm II, Kısım 2-3.1.5 uyarınca bir tehlike/risk değerlendirme yaklaşımı içermelidir. Daha fazla analiz yapılmadan önce, şok yaklaşma sınırları belirlenmelidir. NFPA 70E-2000 Bölüm 2'nin Bölüm 2-1.3.4 ve 2-1.3.5'te, nitelikli ve kalifiye olmayan çalışanlar için sırasıyla üç yaklaşım sınırı belirtilmiştir. Açığıtaki enerjili elektrik kablolarına izin verilen yaklaşma sınırları, NFPA 70E-2000, Kısım II Tablo 2-1.3.4'te voltaj düzeyine göre detaylandırılmıştır.

İkinci olarak, NFPA 70E-2000 Bölüm 2-1.3.3'e uygun olarak bir parlama tehlikesi analizi yapılmalıdır. Kısım II, Kısım 2.1.3.3.2'ye uygun olarak, flaş koruması için önce çevre ölçümlerini alacağız. Bu, bir ark parlaması potansiyel yanma bölgesi ile kaynağı arasındaki yatay mesafedir. Koşullara bağlı olarak, bu mesafe tam olarak veya yaklaşık olarak tahmin edilebilir. Bu araştırmanın ikinci kısmı, çalışanların işlerini flaştan korunma sınırları içinde yapacaklarsa ne tür güvenlik tertibatı takmaları gerektiğini bulmaktır. Bu, NFPA 70E-2000 Kısım II 2-1.3.3.3 tarafından zorunlu kılınmıştır. Bir ark arızasından belirli bir mesafede (genellikle 18 inç) gelen enerji (santimetre kare başına kilokalori olarak) bunu belirler. (Ammerman, Sen, & Nelson, 2007).

Yasal gereklilikler ve işyeri yaralanmaları ve hastalıklarının yaygınlığı nedeniyle, elektrik dağıtım şirketleri işçi sağlığı ve güvenliğine öncelik vermeye başladı. Son zamanlarda, güvenlik ve iş yeri güvenliğini öncelikli hale getirmenin ne kadar önemli olduğu hakkında çok fazla konuşma yapıldı. Tüm tesislerde her alanda eğitim ve rehabilitasyona öncelik verilmiştir. Çünkü birinci aşamada eğitime, rehabilitasyona ve endüstriyel güvenliğe yatırım yapmak zararlıdır ve mesleğinin tehlikeleri konusunda bilgili bir kişi bunların farkındadır.

Tüm elektrikli işlerde mevcut olan tipik ve evrensel riskler üzerine bir incelemeye geçmeden önce, güvenliğin ve profesyonel güvenliğin önemini ve işçiyi işteki potansiyel tehlikelerden korumadaki işlevi vurgulanacak ve beklenen tehlikeler ve bunların çeşitli risk yönetimi stratejileri aracılığıyla nasıl azaltılacağı üzerine



çalışılacaktır. İşverenler, 1970 İş Güvenlik ve Sağlık Yasasına (İSG Yasası) göre işyerlerinin ölüme veya ciddi yaralanmalara yol açabilecek bilinen tehlikelerden arınmış olmasını sağlamakla yükümlüdür.

Bu çalışmada, birinci bölüm, çalışmanın amacını, sınırlarını ve yöntemini ortaya koyan giriş bölümünü içermektedir. İkinci bölüm, Elektrik Güvenliği Yönetmelikleri ve Standartları, işyerinde elektrik güvenliği için bir standart (NFPA 70E, NEC), dağıtılmış üretim için güç sistemi koruması için motivasyon, elektrik tehlikeleri farkındalığı, NFPA 70E yaklaşım sınırları EO 1.05 ve elektriksel acil durumlar EO 1.06 sağlar. Üçüncü bölüm, araştırma tasarımını, araştırma araçlarını ve çalışma alanını açıklayan metodolojiyi içermektedir. Dördüncü bölüm sonuç ve tartışmayı içermektedir. 5. bölüm ise sonucu içermektedir.

## **2. LİTERATÜR TARAMASI**

Bu bölüm, Elektrik Güvenliği Yönetmelikleri ve Standartlarını içeren literatür taramasını içerir. İşyerinde elektrik güvenliği için bir standart (NFPA 70E, NEC), dağıtılmış üretim için güç sistemi koruması için motivasyon, elektrik tehlikeleri farkındalığı, NFPA 70E yaklaşım sınırları EO 1.05 ve elektriksel acil durumlar EO 1.06 sağlar.

### **2.1 Elektriksel Güvenlik Yönetmelikleri ve Standartları**

#### **2.1.1. Elektriksel tehlikeler**

Elektrik, küçükten ciddiye kadar çeşitli yaralanmalara neden olabilir. Ulusal Güvenlik Konseyi tarafından yayınlanan Injury Facts 2014'e göre, 2008 ve 2010 yılları arasında 961 kişi elektrik, ısı veya basınç yaralanmalarından öldü. Seyrek olmalarına rağmen, elektrik yaralanmaları, yol açabilecekleri yıkımla ünlüdür (Koumbourlis, 2002).

Elektrik yaralanmalarının ciddiyetinin, kalp durması, aritmiler, hipoksi, böbrek yetmezliği ve sepsis gibi çoklu sistem hasarına neden olabileceği gerçeğiyle artabileceğini belirtmek önemlidir (Cooper & Price, 1984). Uzun süre elektriğe maruz kalmanın beyin ve zihin üzerindeki olumsuz etkilerinin yaşam kalitesi üzerinde ciddi sonuçları olabilir. Ark parlamaları, ark patlamaları ve elektrik çarpmaları, elektrik yaralanmalarının en yaygın üç şeklidir. Yüksek voltajlı şoklarda, zararın kişinin elektrikle doğrudan temas etmesinden kaynaklandığı düşük voltajlı şokların aksine, elektriğin kaynaktan kurbanda aralarında herhangi bir fiziksel temas olmaksızın akmasına izin veren bir ark oluşturulur (Noble, Gomez ve Fish, 2006).

İletken yüzeydeki yalıtım, korozyon, nem, toz ve diğer kirleticilerdeki boşluklar, iki veya daha fazla iletken yüzey arasında veya iletkenlerden toprağa doğru hava akımı oluşmasına neden olabilecek şeylerden yalnızca birkaçıdır (İşyeri Güvenliği Farkındalık Konseyi). Elektrik arkı, 35.000 Fahrenheit dereceye varan sıcaklıklara ulaşma potansiyeli nedeniyle yanıklara, sağırlığa, göz yaralanmalarına, erimiş metal

patlamalarından kaynaklanan cilt hasarına, akciğer hasarına ve patlama yaralanmalarına neden olabilir (Koumbourlis, 2002).

Birisi yanlışlıkla elektrikle temas ettiğinde, yaralanmanın derecesi büyük ölçüde maruz kaldıkları elektrik akımının parametrelerine bağlıdır. AC kas tetanisi (kasların istemsiz kasılması) üretebileceğinden ve aynı voltajda DC'den daha uzun süre dayandığından, Cooper bunun üç kat daha zararlı olduğunu savunuyor. Alternatif akım (AC) elektriği genellikle hem ticari hem de konut yapılarında kullanılır.

DC akım yaraları, tıpkı AC mevcut yaralarının yaptığı gibi, daha hızlı iyileşir ve sıyrıldığında daha az belirgindir. Elektrik çarpması yaralanmaları, akım yoğunluğu, kurbanın doku dayanıklılığı, kat edilen yol ve maruz kaldıkları süre gibi değişkenlere bağlı olarak hafif ila şiddetli arasında değişebilir. Amper, bir elektrik kaynağı tarafından ne kadar ısı üretildiğini belirleyen birkaç parametreden biri olan elektrik akımının yoğunluğunun bir ölçüsüdür (Bernius & Lubin, 2009).

Aynı miktarda voltaj, vücudun çeşitli dokuları veya bölümleri tarafından elektrik akışına karşı sağlanan farklı direnç nedeniyle farklı dokularda farklı akımlara ve dolayısıyla değişen derecelerde zarara neden olabilir.

Elektriğe karşı en az direnci sağlasalar da kaslar, sinirler, kan ve zarlar yine de şoklanırlarsa ısınır ve pıhtılaşır. Deri, iletkenliği ortam koşullarına ve bireysel düzene göre değişen ve dolayısıyla elektrik akımına karşı en yüksek direnci sunan bir ara iletkenidir. Islak cilt, özellikle terli cilt, elektrik akımına karşı çok az dirence sahiptir ve bu nedenle içinden akabilen elektrik miktarını artırır. Elektriği iyi iletmeyen, kalın ve nasırlı deri, kalınlığıyla birlikte artan bir dirence sahiptir (Cooper & Price, 1984).

Cooper ve Price'ın işaret ettiği gibi, dokunun karbonlaşması elektrik akımına karşı direncini artırır. Hangi organların tehlikede olduğu ve elektrik enerjisinin ne ölçüde ısıya dönüştüğü elektrik akımının vücutta kat ettiği yola bağlıdır. Özellikle kafa ve kalp yaralanmaları konusunda endişeliyiz. Doğrudan miyokardiyal hasar veya aritmiler kalpten veya göğüs kafesinden geçen akımın sonuçlarıken, solunum durması, nöbetler ve felç beyinden geçen akımın sonuçlarıdır. Büyük olasılıkla beyni, kalbi ve akciğerleri etkileyeceğinden, vücutta paralel bir eksen boyunca dikey olarak hareket eden bir akım özellikle tehlikelidir (Koumbourlis, 2002).

Kalbin ve ellerin yatay olarak bağlanması mümkündür, ancak beyinden kaçınılmalıdır. Bulgularına dayanarak, Bailey ve ortak yazarlar, elektrik çarpmalarının çoğunun elektriğin baştan ayağa ulaşmasıyla meydana geldiği sonucuna vardılar. Ölümün meydana gelme olasılığı daha düşük olmasına rağmen, vücudun alt kısmından geçen akım nedeniyle yaralanma mümkündür. Ayrıca, elektrik akımıyla uzun süreli temas, elektro termal ısınma ve nihayetinde doku hasarı olasılığını artırır. Elektrik çarpması büyük yanıklara veya önemli organlarda hasara neden olabilir, ancak aynı zamanda güçlü kas spazmlarına ve kas liflerinde kanamaya neden olabilir, bu da eklemlerin kırılmasına veya yerinden çıkmasına neden olabilir. Gözler, 200 volttan daha yüksek voltajlı şoklara karşı özellikle savunmasızdır. Yüksekten düşme gibi kazalar, elektrik çarpmasının yaygın sonuçlarıdır (Bernius & Lubin, 2009). Muhtemelen daha büyük akım akışından kaynaklanan doku hasarı olasılığının artması nedeniyle, 1000 voltun üzerindeki daha yüksek elektrik voltajları daha ciddi yaralanmalarla ilişkilendirilmiştir.

Son yirmi yılda hastane yanık birimlerinden elde edilen istatistikler, yüksek voltajlı elektrik yaralanması olan hastaların en fazla tıbbi yardıma ihtiyaç duyduğunu, en uzun süre hastanede kaldığını ve en çok ameliyat geçirdiğini ortaya koymaktadır. En fazla risk altındaki grup, voltaj düşüklüğü nedeniyle başvuranlar %6,6 ve yıldırım isabet edenler %5,3'tür. Chudasama ve arkadaşları (2010) tarafından bir yanık merkezinde yanık tedavisi gören ve yüksek veya düşük voltajlı yaralanması olan hastalar, istihdam ve nöropsikiyatrik göstergeler açısından sonuçları karşılaştırıldı. Çalışmanın sonucu olarak, nispeten küçük yanık boyutuna ve/veya düşük voltaja rağmen, elektrik yaralanmaları genellikle ciddi morbiditeye neden olur. Yüksek ve düşük voltaj yaralanmalarını karşılaştırırken, nöropsikiyatrik sekel, geç rekonstrüksiyon ihtiyacı ve işe geri dönememe gibi uç noktadaki benzerlikler, voltajın sonucu öngördüğüne dair önceki kavramları sorgulamaktadır.

Yüksek voltajlı yaralanmaları olan hastalarda fasyotomi (bir uzvun üzerindeki gerilimi veya baskıyı hafifletmek için fasyanın çıkarılmasını içeren cerrahi bir ampütasyon, sinir dekompresyonu ve ayakta tedavi olma olasılığı daha yüksekti. Bununla birlikte, düşük voltajlı ve yüksek voltajlı gruplardakileri karşılaştırırken, araştırmacılar, nöropsikiyatrik bozuklukların, işe dönüşle ilgili kısıtlamaların ve bunu yapmadaki gecikmelerin istatistiksel olarak ayırt edilemez olduğunu buldular. Brezilya'da bir yanık kliniğinde yapılan son araştırmalar, daha yüksek voltaja maruz

kalan hastaların, daha düşük voltajlara maruz kalanlara göre daha uzun hastanede kalma süresi ve daha zor cerrahi prosedürler gerektirdiğini göstermiştir (Luz ve ark., 2009). Elektriğin, yalnızca düşük voltajlı olduğu için maruz kalanlar üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olacağına inanmak için hiçbir neden yoktur. Elektrik çarpması hasarı açısından yüksek ve düşük risk altındaki popülasyonları karşılaştıran çalışmalardan elde edilen sonuçlar bunu göstermektedir. Yaralanmadan ortalama 107,7 gün sonra, yazarlar hastaların yüzde 33,3'ünün işe dönmede başarılı olduğunu keşfettiler. Bunun nedeni devam eden psikososyal, nörolojik ve kas-iskelet sorunlarıdır (Theman, Singerman, Gomez ve Fish, 2008).

Önde gelen bir Ontario yanık tesisinde yapılan araştırmaya göre, düşük voltajlı elektrik hasarı, yüksek voltajlı elektrik yaralanmasından daha sık uzun vadeli sonuçlarla ilişkilendirildi. Elektrik çarpması yanıkları, düşük voltajın neden olduğu yaralanmaların çoğundan sorumluydu (çalışma popülasyonunun yüzde 55'i). Elektrik yaralanmaları durumunda, nörolojik ve psikiyatrik şikayetler en sık bildirilen uzun vadeli etkilerdi. Uyuşma, halsizlik, hafıza sorunları, parantez ve kronik ağrı en sık görülen nörolojik semptomlar iken, anksiyete, kabuslar, uykusuzluk ve travmatik olaylara geri dönüşler en yaygın psikolojik semptomlardır. Bu hastalarda daha şiddetli nörolojik semptomlara daha şiddetli psikososyal semptomlar eşlik ediyordu. Pek çok semptomun net bir nedeni yoktu ve genellikle kazadan haftalar veya aylar sonra ortaya çıktı. Bu ölümlerin nedenleri üzerine yapılan bir araştırmaya göre, Quebec'te elektrik çarpması nedeniyle hayatını kaybeden 124 kurbanın yüzde yirmi beşi 120 ila 240 volt arasında voltaja maruz kaldı ve daha yüksek voltaj içerenlere göre bu ölümler daha çok ıslak uzuvlar ve elektrik iletimini içeriyordu. 350 volttan daha düşük voltajlarda atriyal fibrilasyon raporları çok nadir olmakla birlikte, bazıları belgelenmiştir. Bazı durumlarda, tipik bir ev ekipmanı olan 300 volttan daha düşük voltajlara maruz kaldıktan sonra ventriküler fibrilasyon meydana gelebilir. 110 ile 440 volt arasındaki herhangi bir voltaj kırılmaya neden olma potansiyeline sahiptir (Park, 2015).

### **2.1.2. İşyerinde elektrik yaralanmaları**

Elektrik kazalarının çoğu insanlar çalışırken meydana gelir. Amerikan Yanık Birliği tarafından 2014 yılında yapılan bir araştırmaya göre, 2004-2013 yılları arasında yaralanma koşulları belgelenmiş olan elektrik yanıklarının yaklaşık %61'i işle

ilgiliydi. Bu bulgu, hastane yanık merkezlerindeki hastalarda yapılan çalışmalarla tutarlıdır (5955 ölümden 3638'i). BLS'ye göre, elektrik akımına, radyasyona, sıcaklığa ve basınca maruz kalma 2008 ile 2010 yılları arasında 525 işçi elektrik çarpması nedeniyle öldü ve bu, o dönemde Ulusal Güvenlik Konseyi'ne bildirilen 961 yaralanmanın %55'ini oluşturuyor. 2008-2010 yılları arasında BLS, elektrik akımı temasından kaynaklanan 7.000 ölümcül olmayan yaralanmayı belgeledi. Makalemizin bir başka bölümünde, 2003 ile 2012 yılları arasında işte meydana gelen hem ölümcül hem de ölümcül olmayan yaralanmaları inceliyoruz. İnşaat işçileri orantısız sayıda elektrik yaralanmasına sahiptir, bu nedenle birçok çalışma bu olayların temel nedenlerini araştırmıştır (Singerman, Gomez ve Fish, 2008).

1992 ve 2002 yılları arasında tüm işyeri elektrik çarpmalarının %47'sini inşaat işçilerinin oluşturduğu inşaat sektöründeki işçiler, diğer tüm sektörlerdeki çalışanlara kıyasla iş başında elektrik çarpması riskinin neredeyse dört katıydı. En yüksek elektrik çarpması insidansı, 16-19 yaş arası inşaat işçileri arasında görülmektedir. Lombardi ve yardımcı yazarların (2009) işçi tazminat taleplerine ilişkin yakın tarihli bir analizi, elektrik yaralanmalarının yüzde 98,8'inin ölümcül olmadığını gösterdi. Analiz, tüm tazminat taleplerinin %33,4'ünün hizmet sektöründen, ardından %24,7 ile imalat sektöründen, %17,3'ü perakende sektöründen, %7,2'si inşaattan ve %5'i finans sektöründen (sigorta, gayrimenkul ve bankacılık, %5,6) geldiğini ortaya koydu. ). Yanıklar (%19,3) ve elektrik çarpması (%48,8) en sık bildirilen yaralanmalardı, araştırma ayrıca incinmeler ve burkulmalar, ezikler, iltihaplanma, yırtıklar, burkulmalar, senkop, yabancı cisimler, kırıklar ve işitme bozukluklarının %31,9'dan sorumlu olduğunu buldu. (Cawley & Homce, 2006).

İşyerinde elektrik yaralanmalarında araştırmaya konu olan bir diğer önemli konu da işe dönüşte karşılaşılabilecek zorluklardır. Duygudurum sorunları öyküsü olmayan elektrik hasarı kurbanları, işyerinde nörolojik etkilere atfedilebilecek bariz gerilimler yaratarak sabırsızlık, öfke ve fiziksel olarak agresif davranışlar sergilediler. Daha önce tartışıldığı gibi, düşük voltajlı yaralanmalar bile mağdurlarda zihinsel ve nörolojik bozukluklar bırakarak işe dönmeyi zorlaştırabilir (Campbell & Dini, 2016).

Elektrik çarpması yaşayan kişilerle yapılan derinlemesine görüşmeler, üç ana faktörü belirledi bunlar fiziksel, zihinsel ve duygusal işlevsellikte zorluklardır, bu da işyerinde üretkenliği azaltır; yaralanmadan dolayı hissedilen suçluluk ve sorumluluk

duyguları ve olayın meydana geldiği işyerine geri dönmekten kaçınma işe geri dönmelerini engellediğini ortaya çıkardı.

Son araştırmalar, çalışanları işyerinde elektrik güvenliği konusunda eğitmek için çabaların desteklenmesi ve rafine edilmesi gerektiğini göstermiştir. Lombardi ve meslektaşları tarafından tespit edilen yaralı çalışanların çoğu, elektrik güvenliği eğitimine bağlılık göstermemeleri ile bilinen hizmet ve perakende sektörlerindedir. Yanık merkezlerindeki hastalar, tüm mesleki yaralanmaların %69'unu oluşturuyordu; çalışmanın yazarları, elektrikle uğraşmayan çalışanların elektrik güvenliği konusunda yeterli eğitim almamış olabileceklerini varsaydılar.

Yaralanma bildirim ve güvenlik yasalarını değerlendiren bir iş vaka çalışmasına göre, elektrik olaylarının yüzde kırkında 250 volt veya daha düşük voltajlar vardı ve bu da elektrik güvenliğinin tipik olarak bir yüksek voltaj sorunu olarak yanlış yorumlandığını gösteriyor. Elektrik kazalarının yarısından fazlası genellikle endüstri ile ilişkili olmayan personeli içermekte olup, bu da elektrik güvenliğinin bu tür tehlikelere maruz kalabilecek herkesi kapsayacak şekilde genişletilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Capelli-Schellpfeffer, Floyd, Eastwood ve Liggett, 2000).

10 veya daha az çalışanı olan şirketlerin şantiyede elektrik ölümlerini bildirme olasılığı daha yüksekti; bu, resmi eğitim gerekliliklerinin ve/veya güvenli çalışma yöntemleri konusunda yapılandırılmamış eğitimin eksikliğinin göstergesi olabilir. Genç çalışanlar arasında orantısız şekilde yüksek elektrik ölüm sıklığı nedeniyle, daha fazla eğitimin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, elektrik yaralanması literatürü, ark parlaması ve ark patlaması yaralanmalarından ziyade çoğunlukla şok ve elektrik çarpmasına odaklanmıştır. Buna rağmen, elektrik yanıkları üzerine yapılan araştırmalar, elektrik çarpması yanıklarının işyeri yaralanmalarının yaygın bir nedeni olduğunu göstermiştir. Michigan yanık merkezinde yapılan araştırmalara göre, işyeri yaralanmalarının %34'ü ani yaralanmalardan, geri kalan %66'sı ise bir güç kaynağıyla fiziksel temastan kaynaklanmaktadır (Janicak, 2008).

Bahsi geçen Ontario araştırmasında, ark parlamaları elektrik işleriyle ilişkili yanık yaralanmalarının %55'ini oluştururken, elektrik kontağı %37'sini oluşturuyordu ve diğer yaralanmaların yanık tipini tanımlayan hiçbir verisi yoktu. Yanık hastaları üzerinde yapılan bir ankete göre, Brezilya'daki yanıkların yüzde yirmisi ani yanık, %37'si üçüncü derece yanık ve %63'ü ikinci derece yanık olarak sınıflandırıldı.

Elektrik ark yaralanmaları, Teksas'taki bir yanık kliniğinde iki yıl boyunca tedavi edilen tüm elektrik yanıkları arasında en düşük ölüm oranına sahipken, aynı zamanda en büyük ortalama yanık alanına ve en uzun ortalama kalış süresine de sahipti.

Ralph Lee, elektrik arklarının ark terminallerinde 35.000 Fahrenheit dereceye varan sıcaklıklara ulaşabileceğini buldu; bu, önemli yanık yaralanmalarının arktan 10ft mesafelerde yaygın olduğu ve daha yakın mesafelerde bile ölümlerin mümkün olduğu anlamına gelir (Lee, 1982). Bir arkta çıkan erimiş son metal damlacıkları, 1000 °C derece veya daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilir, deriyi kolayca kabartır ve giysileri hızla ateşe verir. Ark yanıkları, arıza kapasitesi yüksek elektrikli bileşenlere yakın olan elektrik işçilerinde daha yaygındır. Yaygın olarak alıntılanan bir tahmin, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki elektrikli ekipmanlardaki günlük ark parlaması patlamalarının sayısını beş ile on arasında gösteriyor, ancak bu istatistiğin kaynağı belirsiz. NIOSH'un elektrik arkı yaralanmalarını incelediği alanlardan biri de ark parlaması yaralanmalarının yaygın olduğu madencilik sektörüdür (Arnoldo ve diğerleri, 2004; Kowalski-Trakofler & Barrett, 2007).

1992 ve 2002 yılları arasında ulusal elektrik yanığı yaralanma oranı düşerken, madencilik endüstrisinde sabit kaldı, hatta arttı. Maden Güvenliği ve Sağlığı İdaresi verileri, 1990 ve 2001 yılları arasında meydana gelen 836 "temassız elektrik ark yanığı" vakasını öğrenmek için analiz edildi. (MSHA). En büyük yaralanma insidansı elektrik sektöründe (%39), makine endüstrisinde (%20), gıda işleme endüstrisinde (%6) ve inşaat ve inşaat sektöründe (%12) meydana geldi. Elektrik kazalarının büyük çoğunluğu, rutin bakım veya onarımlar sırasında meydana geldi, ancak diğer pek çoğu, devreye giren kesiciler veya diğer arızalı makineler nedeniyle meydana geldi. Araştırmacılar, sık makine kullanımının 5 olaydan 1'iyle ilişkili olduğunu buldular ve bulgularını bilimsel bir makalede bildirdiler (Cawley & Homce, 2007).

Ark ayrıca iletkenler, motorsuz el aletleri, elektrik sayaçları ve elektrik konektörleri ve bağlantılarıyla da bağlantılıydı. Ark olaylarının yalnızca üçte biri rapor edildi, bu raporların %84'ü voltajın 600 volt veya daha az olduğunu ve %10'u 1000 voltun üzerinde olduğunu bildirdi. NIOSH madencilik çalışmasına göre, NFPA 70E, çalışanları ark parlaması risklerine karşı korumak için yararlı bir araç olabilir, ancak standardın kapsamı, derin madenlerde kullanılan güç sistemlerini veya yerüstü madenlerinde kullanılan güç ekipmanına dahil değildir. Yazarlar çalışmanın



bulgularını derlediler ve NFPA 70E'nin güvenli çalışma uygulamaları, kişisel koruyucu ekipman ve maden işçilerinin iş güvenliği için bir referans olarak diğer araçlara yönelik yönergelerinin kapsamlı bir değerlendirmesini sundular. MSHA elektrik arkı olaylarının ilk araştırması tamamlandıktan sonra, NIOSH araştırmacıları MSHA raporlarını gözden geçirdiler ve bu olaylarda davranışsal ve organizasyonel faktörlerin oynamış olabileceği rolü belirlemek için ark parlaması kurbanı veya tanık olan 32 kişiyle görüştüler (Cawley). & Homce, 2007).

Şirket tarafından yapılan araştırmaya katılanların neredeyse tamamı, elektrik kesintilerinin olayları önleyeceğine inanıyor. Ortalamanın üzerinde veya ortalama güvenlik kültürüne sahip şirketler, tüm kazaların %73'ünü oluşturuyor. İşçiler, ark parlamalarının üretim baskıları ve sürekli eğitim ve iletişim eksikliği nedeniyle meydana geldiğini söylediler. Çalışmanın sonuçlarının ayrıntılı değerlendirmesi aşağıda yer almaktadır. Ark parlaması olayları sırasında yaralanmaları önlemede Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) etkinliğini değerlendirmek için Doan ve ortak yazarlar, 54 çalışanın dahil olduğu 40 olayı inceledi.

Yazarlar, KKD'yi seçmek için tehlike analizini kullanan yaralı işçilerin neredeyse yarısının sert kasklarıyla birlikte eldiven veya yüz siperliği takmadığını ve kavisli yüz siperlikleri ile kılıfları örtüşen deri eldivenlerin bunların yüzde 39'unu engellemiş olabileceğini bulmuşlardır. Ayrıca, ark parlaması kazalarına karışan ve yaralanmalarını ağırlaştıran çalışanların üçte ikisi için KKD'yi seçmeden önce hiçbir ark parlaması analizi yapılmadığını keşfettiler. Yazarlar, NFPA 70E tablolarına dayanarak, çalışanların minimum bir tehlike algıladıkları takdirde ark parlamaları sırasında koruyucu giysiler giymeyebilecekleri sonucuna varmışlardır. Maruz kalma derecesine uyacak şekilde seçildiği ve NFPA 70E gerekliliklerine uygun olarak giyildiği sürece, uzmanların çoğu kavisli KKD'nin etkili olduğuna inanıyordu. Ark parlaması kazaları üzerine yaptığı araştırma için Wellman, OSHA'nın soruşturma kayıtlarını inceledi, olayları gerilime göre kategorize etti ve bunlardan kaynaklanan çok sayıda yaralanma ve patlamanın temel nedenlerini araştırdı (Cawley & Homce, 2007).

Soruşturmanın odak noktası olan düşük voltaj yaralanmalarının çoğu, 120 ila 277 volt arasındaki değerlerde ark parlamasına maruz kalmaktan kaynaklanıyordu. Düşük voltajlarda bir ark parlamasını sürdürmek zordur; 1000 voltun altına maruz kalmaktan kaynaklanan yanıkların sadece %6'sına 300 volt veya daha az neden

olmuştur. Bu keşfin NFPA 70E yönergelerini iletmedeki önemi, çalışmanın, ekipmanın enerjisi kesilseydi tüm yaralanmaların önlenebileceği sonucuna varmasıyla vurgulanmıştır. Çalışmanın sonuçları hakkında daha fazla bilgi bu raporun III. Bölümünde bulunabilir. KKD kullanımının önündeki engellere ilişkin mevcut araştırma, doğrudan elektrik risklerine maruz kalan çalışanları hedef almamasına rağmen, bu alanda gelecekteki araştırmalar için önemli bir arka plan sağlayabilir. Ankete katılan inşaat işçilerinin yaklaşık %58'i KKD giymek istemeyeceklerini söyledi ve %53'ü iş arkadaşlarının çok önemli olduğu halde bile KKD giymediğini gördüklerini söyledi.

Ankete katılan çoğu çalışan, KKD giymek istememe nedenleri olarak rahatsızlık veya bedene kötü oturma endişelerinden bahsetmiştir. Çalışanların yaklaşık dörtte biri, KKD'yi nasıl düzgün bir şekilde giyeceklerinin kendilerine asla gösterilmediğini iddia etti ve daha pek çoğu, işverenlerinin KKD sağlamadığını ve kendilerininkini getirirlerse onlardan kullanmalarını istediklerini söyledi. Bir metal rafinerisinde yapılan bir araştırmada, çalışanların kişisel koruyucu donanımlarının (KKD) kullanılabilirlik ve rahatlık algılarının düşük olduğu gösterilmiştir (Akbar-Khanzadeh, 1998).

Sert şapkalar, solunum cihazları, kulak tıkaçları, göz koruması, ayakkabılar ve vücut kısıtlamaları da kullanıldı. İşçilerin büyük çoğunluğu ya anlamsız olduğu ya da yeni bir tehlike eklediği, hareketlerini ve görünürlüklerini engellediği, hava akışlarını kısıtladığı ve konuşmayı ve hatta nefes almayı imkansız hale getirdiği için KKD takmaktan hoşlanmadı. Çalışma Departmanı, ısı yanıklarına maruz kalan işçilerle görüştü ve olay sırasında çoğunun bir tür KKD kullandığını tespit etti yine de, bu KKD genellikle yeterli koruma sağlamakta yetersiz kalıyordu. Belki çalışanlar asıl noktayı görmediler ya da patronları bunu sağlamadı.

En ağır iş takımının (itfaiyeci teçhizatı), dört farklı iş takımının fizyolojik gerilmesini karşılaştıran bir laboratuvar araştırmasında en fizyolojik ve sübjektif zorlanmaya neden olduğu gösterildi (Park, 2015).

### **2.1.3. Elektrik güvenliği**

Güvenlik normlarını ve standartlarını anlamak ve bunlara bağlı kalmak, elektrik kazalarını önlemenin ilk adımıdır. Elektrik güvenliği standartları söz konusu

olduğunda, herkesin uyması gereken şey OSHA'dır. 1970 Mesleki Güvenlik ve Sağlık Yasasına göre, işletmeler, tesislerinin işçileri ölüm veya ciddi yaralanma tehlikesine sokabilecek tehlikelere karşı güvenli olmasını sağlamakla yükümlüdür. Listelenmemiş tehlikeler, şok, ark ve patlama gibi elektriğin neden olduğu tehlikeleri içerir. Elektrik çevresinde nasıl güvende olunacağına dair daha fazla bilgi için OSHA'nın 29 CFR Kısım 1910'daki "Genel Endüstri Standartları"nın S Alt Kısımına bakın. Standart öneri, elektriksel tehlike potansiyeli nedeniyle arzu edilen şekilde çalışmamaktır. OSHA Standartı 1910.333'e göre üzerlerinde veya yakınında bir kişi çalışmadan önce canlı bileşenlerin enerjisi kesilmelidir, aksi halde ek riskler oluşturur, ekipman tasarımı nedeniyle pratik değildir veya işlemleri engellemez (a). Ekonomik, pratik ve üretim kaygılarının tümü, ısıtılmış ekipman üzerinde çalışmanın boşuna olduğuna işaret ediyor. Herhangi bir federal yasada olduğu gibi, bu OSHA gerekliliği, ihlali nedeniyle para cezası veya cezai yaptırım olasılığını taşır (Jamil, Floyd, & Pace, 1997).

Ulusal Yangından Korunma Derneği 70E-2000 Bölüm II 2-1.1.1, "Çalışan İşyerleri için Elektrik Güvenliği Gereksinimleri Standardı" benzer düzenlemelere sahiptir. Ancak, "enerjisiz" yerine "elektriksel olarak güvenli çalışma ayarı" kullanılır. Güvenli bir elektriksel çalışma ortamı, önce devrenin geri kalanı üzerinde veya yakınında çalışılacak iletken veya devre bileşeninin izole edilmesi, ardından ilgili standartlara göre kilitlemesi ve etiketlenmesi, ardından voltaj bulunmadığından emin olmak için test edilmesi ve son olarak topraklama ile elde edilir. Gerekirse bölge yönetmeliğin bölüm II 2-1.1.3'ü, elektriksel olarak güvenli bir iş yeri oluşturmak için atılması gereken adımları detaylandırmıştır.

#### **2.1.4. Elektrik güvenliği programı**

Kapsamlı bir elektrik güvenliği politikası uygulamak işverenin yükümlülüğündedir. Elektrik güvenliği planı iyi geliştirilmiş, belgelenmiş ve en önemlisi uygulanmış olmalıdır. Bir firmanın veya tesisin personelinin, yukarıdan aşağıya tüm üyeleri birlikte çalışmalı ve etkili bir elektrik güvenliği programı olarak kabul edilmesi için programın başarısına tamamen adanmalıdır. Eğitim, elektrik güvenliğini artırmayı amaçlayan her girişimin çok önemli bir bileşenidir. Elektrik güvenliği prosedürleri eğitimi, OSHA yönetmeliği 1910.332(b)(1) tarafından zorunlu kılınmıştır. Bu şart, vasıflı ve vasıfsız kişilere eşit olarak uygulanır ve eğitim miktarı yapılan görevlere

göre belirlenir. NFPA 70E-2000'in II. Bölüm 1-5'i, OSHA'nın çalışanları için yaptığı gibi hem sertifikalı hem de eğitimsiz personel için elektriksel güvenlik eğitimi standartlarını ortaya koymaktadır. Bir elektrik güvenlik programı için diğer önemli ihtiyaçlar, NFPA 70E-2000 Kısım II 2-3'te özetlenmiştir.

- Potansiyel elektrik tehlikeleri ve işçi öz denetimi hakkında bilgi.
- Potansiyel tehlikelerin veya risklerin değerlendirilmesi için yöntemlerin belirlenmesi.
- Elektrikle güvenli bir şekilde çalışmak için prosedürler, ekipman ve KKD tanımlanır.
- Tasarım gereği güvenlik, tanımlanmış elektriksel güvenlik ilkelerinden biridir.

#### **2.1.5. Elektriksel tehlikeler**

Elektrik güvenliğinin üçüncü temel kavramı, şok, ark parlaması ve ark patlamasını nasıl tanıyacağınızı ve önleyeceğinizi bilmektir. Çoğu insan elektrik çarpmasına aşinadır ve bu konuda dikkatlidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 2.000'den fazla kişi, bir elektrik ark arızası ve ardından gelen ark parlaması ve ark patlaması nedeniyle ciddi elektrik yanıklarından muzdariptir. Tornavida gibi bir flashover veya başka bir iletken nesne, akımın iyonize gaz veya buhar yoluyla akmasına izin veren iki metal iletken arasında bir boşluk oluşturduğunda ark hataları oluşur. Bir ark hatası patlamasında son derece yıkıcı enerji açığa çıkar. Elektrik arkı tarafından üretilen sıcaklıklar 35.000 F derecenin üzerine çıkabilir.

Katıdan buhara genişleme oranı 67.000 olan bakır ve diğer malzemeler bu sıcaklıklarda eriyip buharlaşır. Yalnızca 10 ft bir mesafede bile aşırı sıcaklıklar, ark parlaması ve erimiş metal, giysileri ateşe verebilir ve ciddi yanıklara neden olabilir. Bakır buharlaşır ve genişleyerek ark patlamasına neden olur; sıcak hızlı hava genişmesi daha sonra muazzam basınç dalgaları ve ses üretir; ve şarapnel her yöne gönderilir. İşçiler, kulak zarı yırtılmasına, akciğerin iflasına odada veya merdivenlerden itilmeye neden olabilen basınç dalgalarından yaralanabilir. Bu hızlı olaylar dizisi, aşırı akım koruma mekanizması devreye girene kadar devam eder. Elektrik risklerini öğrendikten sonra, işteyken bunlara dikkat etmek önemlidir. NFPA

70E-2000 Kısım II, Kısım 2-3.1.5 tarafından elektriksel güvenlik programınıza bir tehlike/risk değerlendirme tekniği dahil edilmesi zorunludur.

Daha fazla analiz yapılmadan önce şok yaklaşma sınırları belirlenmelidir. NFPA 70E-2000'in II. Bölümündeki 2-1.3.4 ve 2-1.3.5, sırasıyla sertifikalı ve vasıfsız personel için üç yaklaşma sınırı sağlar. NFPA 70E-2000, Kısım II'deki Tablo 2-1.3.4, voltaj seviyesine bağlı olarak açıktaki enerji verilmiş elektrik kablolarına izin verilen yaklaşma sınırlarının ayrıntılarını vermiştir.

NFPA 70E-2000 Bölüm 2-1.3.3'e göre, ikinci aşama flaş tehlike analizi yapmaktır. Bu çalışmanın ilk adımı olarak, Kısım II Kısım 2.1.3.3.2'ye uygun olarak flaş koruması için çevreyi ölçeceğiz. Bu, bir ark parlamasıyla yanabilecek cilt alanı ile ark parlamasının kaynağı arasındaki düz çizgi mesafesidir. Belirli durumlarda, bu ayırma belirlenebilir veya yaklaşık olarak belirlenebilir. Bu çalışmanın ikinci unsuru, NFPA 70E-2000 Kısım II 2-1.3.3.3'e göre parlama koruması sınırı içinde çalışacaklarsa çalışanların ne tür koruyucu giysiler giymeleri gerektiğini bulmaktır. Bu, tipik olarak 18 inç olan bir ark arızasından belirli bir mesafedeki termal enerji (kalori/cm<sup>2</sup> cinsinden) olan olay enerjisi kullanılarak hesaplanır.

Parlamadan korunma sınırı, olay enerjisi ve koruyucu donanım (KKD) ihtiyaçlarının tümü artık tek ve kolaylaştırılmış bir prosedür kullanılarak hesaplanabilir. IEEE 1584 Standardı, "Ark Flaş Tehlikesi Hesaplamalarını Gerçekleştirme Kılavuzu"na dayalıdır ve yeni formüller içerir ve sigortalar ve devre kesiciler için daha basit tekniklerin ana hatlarını çizer. İşçiler için iyileştirilmiş ark parlaması uyarı sistemleri Elektrikliyken kontrol edilmesi, ayarlanması, bakımının yapılması veya bakımının yapılması gerekebilecek ekipmanların etiketlenmesi artık NEC 110.16 (2002) tarafından zorunlu kılınmıştır. İşçileri ark parlaması riskleri ve kişisel koruyucu ekipman ihtiyacı konusunda uyarmak için hem yeni hem de kullanılmış makineler işaretlenmelidir. NEC tarafından zorunlu kılınmasa da, flaş koruma sınırı, olay enerjisi ve gerekli KKD gibi bir flaş tehlike analizinden ayrıntıları dahil etmek iyi bir uygulamadır.

#### **2.1.6. Çalışma prosedürleri, araçlar ve KKD**

Yöntemler, donanım ve koruyucu donanım güvenli çalışma yöntemleri, ekipman ve kişisel koruyucu ekipman uygulamak, elektrik güvenliğinin dördüncü temel taşıdır.

Herhangi bir elektrik tamirine başlamadan önce planlama şarttır. İşyerindeki tüm süreçler düzenli olarak incelenmeli ve gerekirse yenilenmelidir. Ekipmanı elektriksel olarak güvenli bir çalışma koşulunda tutmak gibi tehlikeli olmayan elektriksel görevler için, genel bir kontrol listesinin ve/veya iş brifinginin bir parçası olabilmesine rağmen, yazılı bir plan gerekli değildir. Elektrikli veya potansiyel olarak enerjilendirilmiş ekipmanı içeren elektrik işi, genellikle, şok yaklaşma limitlerini belirleyen bir tehlike/risk analizi, bir ani tehlike analizi ve bir faaliyet kontrol listesi gibi belgelendirme dahil olmak üzere belgelenmiş bir teknik gerektirir. İşyerinde toplama ve kullanma prosedürlerine ilişkin kurallar, OSHA Standardı 1910.333'te belirtilmiştir.

OSHA Yönetmeliği 1910.333(a)'da belirtildiği gibi "Elektrikli veya elektrikle çalışan devrelerin yakınında veya üzerinde çalışma yapıldığında, elektrik çarpması veya doğrudan veya dolaylı elektrik temaslarından kaynaklanan diğer kazaları önlemek için güvenlikle ilgili çalışma uygulamaları benimsenmelidir"). İşyeri güvenlik prosedürleri, mevcut elektrik tehlikelerinin özelliklerine göre uyarlanmalıdır. OSHA 1910.335 ve NFPA 70E-2000 Kısım II Bölüm 3, yalıtımlı ekipman, güvenlik önlemleri ve KKD'ye ilişkin düzenlemeleri özetlemektedir (Panel, 2012).

### **2.1.7. Tasarımla güvenlik**

Son olarak, daha güvenli elektrik sistemleri bu şekilde inşa edilenlerdir. Tasarım süreci boyunca elektrik güvenliğini göz önünde bulundurmamak önemlidir ve bunu yapmanın bir yolu, devrenin bileşenlerini fiziksel olarak ayırmaktır. Uygun yürütme için izolasyon ekipmanının kullanılmasını gerektiren kilitleme/etiketleme prosedürleri, elektrik güvenliği için kritik bir unsurdur. Servis için izole edilmesi gereken motorlar gibi yükler için bu çok önemlidir. İnsanların herhangi bir hareket eden öğeye yanlışlıkla dokunmasını önlemek için bileşenler veya bariyerler oluşturmak da önemlidir. Elektrikle istenmeyen teması önleyen "parmakla korunan" bileşenlerin veya yalıtımlı bariyerlerin kullanılması, rutin bakım ve sorun giderme sırasında elektrik çarpması ve ark parlaması riskini büyük ölçüde azaltır.

Elektrik tasarımı söz konusu olduğunda, akım sınırlamaları önemli bir güvenlik faktörü olabilir. Birçok durumda, ark arızalarının neden olduğu olay enerjisi ve ark parlaması riskleri, arıza boyunca akımı sınırlayan cihazların kurulmasıyla

azaltılabilir. Akım sınırlayıcı aşırı akım cihazlarına sahip sistemler tasarlayarak flaş koruma sınırını ve gerekli KKD miktarını azaltmak mümkündür. Elektrikli ekipmanı güvenli bir çalışma durumuna sıfırlarken voltaj kaybının kontrol edilmesi, bu aracın projenin uygulanabilirliğini nasıl iyileştirebileceğinin iki örneğidir.

Temel elektrik güvenliği yönergeleri işletme sahiplerinin, personelinin ve müşterilerin refahına öncelik verir. Elektrik endüstrisindeki profesyonellerin, güvenlik kuralları ve standartlarına uymak için yeni değerler benimsemeleri ve uzun süredir devam eden davranışları değiştirmeleri gerekir. Elektrik endüstrisi, çalışanlarının tüm geçerli güvenlik düzenlemeleri ve standartlarının farkında olması ve bunlara uyması halinde daha güvenli bir işyerine sahip olabilir; bir elektriksel güvenlik programı geliştirmiş ve uygulamış; potansiyel elektrik tehlikelerinin farkındadır ve tanıyabilir, sürekli olarak güvenli çalışma prosedürleri, araçlar ve koruyucu ekipman kullanımı ve tasarım yoluyla elektrik sistemi güvenliğini geliştirmeye kararlıdır (Jamil ve diğerleri, 1997).

## **2.2. İş Yerinde Sağlanan Elektrik Güvenliği Standardı (NFPA 70E, NEC)**

Amerika Birleşik Devletleri'nde, NFPA 70 olarak da bilinen Ulusal Elektrik Yasası (NEC), elektrik kablolarının ve aletlerin doğru kurulumunu sağlamak için eyalet düzeyinde veya yerel düzeyde kabul edilebilecek bir standarttır. Ulusal Yangından Korunma Grubu (NFPA), bu kodu Ulusal Yangın Yasaları serisinin bir parçası olarak yayımlayan özel bir ticaret birliğidir. "Ulusal" kelimesi kaç kez kullanılırsa kullanılsın, bu bir federal kanun değildir. Güvenli elektrik prosedürlerinin uygulanmasını standartlaştırarak, genellikle eyaletler ve belediyeler tarafından üstlenilir (Gammon, Lee, Zhang, Johnson, & Beyreis, 2015).

Yerel yönetimlerin oylarının bir sonucu olarak, NEC genellikle bölgesel mevzuat lehine değiştirilir ve hatta reddedilir.



**Şekil 2.1:** İş Yeri Elektrik Güvenliğinin Önemi

**Kaynak:** (Safe Start, 2017)

Toplam 20 kod oluşturma paneli ve bir teknik ilişkilendirme komitesi, NEC'yi yazmaktan sorumlu olan NFPA'nın Ulusal Elektrik Yasası Komitesini oluşturur. Ulusal Yangın Önleme Derneği, NEC'in gelişimini finanse eder.

Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü, NEC'i Amerika Birleşik Devletleri'nde (ANSI) ulusal bir standart olarak kabul etmiştir. Tam adı "American National Standards Institute/National Fire Protection Association Standard 70" dir.

Ulusal Elektrik Kanunu (NEC), 1897'den beri sürekli olarak yayınlanmaktadır ve en son baskısı 2017 versiyonudur. Ülkelerin büyük çoğunluğu, genellikle en güncel sürümü, ilk sürümünden sonraki birkaç yıl içinde benimser. Bireysel yargı bölgelerinin bir "tek tip" kodun hükümlerini kaldırması veya değiştirmesi veya yasanın yazarıninkine ek olarak kendi standartlarını dayatması (bazen NEC'nin önceki sürümlerine veya yerel olarak kabul edilen uygulamalara dayalı olarak) yaygın bir uygulamadır. Yine de hiçbir mahkeme, yerel yasa öyle olmasa bile NEC'in en son sürümünü takip ettiği için birini cezalandırmamıştır (Morse & Morse, 2006).

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki herkes, hatta inşaat ruhsatı veren şehir bile, ihmal nedeniyle başka bir kişiye veya kuruluşa zarar vermektan hukuk mahkemesinde dava edilebilir. Yerleşik güvenlik prosedürlerini göz ardı edenler dikkatsiz olarak kabul



edilir. Şehirler, ilgili sorumluluk ve yerel vatandaşları (ayrıca su ve yakıt-gaz sistemleri gibi diğer departmanları) koruma ihtiyacı nedeniyle elektrik sistemleri için standartlar ve prosedürler belirleyen inşaat yönetmeliklerini benimsemiş ve sıkı bir şekilde uygulamıştır. Bu şekilde, bir şehir, tek tip bir inşaat kodları seti oluşturarak yasal işlemlere karşı önlem alabilir. Bu nedenle NEC, elektrik tesisatları için evrensel olarak kabul edilen kod haline geldi. Bir elektrikçinin sertifika alabilmesi için önce kapsamlı bir çıraklık programını tamamlaması gerekir; bu süre zarfında NEC standartlarını öğrenir ve uygular.

ABD Enerji Bakanlığı (DOE) tesislerinde (D&D) operasyonları sırasında ortaya çıkan belirli koşullara daha iyi uyum sağlamak için, Ulusal Elektrik Yasası tarafından açıklanan elektrik kodu standardının özel bir uzantısı oluşturuldu. Ek kurallar mevcut elektrik kodunu iyileştirecektir. NFPA 70'teki NEC'den 590. Madde, "Geçici Güç", NEC'nin DOE sahalarındaki D&D elektrik işleri ile ilgili diğer hükümleriyle birlikte özel olarak ele alınmıştır.

HAZLOC'un resmi tanımına ve İş Sağlığı ve Güvenliği İdaresi tarafından patlayıcı ortamlar gibi tehlikeli yerlere ilişkin sağlanan ilgili standartlara ek olarak, NEC bu konulara ilişkin bilgiler de sunmaktadır (Morse & Morse, 2006).

ABD eyaletlerinin çoğu (47) Ulusal Elektrik Yasasını (NFPA 70) benimsemiştir. 2008 yılından bu yana bu yönetmelik dört ayrı revizyondan geçmiştir. (NEC). Bu standartta yer alan yönergeler, elektrik kablolarının ve ekipmanlarının güvenli montajına yardımcı olmayı amaçlamaktadır ve bu da onu elektrikçiler ve elektrik mühendisleri için çok önemli bir uyum noktası haline getirmektedir. İşçilerin elektrik tehlikelerine karşı korunması, NFPA 70E-2018: İşyerinde Elektrik Güvenliği Standardı tarafından da ele alınmaktadır.

Ulusal Elektrik Yasası (NEC) ve Ulusal Yangından Korunma Derneği (NFPA) 70E (mevcut sürüm) ilk bakışta benzer amaçlara hizmet ediyor gibi görünebilir, ancak Ulusal Elektrik Yasası (NEC) daha çok elektrik tesisatlarıyla ilgilenirken, NFPA 70E (güncel baskı), iş uygulamaları ve elektrik sistemi bakımı gibi iş yerinde elektrik güvenliği sorunları için daha faydalıdır.

Bu farklılık, standardın 1976'da oluşturulmasına yol açtı. Sonuç olarak, OSHA'nın gereksinimlerini daha iyi karşılayacak ve hem işverenlerin hem de işçilerin

endişelerini içeren bir elektrik güvenliği standardı üretmek için Çalışan Çalışma Alanları için Elektrik Güvenliği Gereksinimleri Komitesi kuruldu.

NFPA 70E-2018 gibi güvenlik standartlarında yapılan revizyonlar, talimatların kalitesini artırır ve onları daha kusursuz hale getirir. Bu nedenle, standart bir belgenin önceki bir sürümündeki güvenlik kuralları sağlam olacaktır, ancak aynı standardın daha yeni sürümlerinde yapılan iyileştirmeler daha da fazla gönül rahatlığı sağlayacaktır. NFPA 70E'nin son kırk yıldaki birçok güncellemesine ve ayarlamasına rağmen, bu gerçek sabit kalmıştır. Paydaşların elektrik riskini nasıl değerlendirdiği (Zhenyuan & Johnson) tarafından motive edilen 2015'in en kapsamlı değişikliğine tehlike, tehlikeli ve risk değerlendirmesi için yeni tanımlar dahil edildi.

2015 sürümünün düz bir güncellemesi olması nedeniyle, NFPA 70E-2018 burada tanımlanan risk değerlendirme fikirlerini daha da geliştirir. Güncellenen standarda göre, insan hatası gibi insani unsurlar artık risk değerlendirme prosedürüne dahil edilmektedir. Diğer değişiklikler şunlardan oluşur:

- Bir ark parlaması olasılığı, yenilenmiş bir tehlike tanımlama tablosu kullanılarak güncellendi.
- Yeni terimler, "hata akımı" ve "mevcut arıza akımı" ilgili tanımlarla birlikte sunulmuştur.
- Elektrik açısından güvenli bir çalışma durumu oluştururken, programın kullanımının mantıksal ilerlemesini daha iyi yansıtacak şekilde Madde 120 yeniden düzenlenmiştir.
- Kullanıcı güvenliğine yönelik bakım endişelerini gidermek için lazerlerle ilgili 330. Maddede kapsamlı değişiklikler yapıldı.
- Birkaç KKD parçasına ilişkin standartlar, uluslararası tablolar veya notlar olarak değiştirilmiştir.



**Şekil 2.2: İşyeri Elektrik Güvenliği**

**Kaynak:** (Safe Start, 2017)

Yasama makamları nadiren NFPA 70E-2018'i onaylar, ancak gereksinimleri karşılanırsa çok yardımcı olabilir. Elektriğe maruz kalma, iş yerindeki ortalama yıllık ölümlerin %4'üne, yani toplam 5.122'ye neden oluyor. Bu sayı, 192, tüm ölümcül iş yeri yaralanmalarının sadece küçük bir kısmını temsil etse de, işle ilgili görevleri yaparken hayatını kaybeden gerçek insanları yansıtıyor. Bunun gibi trajedilerin oluşumunu sınırlamak, güvenlik adına sürekli dikkat gerektirir (Gammon, Lee, Zhang, & Johnson, 2015).

### **2.3. Dağıtılmış Üretim için Güç Sistemi Korumasına Yönelik Motivasyon**

#### **2.3.1. Dağıtılmış jeneratörün korunması için yeni bir ada tespiti yöntemi**

Dağıtılmış jeneratör beslemeli sistemlerin güvenliği için benzersiz bir ada algılama yaklaşımı, düşük voltajlı (25 kV) güç dağıtım veri yollarında doğrulanmıştır. Dağıtılmış jeneratörlerin elektrik tüketicilerine yakın alçak gerilim baralarına kurulmasına yönelik son ilgi, koruma mühendisleri için geleneksel, radyal tabanlı koruma stratejilerinden farklı olarak bazı yeni sorunlar ortaya çıkardı. Bu nedenle, tekrar kapamalar, adım dışı izleme ve empedans rölesi koruma bölgeleri gibi geleneksel koruma kurulumlarının, dağıtılmış jeneratör sistemlerinin istenmeden

adalanmasının algılanmasıyla birlikte yeniden düşünülmesi gerekir. Tesis dışı bir üretim sisteminin bir kısmının daha kapsamlı şebeke sisteminden bağlantısı kesildiğinde, sorumluluk, güç kalitesi ve güvenilirlik açısından hem mevcut altyapıya hem de kamu hizmetlerine getirdiği riskler nedeniyle genellikle arzu edilen bir durum değildir. Bununla birlikte, bu yaklaşımların her biri, algılamanın imkansız olduğu, algılama yapılmayan bölge olarak adlandırılan değişken derecelerde güç kalitesi bozulmasıyla ideal olmayan bir duyarlılık çalışma durumuna ve ideal olmayan bir duyarlılığa sahiptir (Wrinch, 2008).

Tasarlanan adalama algılama tekniği, teorik olarak doğru empedans ölçümü kavramını simetrik bileşen empedans alanına genişletmek için doğal olarak meydana gelen ve kasıtlı olarak indüklenen dengesiz durumların varlığından yararlanır. Koruma mühendislerinin bu ada algılama yaklaşımının en başarılı şekilde ne zaman kullanılabilceğine karar vermelerine yardımcı olmak için, son teknolojiye göre önemli bir gelişme sağladığı birkaç kullanım örneğine bakıyoruz.

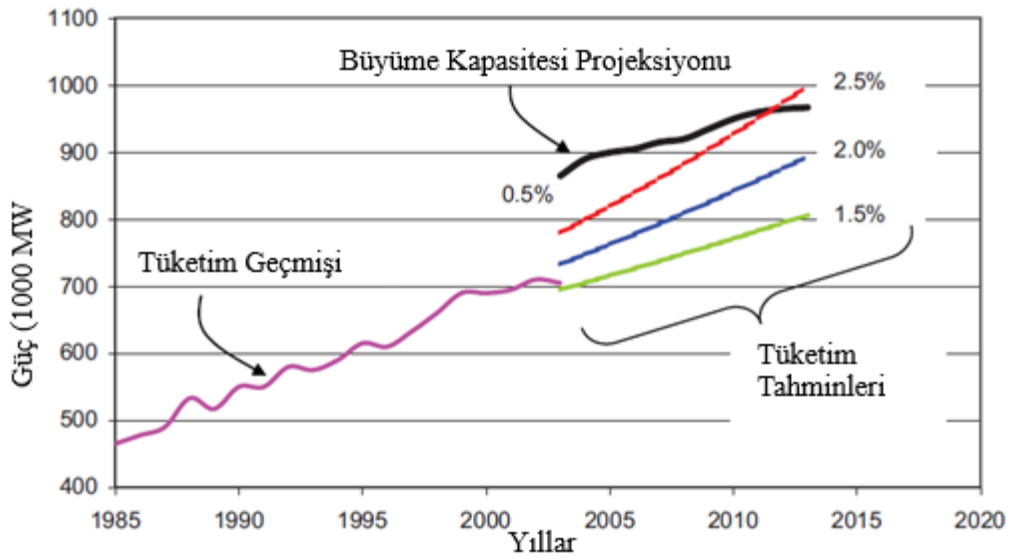
### **2.3.2. Elektrik enerjisi arz ve talebi**

Kişi başına artan enerji tüketimi, insani gelişme ile ilişkilendirilmiştir. Kuzey Amerika elektrik tüketimi, son 20 yılda Kanada’da yıllık %1,1 ve Amerika Birleşik Devletleri’nde yıllık %2,0 oranında artmaktadır, ancak siyasi, ekonomik ve fiziksel kısıtlamalar nedeniyle hidro barajlar ve nükleer üretim santralleri gibi yeni toplu elektrik güç kaynaklarına çok az yatırım yapılmıştır. 1975 ile 2000 yılları arasında enerji talebinin neredeyse dört katına çıkmasına rağmen, iletim yatırımı 2000 yılında 1975 yılına göre 2,5 milyar dolar daha düşük olmuştur. Talep, mevcut talep artış hızında üretim kapasitesini aşıyor. Artan Kanada kış talebinden, Amerika Birleşik Devletleri’nin Kanada’dan ortalama yedi kat daha fazla elektrik tükettiği açıktır. Dağıtılmış üretim (DG), tek bir büyük merkezi üreticinin aksine geniş bir alana yayılmış birkaç küçük üreticinin kullanımına atıfta bulunur (Pipattanasomporn, Willingham ve Rahman, 2005).

DG’nin artan cazibesine katkıda bulunan çok sayıda faktör vardır; bunların arasında, daha yenilenebilir olma eğilimi ve tepe noktası tıraşlama ve yük kapasitesi marjlarını artırmaya yönelik büyük sistem geliştirmelerine karşı uygun maliyetli bir alternatif olarak potansiyel rolü vardır. Artan talebi karşılamak için gerekli üretim tesisleri inşa edilebilse bile, dağıtım ve iletim sisteminin bir bütün olarak daha yüksek yükleri

karşılacak şekilde yükseltilmesi gerekecektir. Bu nedenle, yeni enerji santralleri eklemek ve şebekenin iletim altyapısını güncellemek, çok fazla kaynak ve zaman gerektirecek ve bu da projeyi gerçekçi olmaktan çıkarabilecektir. Bu gelişmeler nedeniyle küresel enerji talebinin önümüzdeki yirmi yılda dört katına çıkacağı tahmin edilmektedir (Umedaly, 2005).

Bir ülkenin ekonomisi, uzun süreli kesintilerden önemli ölçüde etkilenebilir. Tahminlere göre, elektrik kesintileri Amerikan işletmelerine yılda 164 milyar dolardan fazlaya mal oluyor. Daha kesin olmak gerekirse, orta ölçekli bir şirkete bir elektrik kesintisinin ortalama maliyeti saniyede 1477 ABD doları ve saatte 7000 ABD dolarıdır. İkinci bir kesintinin maliyeti yüksek olmasına rağmen, 3600 kat daha uzun olan bir saatlik kesintinin fiyatı sadece 4,7 kat artar; bu nedenle, ekonomiye önemli ekonomik yansımaları önlemek için başlangıçtaki kısa kesintiler gereklidir. Kararlılığın eşiğindeki ağları güçlendirmek için Dağıtılmış Oluşturucuların kullanılması, bu tür olayların azaltılmasına yardımcı olabilir (Lopes & Sun, 2006; Wrinch, 2008).



Şekil 2.3: 2006 Yazı ABD Elektrik Üretim ve Kapasite Tahminleri

Kaynak: (İstatistikler, 2014)

Kamu hizmetleri, yeni tüketiciler için enerji sağlayıcıları arasında artan rekabet nedeniyle kesintisiz olarak yüksek kaliteli elektrik sağlamak için her zamankinden daha büyük bir baskı altındadır. Bu nedenle, kuralsız hale getirilmiş bir piyasa bağlamında, adalaşmayı önlemek için bir kesintiden sonra DG'lerin bağlantısını kesmeye yönelik mevcut koruyucu prosedürler artık uygulanabilir veya etkili bir

seçenek olmayacaktır. Kazara adalamayı önlemeyi amaçlayan önlemler, yerel talep ve sistem kapasitesine göre DG'lerin yaygınlığının yüksek olduğu alanlarda uygulanırsa, aslında sahada daha fazla kesintiye neden olabilir. Adalanma önleme prosedürleri, DG penetrasyonu arttıkça toplu güç sisteminin voltajı ve frekansı üzerinde potansiyel olarak bir etkiye sahip olabilir. Mevcut koruyucu özellikleri kullanarak, istenmeyen adalamayı ortadan kaldırma ve DG'nin sistem performansı üzerindeki etkisini sınırlama ikili hedeflerine ulaşmak zordur. Bu sorunlar nedeniyle, yeni IEEE Std. 1547-200, sistemlerde elektrik kesintisi olması durumunda SCI'nin uygulanmasını dikkate alınması gereken bir gelecek işi olarak listeler (Basso & DeBlasio, 2004).

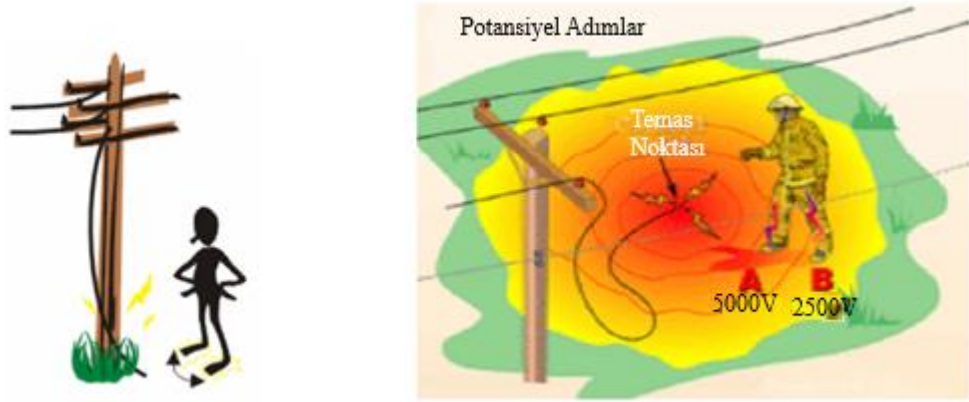
DG sahibi, müşteri ve Dağıtım Şebekesi Operatörü, SCI (DNO) yoluyla avantajlardan yararlanabilir. Daha fazla elektrik satıldığında, DG'lerin sahipleri finansal olarak fayda sağlar. DNO için birincil kazanç, arz güvenliğinde bir artış ve daha iyi tedarik kalitesi göstergeleridir. Son olarak, kesintiler daha kısa ve daha seyrek olduğu için müşteriler memnundur. Bu nedenle, SCI'nin potansiyeli üzerine araştırmalar son yıllarda teşvik edilmiştir. Ada işletimi için güç sistemini bölmek için ideal bir yaklaşım Vittal ve diğerleri tarafından önerilmiştir. (1998), üretim/yük dengesi ve iletim kapasitesi kısıtlamalarını dikkate alır. Ayrıca, bir ada düzeni için jeneratör grupları, normal formlar tekniği kullanılarak oluşturulmuştur.

Yukarıdaki yaklaşımların hiçbiri, sistemin izole edilmiş bölümünde gerilim ve frekansın nasıl değişeceğini dikkate almadı. Elektrik kesintisinden kaçınmak için güç sistemi, senkron jeneratörlerin kontrollü olarak adalanmasını içeren You ve diğerleri (2003) tarafından sunulan yöntemi kullanabilir. Ek olarak, güç sistemi ciddi bir acil duruma yaklaştığında katastrofik olayların üstesinden gelmek için bir kendi kendini iyileştirme mekanizması kuruldu. Bir elektrik kesintisi meydana gelir gelmez, bu planlar SCI'nin etkinleştirilmesini ve yük atma işleminin gerçekleştirilmesini gerektirir. İşleri tamamlamak için, Sen ve ark. (2003), bir ada modu dağıtım sisteminde çalışan çok sayıda invertör için hibrit kontrol yaklaşımını araştırdı. Hala hizmete bağlıken adalı kontrol şemasını incelemeye gittiği ve anlık adalama olayını fark etmediği göz önüne alındığında, bu yaklaşım uyarlanabilir değildir.

## 2.4. Elektrik Tehlikeleri Farkındalığı

### 2.4.1. Adım ve dokunma potansiyel tehlikesini tanımlama

Geldiği yere geri dönmeye çalışmak için ileriye dönük gelişimsel adımlar, akım topraklama sisteminden geçer ve sonunda bir topraklama çubuğuna veya başka bir tür sistem toprağına (çelik yapı, gergi teli) ulaşır. Dünyanın elektrikleştiği noktayı çevreleyen alana bir akım akışı girebilir veya bu akışı içerebilir. Mümkün olduğu kadar yakından, arıza akımını akım izleyecektir. Arıza akımının zeminden geçişi bir adım potansiyeline neden olur. Genel olarak konuşursak, voltaj ve akım sırasıyla topraklama çubuğunda veya topraklanmış cihazda en yüksek ve en yoğundur. Şekil 2.4, akım dünya yüzeyinden geçerken voltajın nasıl düştüğünü ve ayakları birbirinden ayrı duran bir kişinin nasıl bir voltaj köprüsü görevi görerek akımın iki paralel yolda akmasına izin verdiğini göstermektedir.



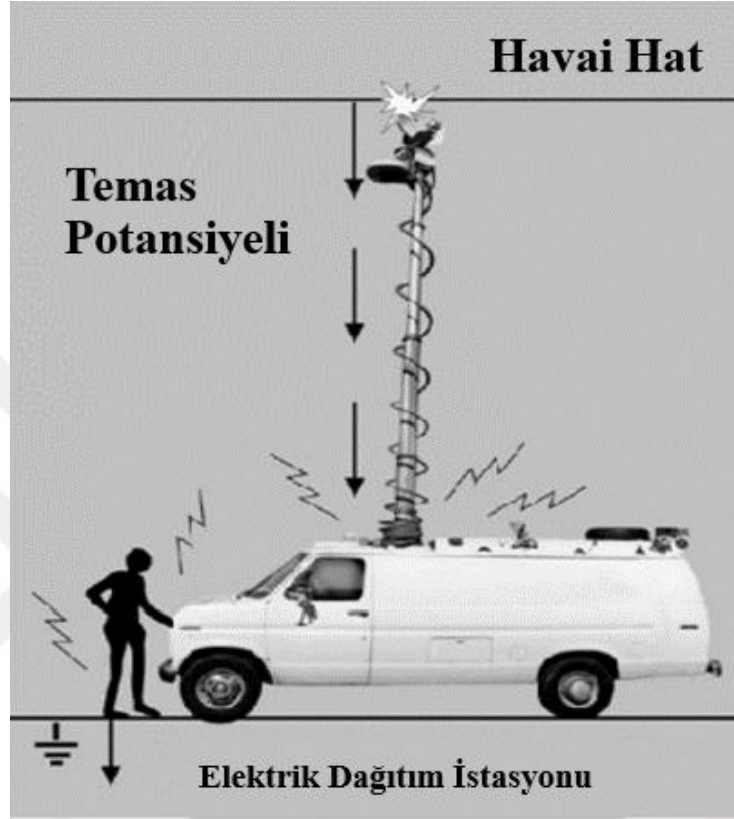
Şekil 2.4: Potansiyel İlerleme Adımları

**Kaynak:** (Safe Start, 2017)

Bir kişinin bacakları arasındaki mesafe ne kadar büyük olursa, voltaj farkı da o kadar büyük olur. Çalışanların eşpotansiyel bölgede kalarak adım potansiyel tehlikeden kaçınmaları önerilir. Kendinizi bu tehlide karşı korumanın en iyi yolu bunun farkında olmaktır. Bu nedenle, bu tür durumlarla başa çıkmak için eğitim almamış yer çalışanları binalardan uzak durmalıdır. Başka bir deyişle, arıza akımının toprağına girdiği yerde duran bir kişinin ayakları arasında önemli bir potansiyel farkı yaşayabilir. Bir açıklık, kaynaktaki arıza akımı giriş noktasından veya arıza akımı dönüş noktasından uzağına kaydırıldığında, aynı açıklık boyunca potansiyel fark azalacaktır (El-Kady & Vainberg, 1983).

### 2.4.2. Dokunma potansiyeli

Şekil 2.5'te görülen adım potansiyeli sorunu gibi, dokunma potansiyeli, topraktan bir arıza akımı aktığında meydana gelir ve dünyanın temas noktası ile yakındaki bir iletken yapı veya donanım arasında bir potansiyel farkı oluşturur.



Şekil 2.5: Temas Potansiyeli

Kaynak: (Güvenli Başlangıç, 2017)

Anahtar çalıştırma platformlarının ve topraklama ızgaralarının kullanılması, adım ve dokunma potansiyeline karşı koruma sağlar. En büyük voltaj gradyanı paspasın sınırlarına kaydırılmıştır, bu nedenle işçi elektrik çarpmasını önlemek için paspasın sınırları içinde kalmalıdır. Şantiye trafo merkezlerine yakın kayaların altındaki topraklama şebekesi ile temas halinde olmayan bir kişi, bir toprak arızası sırasında yerde dururken yere veya topraklı bir maddeye dokunursa potansiyel bir fark oluşabilir.

### 2.4.3. Çalışanlar için güvenli çalışma uygulaması gereksinimleri

İşyeri güvenlik önlemleri Risksiz bir işyeri oluşturmak, çalışanlara kendilerini veya başkalarını riske atmadan işlerini nasıl yapacaklarını söyleyen politikalar ve



prosedürler oluşturmakla başlar. Elektrikli elektrik devresi kabloları üzerinde veya yakınında çalışan personel için prosedür kuralları ve talimatları kazaları ortadan kaldırmaya yardımcı olmalıdır. Nitelikler, ekipman, koruyucu donanım, onay dereceleri ve farklı görevler için gerekli katılım, alınması gereken diğer özel önlemlerle birlikte dahil edilmelidir. Hem eğitilmiş hem de eğitimsiz kişiler için güvenli yaklaşma mesafeleri bu süreçte ele alınmalıdır. Açıkta kalan iletkenlere güvenli yaklaşma mesafesi (veya açıklık), teller elektrikleendiğinde veya elektriklenebileceğinde elektrik risklerine karşı güvenliği sağlamanın başka bir yoludur. İnsanların veya iletken nesnelerin kendilerine zarar vermeden ne kadar yaklaşabilecekleri, sahip olunması gereken çok önemli bilgilerdir. Nitelikli bir kişinin bundan daha düşük boşluklara ihtiyacı olacaktır. Yaklaşma mesafeleri ve havai tellerden açıklıklar, OSHA yönetmeliklerinde belirtilenlerin hepsidir (McGarity, 1984).

Spesifik olarak, 29 CFR 1910.269, "Dönüşüm, İletim ve Dağıtım Elektrik İletkenleri Üzerinde veya Yakınında Elektrikli Hizmet Güvenli Uygulamaları" içeren herhangi bir yöntemin bu tür uygulamalar için standartları karşılamasını zorunlu kılar. Aşağıdaki enerji yüklü elektrik devresi iletkenleri üzerinde veya yakınında çalışırken, bu prosedürün kuralları yalnızca elektrik hizmeti çalışanlarının yetkisi altındaki kuruluşlar için geçerlidir.

- Elektrik enerjisi iletimi ve ölçüm iletkenleri.
- Elektrik enerjisinin kontrolü, dönüşümü, iletimi ve dağıtımını indüktörler sayesinde mümkündür.
- İçeride veya dışarıda elektrik enerjisinin üretilmesi, kontrol edilmesi, dönüştürülmesi, iletilmesi ve dağıtılması amacıyla tek bir kuruluşun sahip olduğu ve işlettiği elektrik kabloları (Jones vd., 1997).



**Şekil 2.6: İşyeri Elektrik Güvenliği**

**Kaynak:** (Güvenli başlangıç, 2017)

## **2.5. NFPA 70E Yaklaşım Sınırları EO 1.05**

### **2.5.1. NFPA prosedürlerine göre kalifiye ve kalifiye olmayan çalışanlar için belirlenen sınırlar**

Topraklanmamış veya başka bir şekilde güvenli hale getirilmemiş herhangi bir canlı elektrik kablosu veya devre bileşeninin yakınında çalışmadan önce, bir Flaş Tehlikesi Analizi yapılmalıdır. Bir çalışanın maruz kaldığı olay enerjisi, Ani Tehlike Analizi ile hesaplanır (santimetrekare başına kalori cinsinden). Yıldırımdan Korunmanın Sınırları Bir elektrik arkının yayılan ışınlarının bir insana ciddi zarar vermesi için gereken tek şey on ya da 20ft'dir. Elektrik patlamasıyla dışarı atılan erimiş malzeme ve nesnelere, ürettikleri radyasyon ısı kadar tehlikeli olabilir. Ark koruma KKD'si olmadan parlama koruma sınırı, kalifiye veya kalifiye olmayan personelin gitmeye yetkili olduğu en yakın yakınlığı belirtir. KKD olmadan parlama koruması sınırı, bir kişinin cildinin ancak "zorlukla iyileştirilebilir" bir ikinci dereceye kadar [80°C'den (176°F) daha az] yanabileceği bir ark arızasından olan mesafedir (Handbook, 2004).

Flaş Koruma Bölgesi içinde yer alan işler için şirket, kazalarda çalışanların ne kadar enerjiye maruz kaldığını (santimetrekare başına kalori cinsinden) takip etmekte yükümlüdür. Herhangi bir iş için, olay enerji seviyesi, çalışanın yüzünün ve göğsünün potansiyel ark kaynaklarından ne kadar uzakta olduğuna göre belirlenmelidir. KKD'ye ve yangın geciktirici özelliklere sahip giysilere duyulan ihtiyaç, kullanıcıya aktarılacak olan olay enerjisinin miktarına bağlıdır. Eldeki işe

bağlı olay enerji maruziyetine (santimetrekare başına kalori cinsinden) dayalı olarak, NFPA 70E'nin tehlike risk kategorisi, ne tür KKD'nin ve giysilerin gerekli olduğunu belirler. Bir ani tehlike analizi durumunda, seçilen tehlike riski kategorisi, olay enerjisine maruz kalmayı her zaman sınırlayacak şekilde seçilmelidir (yani, seçilen tehlike riski kategorisi için Ark Termal Performans Değeri (ATPV), belirtilenden daha büyük olmalıdır). Olay enerjisine maruz kalmanın daha kesin bir şekilde hesaplanmasının ve daha düşük bir tehlike risk kategorisinin isteğe bağlı bir parlama tehlikesi analizi yapılarak ortaya çıkabileceği ve dolayısıyla koruyucu giysi ve ekipman ihtiyacını azaltabileceği unutulmamalıdır (Zoubek & Zoubek Consulting, 2012).

Görev voltajının Tablolarda verilen aralıkların alt sınırı civarında olması bekleniyorsa veya görev çalışma sahası güç kaynağından uzaktaysa, sıvatalı arıza akımlarının daha düşük olmasına neden olması yararlı olabilir. Not: Nitelikli elektrik işçileri, son ayarlanan parlama sınır mesafesinin ve şok koruma mesafelerinin farkında olmalı ve çalışma alanının yakınında korumasız kişilerin iki mesafeden büyük olanını geçmemesini sağlamalıdır. Bir duvar veya çit en iyi sonucu verir. Belirlenen sınır, sınırın bütünlüğünü korumak için kalifiye çalışan/çalışanların iş görevlerinden/görevlerinden ayrılmasını önlemek için yeterli olmalıdır. Azaltılmış Kucaklama Bölgesi Bir "Nitelikli Kişi", canlı bir bileşene yalnızca bu şok koruma mesafesi içinde çalışabilir. Bu, eğitimsiz çalışanlar için "yaklaşma" mesafesidir, elektrik çarpmasına uğramamalarını sağlamak için canlı elektrikli bileşenlerden (ellerinde bulundurdıkları en uzun iletken öge dahil) uzak durmaları gereken minimum mesafedir. Bazı durumlarda, flaş koruma bariyeri kısıtlı yaklaşma sınırına kadar uzanabilir. Kazazede eğer KKD giymiyorsa ikinci derece yanıkların oluşabileceği bir ark parlamasından minimum mesafede olmalıdır.

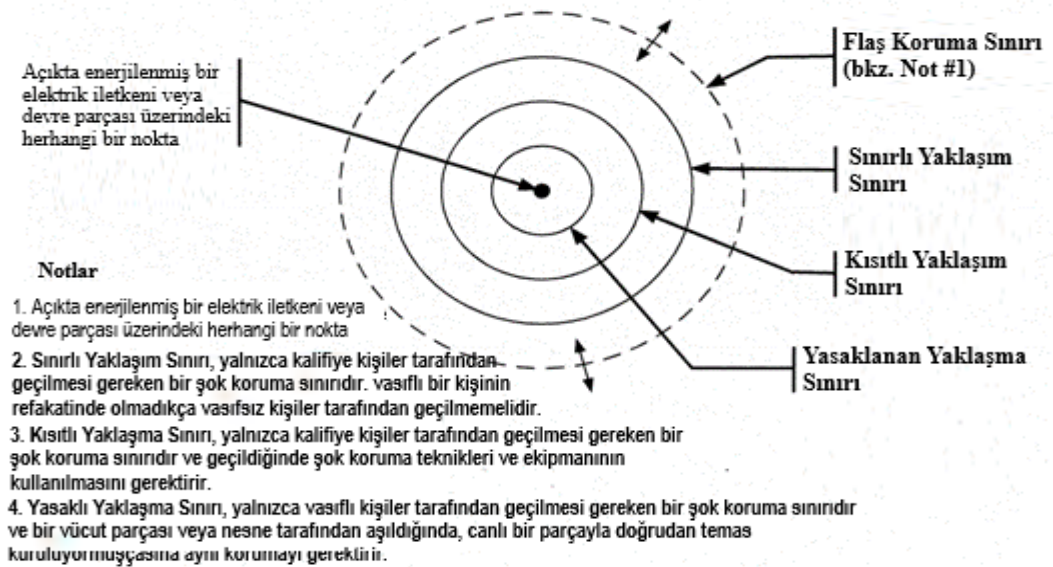
Uygun KKD takmayan ve eğitilmiş bir profesyonelin yakın gözetimi altında çalışan kişilerin flaş koruma bölgesine girmesine izin verilmez. Parlama önleyici bariyer, kısıtlı yaklaşma sınırından daha uzakta olabilir, bu durumda KKD'nin gerekli olup olmadığını belirlemek için daha uzak sınır kullanılacaktır. Sınırlı yaklaşma sınırını geçmek ve kısıtlı alana girmek, adayın kendisinden istenen görevlerde yetkin olmasını gerektirir.

### 2.5.2. Kısıtlı yaklaşım sınırı

Kalifiye bir çalışan herhangi bir nedenle yasaklı alana girmesi gerekiyorsa, kısıtlı yaklaşım sınırını geçmeden ve yasaklı alana girmeden önce yetkili yönetim tarafından onaylanmış yazılı bir görev planına sahip olmalıdır. Açığındaki elektrikli kabloların veya devre bileşenlerinin yakınında çalışmak, mevcut voltaj ve enerji düzeyi için derecelendirilmiş KKD'nin kullanılmasını gerektirir. Hiçbir uzuv veya başka vücut parçasının yasak alana girmediğinden emin olun. Eldeki görevi tamamlamak için kesinlikle gerekli olduğunda ve kazara hareketten kaynaklanan yaralanma tehlikesini en aza indirmek için orada yalnızca korunan vücut kısımlarını kullanarak vücudun mümkün olduğunca büyük bir kısmı kapalı alanın dışında tutulmalıdır.

### 2.5.3. İzinsiz giriş bölgesi

Bir kişinin veya nesnenin, yalnızca yetkili personelin geçmesine izin verilen (elektrikli bir parçadan güvenli bir mesafede durarak) şok koruma sınırını aşan herhangi bir kısmına, canlı kısımla doğrudan temas etmiş gibi aynı seviyede koruma sağlanmalıdır. Yasaklanmış sınırı geçmek ve yasaklı alana girmek, açığındaki elektrikli kabloları veya devre bileşenlerine dokunmakla aynı şekilde ele alınır. Şekil 2.7 bir elektrik iletkenini, flaş koruma bariyerini ve üç şok koruma sınırını göstermektedir (Handbook, 2004).



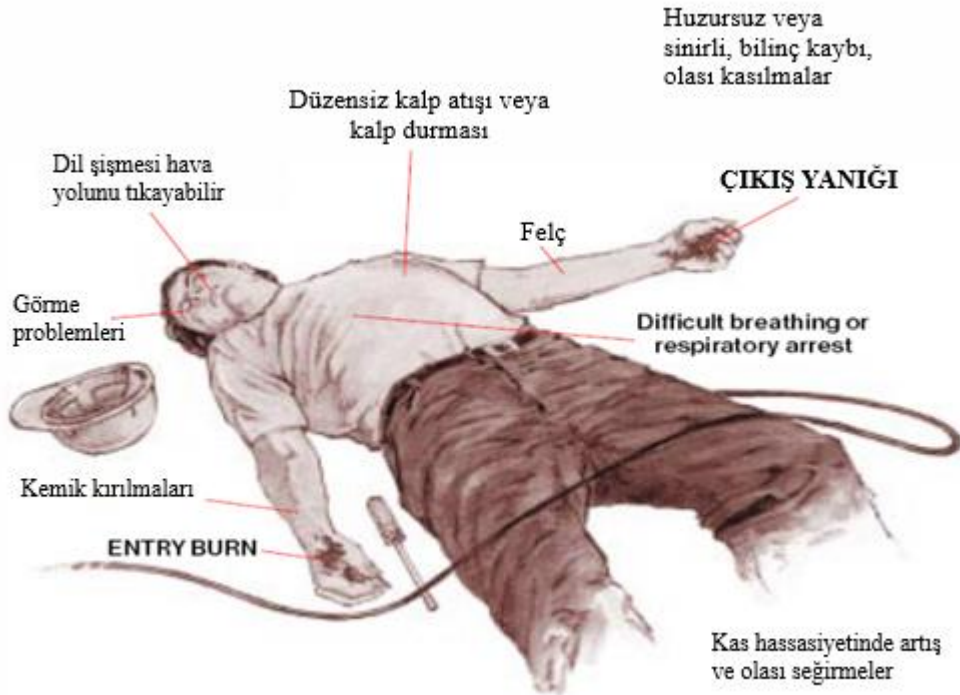
Şekil 2.7: Yaklaşım Sınırları

Kaynak: (Safe Start, 2017)

## 2.6. Elektrik Kaynaklı Acil Durumlar EO 1.06

### 2.6.1. Acil durumlarda yapılması gerekenle

Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl Şekil 2.8'de görülene benzer elektrik kazaları nedeniyle yüzlerce insan hayatını kaybediyor ve on binlerce insan yaralanıyor. Acil tıbbi müdahale ile birçok hayat kurtarılabilir ve yaralanmalar hafifletilebilir. Elektrik arızası potansiyeli hemen hemen her yerde mevcuttur. Mağdurların hızlı bir şekilde yardım alması çok önemlidir. Elektrikle ilgili acil bir durumda, sağduyunuzu en iyi şekilde kullanmalısınız. Doğru prosedürler konusunda ne kadar bilgilisiniz? Ortaya çıkabilecek potansiyel tehditlere aşina mısınız? Kas sıkışması, elektrik kazalarının yaygın bir sonucudur ve kurbanların kendilerini iletken kurtaramamalarına neden olur. Bir kurtarıcı kazazedeye yardım etmeye çalışırken kendini tehlikeye atabilir. Bir elektrik kazası veya acil durum durumunda son derece dikkatli olun. Elektrik bakımı veya onarımı yapılırken her zaman bir acil durum planı gereklidir (Jones ve diğerleri, 1997).



Şekil 2.8: Elektrik Kazasıyla Yaralanmış Bir İşçi

Kaynak: (Güvenli Başlangıç2017)

## 2.6.2. Elektrik yaralanması maliyetleri

Önlemenin ekonomik getirileri olduğunu göstermeye hizmet ettiğinden, işyeri yaralanmalarının maliyetinin belirlenmesinin işverenlere işyeri yaralanmalarını önleme girişimlerini teşvik etmede çok önemli bir husus olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Yaralanma maliyetlerine ilişkin bilgiler, gerekli bir sosyal fayda olarak politika yapıcıların dikkatini çekmek ve olayların yol açtığı acı ve ıstıraba eşlik edebilecek mali güçlükleri vurgulayarak, güvenliğin çalışanlar için kişisel önemini vurgulamak için yararlıdır (Statistics, 2014). Bir işyeri kazasının gerçek fiyat etiketini tahmin etmek, yapılan varsayımların özelliklerine, ilgili maliyetlerin ayrıntılarına ve eldeki bilgilere bağlı olarak büyük ölçüde değişebilen göz korkutucu bir iştir. İşçi tazminat ödemeleri, tıbbi faturalar ve yasal ücretler, işyeri yaralanmalarının ekonomik maliyetleri hesaplanırken kolaylıkla hesaplanabilecek doğrudan maliyetlere örnektir (Statistics, 2014).

Bazıları dolaylı maliyetlerin doğrudan maliyetlerin dört katından fazla olmadığını tahmin ederken, Amerikan Güvenlik Mühendisleri Derneği (2002) iş yeri kazalarının dolaylı maliyetlerinin doğrudan maliyetlerin yirmi katına kadar çıkabileceğini hesaplamıştır. En iyi oran hakkında anlaşmazlık olsa da, çoğu insan yaralanmaların doğrudan maliyetleri düşük olduğunda dolaylı maliyetlerin daha yüksek olduğu konusunda hemfikirdir. Dolaylı maliyetlerin 2.999\$'dan düşük doğrudan maliyetlere göre 4.5 kat, 3.000\$ - 4.999\$ arası doğrudan maliyetler için 1.6 kat, 5.000\$ - 9.999\$ arası doğrudan maliyetler için 1.2 kat ve 10.000\$ ve üzeri doğrudan maliyetler için 1.1 kat daha yüksek olduğu varsayılarak, OSHA, iş yeri yaralanmalarının maliyetlerini belirleme yaklaşımını, "İnşaat Güvenliği Performansının Artırılması: Bir İnşaat Sektörü Maliyet Etkinliği Projesi Raporu" başlıklı 1982 Business Roundtable yayınında önerilen bir orana dayandırır. İş yerindeki yaralanmaların doğrudan maliyetleri, son 15 yılda dolaylı maliyetlerden daha hızlı arttı ve yakın tarihli bir makale, sonuç olarak şu anda belirtilen oranların kabul edilmediğini gösteriyor (Manuele, 2011).

Elektrik hasarı söz konusu olduğunda, zaten zorlu olan mesleki zararın tam maliyetinin kesin olarak değerlendirilmesi, bir dizi nedenden ötürü muhtemelen önemli ölçüde daha külfetli hale gelecektir. Elektrik yaralanmalarının ciddiyetinde çok büyük bir çeşitlilik vardır ve bu yaralanmaların bazılarının elektriğin neden olduğu belirlenemeyebilir. Elektrik yaralanmalarının kişinin sinir sistemi ve ruh

sağlığı üzerinde kalıcı etkileri olabilir, bu da maliyet tahminini zorlaştırır. İşe dönüş söz konusu olduğunda neden olabilecekleri komplikasyonlar nedeniyle bu etkileri tahmin etmek özellikle zor olabilir. Elektrik hasarının çeşitli türleri vardır ve genç yaş gruplarında daha yaygın olmaları, işletmeler için elektrik yaralanması yenileme maliyetlerini ve bir bütün olarak ekonomi için sosyal zarar maliyetlerini artırarak yaralanmaya hakaret ekler. Elektrik yaralanmasının fiyat etiketini belirlemek için çelişkili sonuçlar veren birkaç girişimde bulunulmuştur. Lutton'ın 1994 tarihli çalışması, bir elektrik tesisinde 62 işçinin yaralanmasına neden olan elektrik olaylarının mali bedelini hesapladı. Kurbanlar çok çeşitli yaş ve mesleklerden geliyordu ve yaralarının ciddiyeti değişiyordu (Lutton, Maitre, & Lopez-Krahe, 1994).

Elektrik hasarı söz konusu olduğunda, zaten zorlu olan mesleki zararın tam maliyetinin kesin olarak değerlendirilmesi, bir dizi nedenden ötürü muhtemelen önemli ölçüde daha külfetli hale gelecektir. Elektrik yaralanmalarının ciddiyetinde çok büyük bir çeşitlilik vardır ve bu yaralanmaların bazılarının elektriğin neden olduğu belirlenemeyebilir. Elektrik yaralanmalarının kişinin sinir sistemi ve ruh sağlığı üzerinde kalıcı etkileri olabilir, bu da maliyet tahminini zorlaştırır. İşe dönüş söz konusu olduğunda neden olabilecekleri komplikasyonlar nedeniyle bu etkileri tahmin etmek özellikle zor olabilir. Elektrik hasarının çeşitli türleri vardır ve genç yaş gruplarında daha yaygın olmaları, işletmeler için elektrik yaralanması yenileme maliyetlerini ve bir bütün olarak ekonomi için sosyal zarar maliyetlerini artırarak yaralanmaya hakaret ekler. Elektrik yaralanmasının fiyat etiketini belirlemek için çelişkili sonuçlar veren birkaç girişimde bulunulmuştur. Lutton'ın 1994 tarihli çalışması, bir elektrik tesisinde 62 işçinin yaralanmasına neden olan elektrik olaylarının mali bedelini hesapladı. Mağdur Araştırmacıları, olay günü işçi tazminatını, sözleşme ücretini, değiştirme süresini, ekipman değiştirmeyi ve verimlilik kaybını hesaba kattıktan sonra vaka başına ortalama 49.823 \$ maliyet hesapladı. Araştırmacılar tarafından bir dizi parasal harcama fark edildi, ancak nihai maliyet tahminine dahil edilmedi. Gözetmenler için fazla mesai ücreti, yönetim ve sekreterler tarafından harcanan süre, kazayla ilgili soruşturma yürütme ücreti ve bulguların bir sonucu olarak gerekli olan ek eğitimlerin tümü toplam maliyete dahildir. 1994 yılında toplam ortalama dava maliyeti 49.823 dolardı. 2016 enflasyonuna göre ayarlandığında, bu rakam 51.037 dolara yakın olacaktır. Elektrik

hasarının toplam maliyeti, dolaylı maliyetleri dahil etmek için çaba harcayan Wyzga ve Lindroos (1999) tarafından tahmin edilmiştir. İms, çok çeşitli yaş ve mesleklerden geliyordu ve yaralanmalarının ciddiyeti değişiyordu (Lutton, Maitre, & Lopez-Krahe, 1994).

1990 ve 1991'de ABD'deki bir kamu hizmet kuruluşundan alınan veriler, yıllık 250.000 \$'lık doğrudan tıbbi giderleri tahmin etmek için kullanıldı ve ilk yıldan sonra 1.3 milyon \$'lık doğrudan maliyet varsayılarak toplam 1.55 milyon \$'a ulaştı. Dolaylı maliyetlerin 11.24 milyon \$, toplamın ise 12.8 milyon \$ olduğu tahmin ediliyor; bu, 1998 para birimi cinsinden tahmini 15.75 milyon dolara çıkarıldı. Dolaylı maliyetlerin doğrudan maliyetlere oranı 8,25:1 idi. Tüketici Fiyat Endeksi hesaplayıcısını kullanarak, 1998'deki 15,75 Milyon doların 2014'teki 23 Milyon Dolara eşdeğer olduğunu görüyoruz. Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA) 2014'te Elektrik Enerjisi Üretimi, İletimi ve Dağıtım Bakım ve İnşaat (29 CFR 1910.269 ve 29 CFR Bölüm 1926, Alt Bölüm V) elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtım endüstrisinde çalışanlar için iş yeri güvenliğini artırmak için başlamışlardır (İstatistikler, 2014).

Bu tahmin, bir kişinin (veya bir grup insanın) olumsuz bir sonuca maruz kalma olasılığında küçük ama fark edilir bir artış veya azalmayı önlemek için ödemeye razı olacağı miktara dayanıyordu. İlgili araştırma çalışmalarına dayanarak OSHA, değeri 2000 dolar olarak 50.000 \$ olarak belirledi; bu, fiyatları enflasyona göre ayarlamak için Bilgisayar Fiyat Endeksine alternatif bir yöntem olan Gayri Safi Yurtiçi Hasıla deflatörü kullanılarak 62.500 \$'a çıkarıldı. CPI ayarlayıcısına göre, 2000 yılındaki 50.000 \$'lık bir miktar, 2014 yılındaki 69.100 \$'la karşılaştırılabilir olacaktır. Nihai raporda belirtildiği gibi, yanık yaralanmaları için daha yüksek bir değer, OSHA'nın 2009 dolarında ölümcül olmayan yaralanmalara ilişkin tahminini 76.694 \$'a yaklaştıracaktır. Yanık yaralanmaları için daha yüksek bir değer, OSHA'nın ölümcül olmayan yaralanmalara ilişkin tahminini, nihai kuralda belirtildiği gibi, 2009 dolarında 76.694 \$'a yaklaştıracaktı ve OSHA'nın 62.500 \$'lık ilk tahmininin hafife alındığını gösteriyor (1991 ve 1993 yılları arasındaki yanık vakaları üzerine yapılan bir araştırmaya dayanmaktadır). OSHA ayrıca, ödemeye istekli olma tekniğini kullanan çalışmalara dayalı olarak, yeni kuralın ek korumaları tarafından kurtarılan her yaşam için 8,7 milyon dolar tasarruf edeceğini öngördü (Yodaiken & Bennett, 1986).



## 2.7. İSGYS ve Libya'daki Güncel Yasal Düzenlemeler

İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamaları Yönetim Sistemleri (OHSMS), çalışanların güvenliğini, sağlığını ve refahını geliştirmek ve sağlamak için işyerinde uygulanan bir dizi politika, prosedür ve uygulamadır. Bu sistemler, işyeri tehlikelerini belirleyerek ve kontrol ederek işle ilgili yaralanmaları, hastalıkları ve ölümleri önlemek için tasarlanmıştır.

Libya'da OHSMS'nin yasal çerçevesi, 1991 tarihli 8 sayılı Mesleki Güvenlik ve Sağlık Yasası ile sağlanmaktadır. Yasa, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili olarak işverenlerin, çalışanların ve hükümetin sorumluluklarını özetlemektedir. Ayrıca, yasayı uygulamaktan ve OHSMS'yi teşvik etmekten sorumlu düzenleyici kurum olarak Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi'ni (NCOHS) kurar.

Yasaya göre, Libya'daki işverenlerin yükümlülükleri:

- Çalışanlar için güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı sağlamak
- İşyeri tehlikelerini belirlemek ve kontrol etmek için düzenli risk değerlendirmeleri yapmak
- Çalışanlara uygun kişisel koruyucu ekipman (KKD) sağlamak
- Makine ve ekipmanın bakımının yapılmasını ve düzenli olarak denetlenmesini sağlamak
- Güvenli çalışma uygulamaları konusunda çalışanlara yeterli eğitim ve denetim sağlamak
- Kaza veya afet durumunda acil durum müdahale planları geliştirin ve uygulamak.

Öte yandan, çalışanların yükümlülükleri:

- İşverenleri tarafından sağlanan güvenlik prosedürlerine ve talimatlarına uymak
- İşverenleri tarafından sağlanan KKD'yi kullanmak
- Tehlikeleri veya güvenli olmayan koşulları işverenlerine bildirmek.

NCOHS, İSG mevzuatını geliştirmek ve uygulamak, İSG konusunda eğitim ve oğretim sağlamak ve yasalara uyumu sağlamak için işyeri denetimlerini yapmaktan sorumludur.

Genel olarak, Libya hkmeti ülkede OHSMS'yi teşvik etmek için bazı çabalar sarf etti, ancak bu uygulamaların uygulanması ve yürütülmesinde hala önemli zorluklar var. İşverenler ve çalışanlar arasında OHSMS hakkında daha fazla farkındalık ve eğitime ve ayrıca OHSMS'nin uygulanmasını ve uygulanmasını desteklemek için altyapı ve kaynaklara artan yatırıma ihtiyaç vardır.

## **2.8. Libya Elektrik Enerji Kaynaklarının İletim ve Dağıtımı**

Libya'daki elektrik enerjisi kaynakları iletim ve dağıtım sistemi, son yıllarda büyük lde siyasi istikrarsızlık, çatışma ve ekonomik yaptırımlar nedeniyle önemli zorluklarla karşı karşıyadır.

2011 devriminden önce Libya, toplam kurulu gücü yaklaşık 6.000 MW olan nispeten istikrarlı ve güvenilir bir elektrik şebekesine sahipti. Ancak devrimi takip eden çatışma ve siyasi istikrarsızlık, elektrik sektöründe önemli aksamalara yol açtı. Bu, enerji santralleri ve iletim hatlarındaki hasarın yanı sıra yakıt tedariki ve bakım faaliyetlerindeki kesintileri de içeriyordu.

Bu zorlukların bir sonucu olarak, Libya istikrarlı ve güvenilir bir elektrik şebekesini sürdürmek için mücadele etti. lke, özellikle elektrik talebinin en yüksek olduğu yaz aylarında sık sık elektrik kesintileriyle karşı karşıya kaldı. Bazı bölgelerde, elektrik kesintileri her gün birkaç saat sürdü ve bu da önemli ekonomik ve sosyal etkilere yol açtı.

Bu zorluklara rağmen, Libya hkmeti ülkenin elektrik iletim ve dağıtım altyapısını iyileştirmek için bazı çabalar sarf etti. Bu, yeni enerji santrallerinin geliştirilmesini, mevcut tesislerin rehabilitasyonunu ve iletim ve dağıtım ağının genişletilmesini içermektedir.

şu anda ülkede devam eden kilit projelerden biri, elektrik sektörü için uzun vadeli bir strateji geliştirmeyi amaçlayan Libya Elektrik Ana Planı. Plan, yeni elektrik santrallerinin inşası, iletim ve dağıtım ağının genişletilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu dahil olmak üzere elektrik şebekesinin güvenilirliğini ve verimliliğini artırmaya yönelik bir dizi girişimi içermektedir.

Ancak bu çabalara rağmen, Libya'daki elektrik iletim ve dağıtım sistemi kırılğan ve kesintilere karşı savunmasız durumda. Ülkede devam eden çatışma ve siyasi istikrarsızlık, elektrik şebekesinin geliştirilmesi ve bakımı için önemli zorluklar oluşturmaya devam ediyor.

## **2.9. Elektrik Dağıtım Sektörlerinde Kabul Edilen Risk Değerlendirmesi**

Enerji dağıtımını, enerji elektriği ve elektronik sektörlerinde genel kabul görmüş birkaç risk değerlendirme metodolojisi vardır. En sık kullanılan metodolojilerden bazıları şunlardır:

1. HAZOP (Tehlike ve İşletilebilirlik Çalışması): Bu, karmaşık sistemlerdeki potansiyel tehlikeleri ve işletilebilirlik sorunlarını belirlemek için kullanılan yapılandırılmış bir tekniktir. Sistemi analiz eden ve potansiyel tehlikeleri, nedenleri ve sonuçları belirleyen bir uzman ekibi içerir.
2. FMEA (Hata Modları ve Etkileri Analizi): Bu, bir sistemdeki potansiyel arızaları belirlemek ve analiz etmek için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Potansiyel hata türlerini, etkilerini ve meydana gelme olasılığını belirleyen bir uzman ekibini içerir.
3. Hata Ağacı Analizi (FTA): Bu, belirli bir olay veya arızanın nedenlerini analiz etmek için kullanılan tündengelimli bir yaklaşımdır. Başarısızlığa yol açabilecek olay ve koşulları tanımlamayı ve nedenleri ve aralarındaki ilişkileri görselleştirmek için bir hata ağacı diyagramı oluşturmayı içerir.
4. ETA (Olay Ağacı Analizi): Bu, belirli bir olayın veya başarısızlığın sonuçlarını analiz etmek için kullanılan yukarıdan aşağıya bir yaklaşımdır. Olayın olası sonuçlarını tanımlamayı ve sonuçları ve olasılıklarını görselleştirmek için bir olay ağacı diyagramı oluşturmayı içerir.
5. Papyon Analizi: Bu hem FMEA hem de FTA unsurlarını birleştiren bir risk değerlendirme yöntemidir. Potansiyel tehlikeleri, nedenlerini ve olası sonuçlarını tanımlamayı ve ardından aralarındaki ilişkileri görselleştirmek için bir papyon diyagramı kullanmayı içerir.
6. Risk Matrisi: Bu, potansiyel tehlikelerin olasılığını ve sonuçlarını bir matris üzerinde derecelendirmeyi içeren basit ve yaygın olarak kullanılan bir risk

değerlendirme aracıdır. Ortaya çıkan risk derecelendirmesi, riskleri önceliklendirmek ve yönetmek için kullanılabilir.

Genel olarak, risk değerlendirme metodolojisinin seçimi, değerlendirilen sistemin özel ihtiyaçlarına ve özelliklerine bağlı olacaktır. Spesifik duruma uygun olan ve ilgili paydaşlardan ve uzmanlardan gelen girdileri içeren bir metodoloji seçmek önemlidir.



### 3. METODOLOJİ

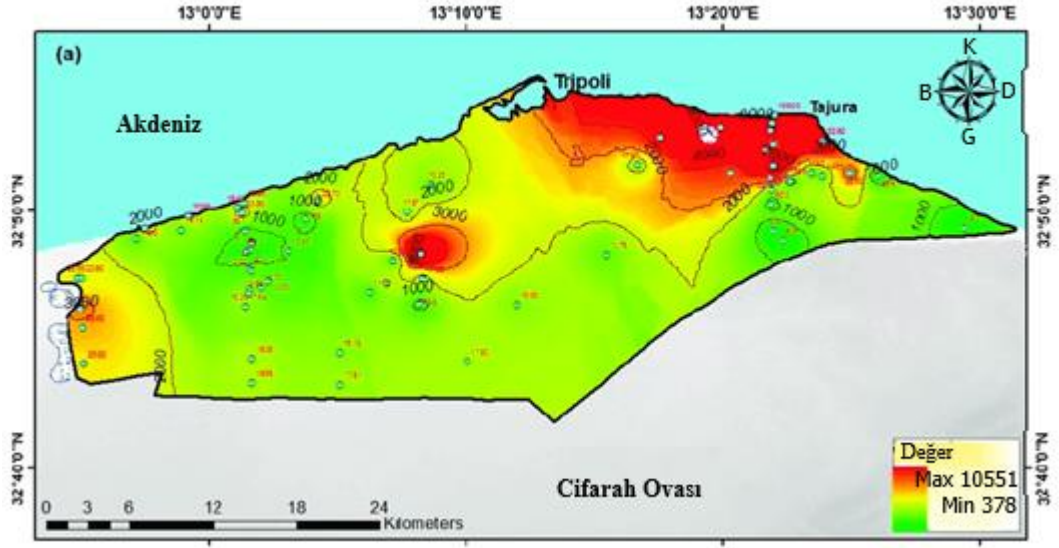
Bu bölümde çalışmada kullanılan yöntemler anlatılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) girdileri ile Uluslararası Elektromanyetik Alan Projesi kapsamında seçilmiş veriler kullanıldı. Yüksek gerilim hatlarının güzergâhlarını gösteren bir uydu fotoğrafı kullanılarak, Libya'daki Trablus Valiliği'nin beş bölgesi, çalışma örnek tekniğinin kriterlerini karşılaması için seçildi. Tüm alanlardaki toplam ev sayısı 215 olup, aşağıdaki beş bölgeye ayrıldı:

- Trablus
- Tajoura
- Ain Zara
- Janzur
- Souq Al Jum'aa



**Şekil 3.1:** Trablus Valiliğini Oluşturan Beş İlçeyi Gösteren Libya Haritası

**Kaynak:** Google Haritalar, 2019



Şekil 3.2: Trablus Valiliği'nin Elektriksel İletkenliği

Kaynak: (Al-Refai, 2014)

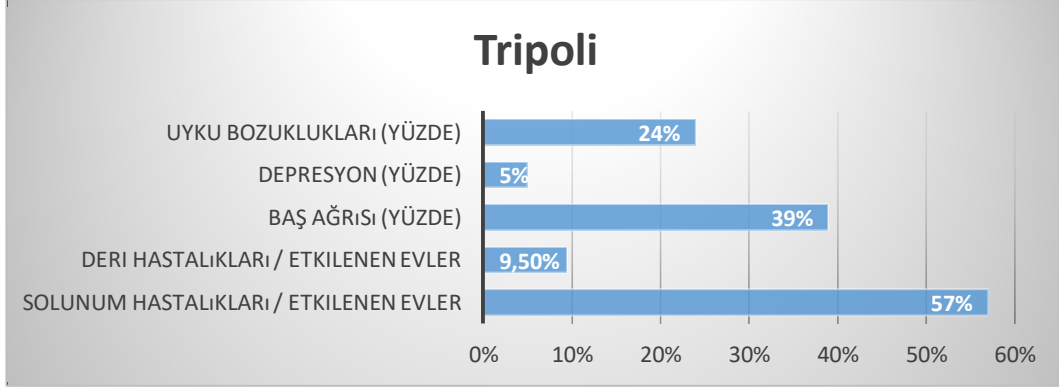
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Aşağıdaki istatistikler, beş bölge genelinde solunum bozuklukları yüzdelerinde ve cilt hastalıkları bulgularında yakınsama olduğunu göstermektedir. Elektromanyetik alanlar, bu yüksek oranlara rağmen bu semptomlara katkıda bulunan bir rolü olabilir, ancak diğer değişkenlerin etkisi nedeniyle birincil neden olmaları pek olası değildir. Çizelge 4.1. Trablus bölgesinde elektromanyetik radyasyona maruz kalmanın insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini göstermektedir.

**Çizelge 4.1:** Trablus Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri

<b>Trablus</b>	
<b>Evlerin toplamı</b>	<b>46</b>
Toplam hasar gören ev sayısı	42
Toplam bakir ev sayısı	4
Çizgiden yatay olarak kaydırma	9-52
Solunum yolu hastalıklarından etkilenen tahmini hane sayısı	24
Çeşitli solunum yolu hastalıkları	52 %
Cilt bozukluklarından etkilenen evlerin yüzdesi	4
Cilt Hastalıkları	8.6 %
Solunum yolu hastalığından mustarip olanlar / hasar gören evler	57 %
Cilt bozuklukları / enfekte konutlar	9.5 %
Baş ağrısı (yüzde)	39 %
Depresyon (yüzde)	5 %
Uykuda bozulma (yüzde)	24 %

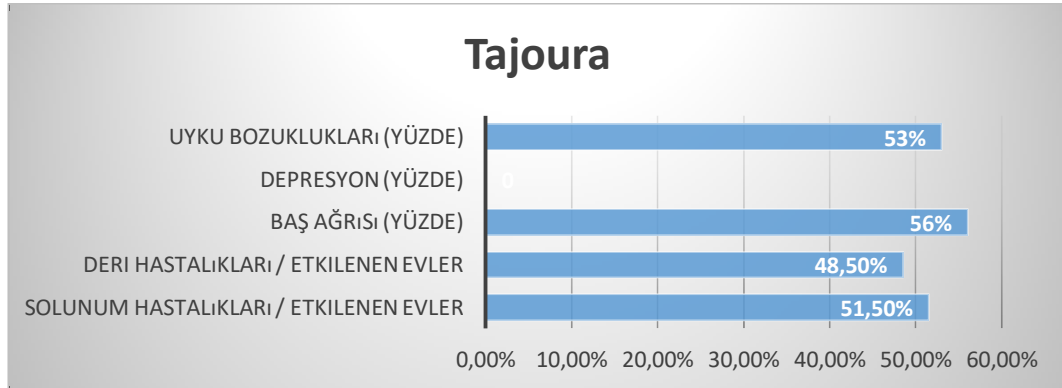
Çizelge 4.1. Trablus bölgesinde elektromanyetik radyasyona maruz kalmanın insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini göstermektedir. Trablus'un yüksek oranlarda solunum yolu hastalığı (%52), cilt hastalığı (%8,6), uyku güçlüğü (%24), depresyon (%5) ve baş ağrısı (%39) gösterdi. Trablus santralının hava kirliliği birçok bölgeyi etkiliyor.



**Şekil 4.1:** Tripoli Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Tripoli Sakinlerinin Sağlığı Üzerindeki Olası Etkileri

**Çizelge 4.2:** Tajouara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Etkileri

Tajoura Bölgesi	
<b>Evlerin toplamı</b>	36
Toplam hasar gören ev sayısı	33
Toplam bakir ev sayısı	3
Çizgiden yatay olarak kaydırma	25-600
Solunum yolu hastalıklarından etkilenen tahmini hane sayısı	17
Çeşitli solunum yolu hastalıkları	47 %
Cilt bozukluklarından etkilenen evlerin yüzdesi	16
Cilt Hastalıkları	44.4 %
Solunum yolu hastalığından muzdarip olanlar / hasar gören evler	51.5 %
Cilt bozuklukları / enfekte konutlar	48.5 %
Baş ağrısı (yüzde)	56 %
Depresyon (yüzde)	---



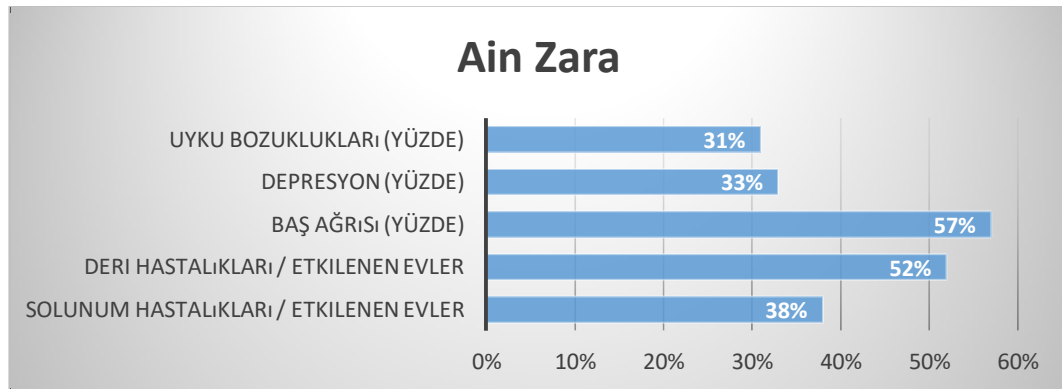
**Şekil 4.2:** Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Tajoura Sakinlerinin Sağlığı Üzerindeki Olası Etkileri



Tajoura'nın yüksek oranda solunum yolu hastalığı (yüzde 51,5), cilt hastalığı (yüzde 48,6), uyku bozukluğu (yüzde 53,3), depresyon (% 0) ve baş ağrısı (yüzde 56) ortaya çıkardı. Bu yerler, Tajoura rafinerisinden ve devlet elektrik santralinden kaynaklanan hava kirliliği yolunda. Şekil 4.2. elektromanyetik alana maruz kalmanın Tajoura sakinlerinin sağlığı üzerindeki olası etkilerini göstermektedir.

**Çizelge 4.3:** Ain Zara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Olumsuz Sonuçları

<b>Ain Zara</b>	
<b>Evlerin toplamı</b>	<b>57</b>
Toplam hasar gören ev sayısı	42
Toplam bakir ev sayısı	15
Çizgiden yatay olarak kaydırma	7-60
Solunum yolu hastalıklarından etkilenen tahmini hane sayısı	16
Çeşitli solunum yolu hastalıkları	28 %
Cilt bozukluklarından etkilenen evlerin yüzdesi	22
Cilt Hastalıkları	38.5 %
Solunum yolu hastalığından muzdarip olanlar / hasar gören evler	38 %
Cilt bozuklukları / enfekte konutlar	52 %
Baş ağrısı (yüzde)	57 %
Depresyon (yüzde)	33 %
Uykuda bozulma (yüzde)	31 %



**Şekil 4.3:** Ain Zara Bölgesinde Elektromanyetik Alana Maruz Kalmanın Olası Olumsuz Sonuçları

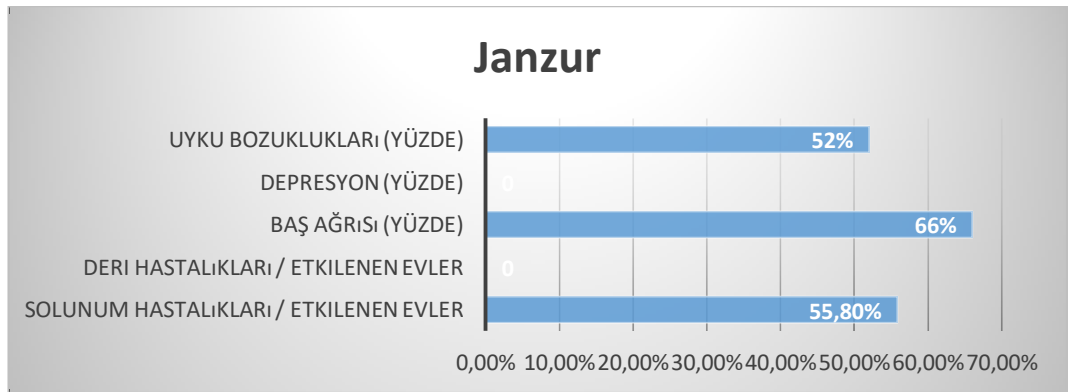
Şekil 4.3 Ain Zara bölgesinde elektromanyetik alana maruz kalmanın olası olumsuz sonuçlarını göstermektedir. Ain Zara'da, anket yüksek oranlarda solunum yolu hastalığı (%38), cilt hastalığı (%52), uyku bozukluğu (%31), depresyon (%33) ve baş

ağrısı (%34) buldu. (yüzde 57). Ain Zara elektrik santralının hava kirliliği birçok bölgeyi etkiliyor.

**Çizelge 4.4:** Janzur Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri

<b>Janzur Bölgesi</b>	
Evlerin toplamı	41
Toplam hasar gören ev sayısı	34
Toplam bakir ev sayısı	7
Çizgiden yatay olarak kaydırma	18-210
Solunum yolu hastalıklarından etkilenen tahmini hane sayısı	19
Çeşitli solunum yolu hastalıkları	46 %
Cilt bozukluklarından etkilenen evlerin yüzdesi	---
Cilt Hastalıkları	---
Solunum yolu hastalığından muzdarip olanlar / hasar gören evler	55.8 %
Cilt bozuklukları / enfekte konutlar	---
Baş ağrısı (yüzde)	66 %
Depresyon (yüzde)	---
Uykuda bozulma (yüzde)	52 %

Çizelge 4.4. Janzur bölgesinde elektromanyetik radyasyona maruz kalmanın insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini göstermektedir. Janzur, endişe verici derecede yüksek solunum yolu hastalığı (%55,8), cilt hastalığı (%0), uyku güçlüğü (%52), depresyon (%66) ve baş ağrısı (%70) oranları ortaya çıkardı. Janzur santralının hava kirliliği bu bölgelerde etkili oluyor.

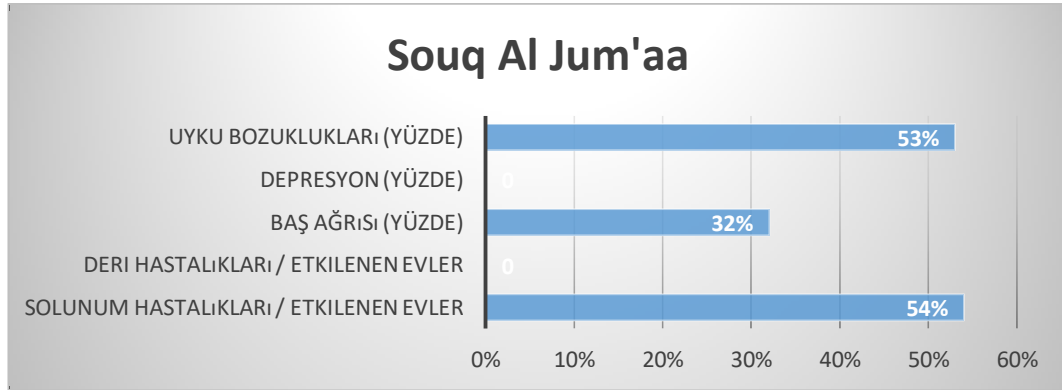


**Şekil 4.4:** Janzur Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri

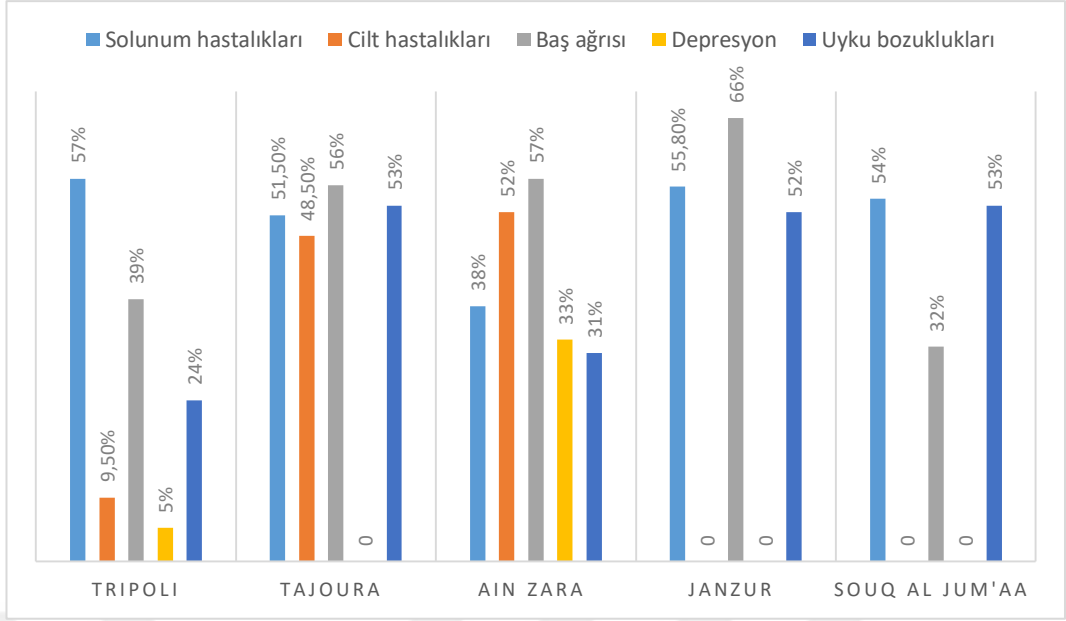
**Çizelge 4.5:** Souq Al Jum'aa Bölgesinde Elektromanyetik Radyasyona Maruz Kalmanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Olası Olumsuz Etkileri

<b>Souq Al Jum'aa Bölgesi</b>	
<b>Evlerin toplamı</b>	<b>35</b>
Toplam hasar gören ev sayısı	35
Toplam bakir ev sayısı	---
Çizgiden yatay olarak kaydırma	12-28
Solunum yolu hastalıklarından etkilenen tahmini hane sayısı	19
Çeşitli solunum yolu hastalıkları	54 %
Cilt bozukluklarından etkilenen evlerin yüzdesi	---
Cilt Hastalıkları	---
Solunum yolu hastalığından muzdarip olanlar / hasar gören evler	54 %
Cilt bozuklukları / enfekte konutlar	---
Baş ağrısı (yüzde)	32 %
Depresyon (yüzde)	---

Çizelge 4.5. elektromanyetik alan maruziyetini ve bunun Souq Al Jum'aa sakinleri üzerindeki olası sonuçlarını gösterir. Souq Al Jum'aa'da %54'ü solunum yolu hastalığından, cilt hastalığından %0, uyku güçlüklerinden %53, depresyondan %0 ve baş ağrılarının %32. Souq Al Jum'aa enerji santrali, bu bölgelerde bulunabilecek hava kirliliği üretiyor.



**Şekil 4.5:** Elektromanyetik Alana Maruz Kalma ve Bunun Souq Al Jum'aa Sakinleri Üzerindeki Olası Sonuçları



**Şekil 4.6:** Elektromanyetik Radyasyondan Kaynaklanan Sağlık Riskleri Oranları

Evlerin üçte birinden fazlası etkilenen kişileri barındırmaktadır ve tablolar, çeşitli hava kirleticilerinin hafızası açısından korona iyonlarının etkilerini göstermektedir. Yatay mesafelerin 25 ile 600 metre arasında olmasına rağmen, yüksek basınç ve korona fenomeninin varlığı, santralden ve Tajura filtresinden gelen kirleticilerin bireylerin solunum sisteminde birikmesini artırarak korona iyonlarının nedensel bir mekanik olarak rolünü ortaya koymaktadır. Bunun nedeni, solunum yolu hastalıklarının yaygınlığı ve cilt problemleri olarak ortaya çıkan çeşitli kirleticilerin birikmesidir. Ek olarak, Ain Zara bölgesinde yüksek bir solunum yolu rahatsızlığının yaygınlığı vardır. Ailelerin neredeyse üçte birinde astım, alerji veya nefes almada zorluk gibi solunum sorunları yaşayan en az bir üye vardı. Bu, korona iyonlarının eylemlerinin bu olgunun mekanik bir nedeni olduğunu düşündürür.

Yüksek gerilim hattına yürüme mesafesinde yaşamak, solunum yolu hastalığı riskinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Hatlara yakın yerlerde yaşayan bireyler, ciltlerinde kirletici maddelerin bulunması nedeniyle çok çeşitli cilt hastalıkları riski altındadır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuç

Mühendisler, elektrikçiler, elektronik teknisyenleri ve elektrik hatlarının bakımını yapanlar da dahil olmak üzere çok çeşitli meslekler, elektrik akımıyla doğrudan fiziksel etkileşime girer. Sekreterler, satış görevlileri ve hizmet sektöründeki diğerleri de dahil olmak üzere diğerleri bununla dolaylı olarak ilgilenir. Belki de günlük yaşamda çok kökleşmiş olduğu için, daha az insan bu işin sürekli bir enerji kaynağına ne kadar bağımlı olduğunu anlıyor. Mal hasarı ve kişisel zararın yanı sıra, elektrik ayrıca insanları öldürebilir veya ciddi şekilde yaralayabilir. Elektrik çarpması ve yanıklar da dahil olmak üzere birçok işyeri olayı yıllık olarak Sağlık ve Güvenlik Yöneticisine (HSE) rapor edilir. Havai elektrik kablolarıyla temas, ölümcül kazaların büyük çoğunluğunu oluşturur. Öldürmeyen şoklar yine de çok fazla hasar verebilir.

Gerilimi 50 volttan fazla olan ekipman veya devrelerin üzerinde veya yakınında çalışırken, Programda belirtilen güvenlik önlemlerinin alınması zorunludur. Mevcut elektrik riskleri, bu tehlikelerle orantılı güvenli çalışma prosedürleri gerektirir. Potansiyel elektrik tehlikelerinin listesi uzayıp gidiyor, ancak diğer şeylerin yanı sıra şunları içeriyor:

**Elektrikten Kaynaklanan Alevler ve Şoklar:** Elektrik akımı canlı dokulardan geçerken ağrılı bir şoka neden olur. Canlı bir bileşenle temasa geçerseniz bu meydana gelebilir. Elektrik akımı kalbe veya beyne yönlendirilirse ölüm meydana gelebilir. Yüksek voltajlarda ciddi yanıklar mümkündür.

Ark parlamalarından kaynaklanan yanıklar, iletken bir öge elektrikli bileşenlerle temas ettiğinde (örneğin, bağlantı kesmeleri açarken veya kapatırken) meydana gelir. Aparatın içindeki metal, arkın havayı 35.000 Fahrenheit dereceye kadar ısıtma kabiliyeti nedeniyle buharlaşabilir. Ark parlamasının hem doğrudan eti ısıtması hem de giysileri tutuşturması nedeniyle ciltte ciddi yanıklar oluşturabilir.

Bir ark patlaması meydana geldiğinde, havanın ısınmasına ve metalin buharlaşmasına neden olur, bu da işitme kaybına, beyin sarsıntısına ve diğer yaralanmalara neden olabilecek bir basınç dalgası oluşturur. Uçuş halindeki metal parçalar tehdit oluşturabilir.

Merdivenler veya korumasız iskeleler gibi kaza sonucu yüksekten düşmelere elektrik çarpması ve ark patlamaları neden olabilir. Böylece, özetle:

- Kentsel alanlardaki hava kirliliğinin etkileri, yüksek voltajlı elektrik hatlarının kontrolsüz bir şekilde gelişmesiyle daha da artıyor.
- Yerleşim alanlarındaki yüksek gerilim hatları, insanları bu tür tellerden kaynaklanan elektromanyetik alanların tehlikelerine daha yakın hale getirir.
- Acil konut talebi nedeniyle, büyümenin kontrolsüz olduğu bazı bölgeler var ve bu da konut mağazaları ve konutların yüksek voltaj kablolarıyla birleşmesi ile sonuçlanıyor.
- Yüksek gerilim hatları düzgün planlanmadığında, kabloların ürettiği elektromanyetik alanlar konut sakinlerini tehlikeye atar.

## 5.2 Öneriler

- Bir şehirdeki evlerin yanına elektrik hatları döşenirken, bunların yer altına gömülmeleri gerekir.
- Trablus'un yerleşim yerlerinde yüksek gerilim kablolarının yer altı kablolarıyla değiştirilmesi zorunludur.
- Çevre Bakanlığı ve Elektrik Bakanlığı gelecekte bu hatların şehir dışındaki güzergâhlarının, geçilecekleri bölgelerdeki hakim rüzgar düzenleri ve kirlilik türleri dikkate alınarak birlikte tasarlanması için birlikte çalışmalıdır.
- Elektromanyetik alanların aralıklarının hesaplanmasında coğrafi bilgi sistemi (CBS) yöntemleri kullanılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Akbar-Khazadeh, F.** (1998). Factors contributing to discomfort or dissatisfaction as a result of wearing personal protective equipment. *Journal of human ergology*, 27(1-2), 70-75.
- Al-Refai, M. A.** (2014). Optimal design and simulation of a grid-connected photovoltaic (PV) power system for an electrical department in University of Tripoli-Libya. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(6), 855-859.
- Ammerman, R. F., Sen, P., & Nelson, J. P.** (2007). Arc flash hazard incident energy calculations a historical perspective and comparative study of the standards: IEEE 1584 and NFPA 70E. Paper presented at the Petroleum and Chemical Industry Technical Conference, 2007. PCIC'07. IEEE.
- Arnoldo, B. D., Purdue, G. F., Kowalske, K., Helm, P. A., Burris, A., & Hunt, J. L.** (2004). Electrical injuries: a 20-year review. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 25(6), 479-484.
- Basso, T. S., & DeBlasio, R.** (2004). IEEE 1547 series of standards: interconnection issues. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 19(5), 1159-1162.
- Bernius, M., & Lubin, J.** (2009). Electrocution and electrical injuries. *Emergency medical service clinical practice and systems oversight*, 1, 44-50.
- Campbell, R. B., & Dini, D. A.** (2016). *Occupational injuries from electrical shock and arc flash events*: Springer.
- Capelli-Schellpfeffer, M., Floyd, H. L., Eastwood, K., & Liggett, D. P.** (2000). How we can better learn from electrical accidents. *IEEE Industry Applications Magazine*, 6(3), 16-23.
- Cawley, J. C., & Homce, G. T.** (2006). Trends in electrical injury, 1992-2002. Paper presented at the Petroleum and Chemical Industry Conference, 2006. PCIC'06. Record of Conference Papers-IEEE Industry Applications Society 53rd Annual.
- Cawley, J. C., & Homce, G. T.** (2007). Protecting miners from electrical arcing injury. Paper presented at the Industry Applications Conference, 2007. 42nd IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2007 IEEE.
- Cooper, M. A., & Price, T. G.** (1984). Electrical and lightning injuries. *Emerg Med Clin North Am*, 2(3), 489-501.
- Eakin, J. M.** (1992). Leaving it up to the workers: sociological perspective on the management of health and safety in small workplaces. *International Journal of Health Services*, 22(4), 689-704.

- El-Kady, M., & Vainberg, M.** (1983). Risk assessment of grounding hazards due to step and touch potentials near transmission line structures. *IEEE transactions on power apparatus and systems*(9), 3080-3087.
- Floyd, H. L., Andrews, J. J., Capelli-Schellpfeffer, M., Neal, T. E., & Saunders, L. F.** (2001). Electrical safety: State of the art in technology, work practices and management systems. Paper presented at the ASSE Professional Development Conference and Exposition. from Deregulation, A. S. S. World Energy.
- Gammon, T., Lee, W.-J., Zhang, Z., & Johnson, B. C.** (2015). Electrical safety, electrical hazards, and the 2018 NFPA 70E: Time to update annex K? *IEEE Transactions on Industry Applications*, 51(4), 2709-2716.
- Gammon, T., Lee, W.-J., Zhang, Z., Johnson, B., & Beyreis, J.** (2015). Redeveloping the 2018 NFPA 70E Annex K and contemplating beyond. Paper presented at the Electrical Safety Workshop (ESW), 2015 IEEE IAS.
- Handbook, D.** (2004). *Electrical Safety*.
- Jamil, S., Floyd, H. L., & Pace, D. A.** (1997). Effective implementation of electrical safety regulations and standards. Paper presented at the Petroleum and Chemical Industry Conference, 1997. Record of Conference Papers. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Incorporated Industry Applications Society 44th Annual.
- Janicak, C. A.** (2008). Occupational fatalities due to electrocutions in the construction industry. *Journal of Safety Research*, 39(6), 617-621.
- Jones, R. A., & Jones, J. G.** (2000). *Electrical safety in the workplace: Jones & Bartlett Learning*.
- Jones, R. A., Liggett, D. P., Capelli-Schellpfeffer, M., Macalady, T., Saunders, L. F., Downey, R. E., . . . Saporita, V. J.** (1997). Staged tests increase awareness of arc-flash hazards in electrical equipment. Paper presented at the Petroleum and Chemical Industry Conference, 1997. Record of Conference Papers. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Incorporated Industry Applications Society 44th Annual.
- Koumbourlis, A. C.** (2002). Electrical injuries. *Critical care medicine*, 30(11), S424-S430.
- Kowalski-Trakofler, K., & Barrett, E.** (2007). Reducing non-contact electric arc injuries: An investigation of behavioral and organizational issues. *Journal of Safety Research*, 38(5), 597-608.
- Lopes, L. A., & Sun, H.** (2006). Performance assessment of active frequency drifting islanding detection methods. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 21(1), 171-180.
- Lutton, E., Maitre, H., & Lopez-Krahe, J.** (1994). Contribution to the determination of vanishing points using Hough transform. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 16(4), 430-438.
- Manuele, F. A.** (2011). Reviewing Heinrich: Dislodging two myths from the practice of safety. *Professional Safety*, 56(10), 52.



- McGarity, T. O.** (1984). The new OSHA rules and the worker's right to know. *Hastings Center Report*, 14(4), 38-45.
- Morse, M., & Morse, J.** (2006). Electric shock. *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*.
- Noble, J., Gomez, M., & Fish, J. S.** (2006). Quality of life and return to work following electrical burns. *Burns*, 32(2), 159-164.
- Panel, B. B. R.** (2012). Guidelines for safe work practices in human and animal medical diagnostic laboratories. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 61.
- Parise, G., Sutherland, P. E., & Moylan, W. J.** (2005). Electrical safety for employee workplaces in Europe and in the USA. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 41(4), 1091-1098.
- Park, O. B.** (2015). Occupational Injuries From Electrical Shock and Arc Flash Events.
- Pipattanasomporn, M., Willingham, M., & Rahman, S.** (2005). Implications of on-site distributed generation for commercial/industrial facilities. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(1), 206-212.
- Safe Start. (Website).** (2017). Electrical Safety Measures That Power Your Compliance Program. <https://safestart.com/news/electrical-safety-measures-power-your-compliance-program/>
- Safety, O., & Administration, H.** (1985). Training requirements in OSHA standards and training guidelines: ERIC Clearinghouse.
- Singerman, J., Gomez, M., & Fish, J. S.** (2008). Long-term sequelae of low-voltage electrical injury. *Journal of burn care & research*, 29(5), 773-777.
- Statistics, L.** (2014). US Department of Labor. Dostępne w internecie: <http://www.msha.gov.tr> Dostęp w dniu, 10.
- Theman, K., Singerman, J., Gomez, M., & Fish, J. S.** (2008). Return to work after low voltage electrical injury. *Journal of burn care & research*, 29(6), 959-964.
- Umedaly, M.** (2005). A vision for growing a world-class power technology cluster in a smart, sustainable British Columbia: full report to the Premier's Technology Council.
- Vittal, V., Kliemann, W., Ni, Y.-X., Chapman, D., Silk, A., & Sobajic, D.** (1998). Determination of generator groupings for an islanding scheme in the Manitoba hydro system using the method of normal forms. *IEEE Transactions on Power Systems*, 13(4), 1345-1351.
- Wrinch, M. C.** (2008). Negative sequence impedance measurement for distributed generator islanding detection. University of British Columbia.
- Yodaiken, R., & Bennett, D.** (1986). OSHA work-practice guidelines for personnel dealing with cytotoxic (antineoplastic) drugs. *Occupational Safety and Health Administration. American Journal of Health-System Pharmacy*, 43(5), 1193-1204.

- You, H., Vittal, V., & Yang, Z.** (2003). Self-healing in power systems: an approach using islanding and rate of frequency decline-based load shedding. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(1), 174-181.
- Zhenyuan, T. G. W.-J. L., & Johnson, Z. B. (2018).** Electrical Safety, Electrical Hazards & the NFPA 70E, Time to Update Annex K?
- Zoubek, P. A., & Zoubek Consulting, L.** (2012). Electrical Safety Program California State University-Fullerton.



## ÖZGEÇMİŞ

Abdulmonem BESHAR

### EĞİTİM DÜZEYİ:

**Yüksek Lisans:** İstanbul Gedik Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği (*Tezli*)  
**Yüksek Lisans:** İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği (*Tezsis*)  
**Lisans** : Higher Institute for Trainees Power Systems Technology  
Preparing - Misurata

### MESLEKİ DENEYİM:

- Sun Coast Damage Company (SCDM) - Bakım Müdürü - 06/11/2019 – 04/04/2014.