T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ANTİSTATİK AYAKKABILARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN LABORATUVAR ŞARTLARI İLE ÇALIŞMA ŞARTLARINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Canberk NURAN

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

ANKARA-2016

T.C.
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

ANTİSTATİK AYAKKABILARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN LABORATUVAR ŞARTLARI İLE ÇALIŞMA ŞARTLARINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Canberk NURAN

(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)

Tez Danışmanı
Alper Yasin ÖZÇELİK

ANKARA-2016

T.C.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

O N A Y

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı Canberk NURAN
Alper Yasin ÖZÇELİK danışmanlığında tez başlığı
"ANTİSTATİK AYAKKABILARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN LABORATUVAR ŞARTLARI İLE ÇALIŞMA ŞARTLARINDA KARŞILAŞTIRILMASI" olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı 23.05.2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **"İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi"** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Serhat AYRIM
Müsteşar Yardımcısı

JÜRİ BAŞKANI

Kasım ÖZER
İSGGM Genel Müdürü

ÜYE

Dr. H.N. Rana GÜVEN
İSGGM Genel Müdür Yardımcısı

ÜYE

İsmail GERİM
İSSGM Genel Müdür Yardımcısı

ÜYE

Yrd. Doç.Dr. Mehmet Efe ÖZBEK
Öğretim Üyesi

ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Kasım ÖZER
İSGGM Genel Müdürü

TEŞEKKÜR

Mesleki açıdan yetişmem ve uzmanlık tezi çalışmamı hazırlama aşamasındaki değerli katkılarından dolayı Genel Müdürümüz Sayın Kasım ÖZER'e, Genel Müdür Yardımcılarımız Sayın Dr. Havva Nurdan Rana GÜVEN'e, Sayın İsmail GERİM'e ve Sayın Sedat YENİDÜNYA'ya, değerli yorumlarıyla tez çalışmama yön veren tez danışmanım İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanı Sayın Alper Yasin ÖZÇELİK'e ve değerli katkılarıyla yanımda olan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Canberk NURAN

ANTİSTATİK AYAKKABILARIN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN LABORATUVAR ŞARTLARI İLE ÇALIŞMA ŞARTLARINDA KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Statik elektrik iş sağlığı ve güvenliği açısından fiziksel tehlike kaynaklarından biridir. Statik elektrik birikimi sonucu oluşan yük boşalmaları, kıvılcım oluşumuna yol açmaktadır. Oluşan bu kıvılcım, statik şoka ve patlayıcı ortam ile teması halinde patlama veya yangın riskine yol açabilmektedir.

Statik elektriğin doğurabileceği risklere karşı, toplu korunma yöntemleri dışında kişisel koruyucu donanım kullanılması da alınabilecek tedbirlerden biridir. Kişisel koruyucu donanım kullanımı ülkemizde son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Statik elektriğe karşı kullanılan bir kişisel koruyucu donanım tipi olan antistatik ayakkabılar, insan vücudunda oluşan statik elektriği yük boşalmasına yol açmadan vücuttan uzaklaştırmaktadır.

Antistatik ayakkabılar TS EN ISO 20344 Standardı dikkate alınarak laboratuvar şartlarında test edilip, antistatik özellikleri onaylanmaktadır. Bu çalışmanın amacı laboratuvar şartların da antistatiklik özellikleri test edilip onaylanmış ayakkabıların işyerlerinde gerçek kullanım koşullarında da test edilip sonuçların karşılaştırılmasıdır.

Çalışma kapsamında antistatik ayakkabılar öncelikle laboratuvar koşullarında test edilmiştir. Onaylanan ayakkabılar belirli aralıklarda farklı işyerlerinde kullanım esnasında test edilmiştir. Laboratuvar şartlarındaki test sonuçları ile işyerlerinde elde edilen test sonuçları istatistiksel yöntem ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta antistatik ayakkabıların elektriksel özelliklerinin kullanıma bağlı olarak farklılık gösterip göstermediği tartışılmış ve statik elektriğe karşı alınabilecek önlemlerden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ***Statik Elektrik, Kişisel Koruyucu Donanım, Antistatik Ayakkabı, İş Sağlığı ve Güvenliği***

ABSTRACT

Canberk NURAN

COMPARISON OF ANTI-STATICAL FOOTWEARS' ELECTRICAL RESISTANCE TEST BETWEEN UNDER LABORATORY CONDITONS AND UNDER WORK CONDITIONS WHILE THEY ARE USED

Ministry of the Labor and Social Security, Occupational Health and Safety Directorate

Thesis for Occupational Health and Safety Expertise

Ankara, 2016

Considering occupational health and safety, static electricity is amongst the physical sources of danger. Static discharges occurring as a result of static electricity accumulation causes sparks. These sparks can lead to static shocks and explosion or fire risk if they contact with a flammable atmosphere.

Besides mass protection methods using personal protective equipment is also one of the measures can be taken against risks caused by static electricity. In recent years personal protective equipment usage has been increasing in our country. Anti-static shoes, being as a type of protective personal equipment could be used against static electricity, dismisses static charge from the body before it causes static discharge.

Anti-static properties of anti-static shoes are confirmed by testing them at laboratory conditions according to TS EN ISO 20344 Standard. Purpose of this study consists of testing these shoes also under work conditions while they are used whose anti-static properties have already been confirmed under laboratory conditions.

In the scope of the study firstly anti-static shoes were tested under laboratory conditions. Confirmed shoes were tested at different workplaces, at certain times while they have being used. The results measured under laboratory conditions were compared with the results measured at the workplaces by statistical method. As a result it has been discussed whether electrical properties of anti-static shoes differ or not. Then it has been mentioned about which measures can be taken against static electricity risk.

Keywords: ***Static Electricity, Personal Protective Equipment, Anti-static Footwear Occupational Health and Safety***

İÇİNDEKİLER

ÖZET ii
ABSTRACT iii
İÇİNDEKİLER iv
TABLOLARIN LİSTESİ vii
GRAFİKLERİN LİSTESİ ix
SİMGE VE KISALTMALAR x
1.GİRİŞ VE AMAÇ 1
2.GENEL BİLGİLER 3
2.1.STATİK ELEKTRİK NEDİR? 3
2.1.1.Malzemelerin Cinsi 3
2.1.2.Geniş Temas Alanı 4
2.1.3.Malzemelerin Ayrışma Hızı 4
2.1.4.Malzemeler Arası Hareket 4
2.1.5.Atmosferik Durum 4
2.2.Elektrostatik Yük Boşalması Ve Tutuşma Olayı 4
2.2.1.Korona Yük Boşalması 5
2.2.2.Yıldırım Yük Boşalması 5
2.2.3.Kıvılcım Yük Boşalması 5
2.2.4.Fırça Yük Boşalması 5
2.2.5.Yayılan Fırça Yük Boşalması 5
2.2.6.Koni Yük Boşalması 6
2.3.STATİK ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE BİRİMLER 6
2.3.1.Yük 6
2.3.2.Voltaj(gerilim) 6
2.3.3.Alan Kuvveti 6
2.3.4.Akım Şiddeti 6
2.3.5.Direnç 7
2.3.6.Hacim Direnirliği 7
2.3.7.Yüzey Direnirliği 7
2.4.STATİK ELEKTRİĞİN KAYNAKLARI 7
2.4.1.Hareket Halindeki Sıvılar 7
2.4.2.Gaz Kaynaklı Yük Boşalması 8
2.4.3.Patlayıcı Tozlar 9
2.4.4.Plastikler 10
2.4.5.Patlayıcılar 11
2.5.STATİK ELEKTRİK VEYANGIN/PATLAMA RİSKİ 11

2.6.İNSAN VÜCUDUNDA STATİK ELEKTRİK OLUŞUMU VE ETKİLERİ 13
2.7.ENDÜSTRİYEL ALANLARDA STATİK ŞOK OLUŞUMU ÖRNEKLERİ 16
2.7.1.Plastik Şişe İçeren Metal Kasalar 16
2.7.2.Polietilen(PE) Köpük Kesimi İşlemi 17
2.7.3.Karbon dioksitli yangın söndürücüler 17
2.7.4.Polipropilen(PP) Genleşme Boruları 18
2.7.5.Motorlu Taşıtlar 18
2.8.KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR 20
2.8.1.Kişisel Koruyucu Donanımların Seçimi 21
2.8.2.Koruyucu Ayakkabılar 23
2.8.3.Ayakkabıların Elektriksel Özellikleri 26
3.GEREÇ VE YÖNTEMLER 27
3.1.ARAŞTIRMANIN AMACI 27
3.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI 27
3.3.TESTİN YAPILMASI 28
3.4.FİRMALAR HAKKINDA BİLGİLER 33
3.4.1. Firma A Hakkında Bilgi 34
3.4.2. Firma B Hakkında Bilgi 36
3.4.3. Firma C Hakkında Bilgi 37
3.4.4. Firma Ç Hakkında Bilgi 39
3.4.5. Firma D Hakkında Bilgi 41
4.BULGULAR 43
4.1.TESTLER KAPSAMINDA YAPILAN ÖLÇÜMLERİN KENDİ İÇLERİNDE BETİMLEYİCİ İSTATİSTİKLERİ VE GRAFİKSEL GÖSTERİMLERİ 47
4.2.EŞLEŞTİRİLMİŞ ÖRNEKLEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI 61
4.3.DENEK-İÇİ DİZAYNLAR: TEKRARLI ÖLÇÜMLER ANOVA SONUÇLARI 76
5.TARTIŞMA 81
6.SONUÇ VE ÖNERİLER 85
KAYNAKLAR 87
ÖZGEÇMİŞ 89

TABLOLARIN LİSTESİ

Tablo 3.1.Firma A'ya verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri 34
Tablo 3.2. Firma B'ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri 36
Tablo 3.3. Firma C'ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri 38
Tablo 3.4. Firma Ç'ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri 39
Tablo 3.5. Firma D'ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri 41

Tablo 4.1. Tüm testlerde elde edilen ölçüm sonuçları 43
Tablo 4.2.Testler sonucu elde edilen elektrik direnç değerlerinin sıklıkları 44
Tablo 4.3.Antistatik ayakkabılara yapılan testlerde kullanılan numunelerin dağılımı 48
Tablo 4.4.Test 1 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler 48
Tablo 4.5. Test 2 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler 50
Tablo 4.6.Test 2 için sağ ve sol ayakkabı teklerinin ortalama ve standart sapma değerleri 52
Tablo 4.7. Test 3 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler 53
Tablo 4.8. Test 4 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler 55
Tablo 4.9. Test 5 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler 57
Tablo 4.10.Tüm testler için istatistiksel normallik verileri 60
Tablo 4.11.1.test ve 2. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 61
Tablo 4.12.1.test ve 3. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 62
Tablo 4.13.1.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 64
Tablo 4.14.1.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 65
Tablo 4.15.2.test ve 3. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 67
Tablo 4.16.2.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 68
Tablo 4.17.2.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 70
Tablo 4.18. 3.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 71
Tablo 4.19. 3.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması 73
Tablo 4.20.4.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması: 74
Tablo 4.21.Denekler Arası Faktörler 77
Tablo 4.22.Mauchly küresellik testi verileri 78
Tablo 4.23.Çok değişkenli testlerde elde edilen veriler 78
Tablo 4.24. Denek içi etkiler testi verileri 79

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 3.1.Multimetre ile gerilim kontrolü 29
Resim 3.2.Cihazın ve multimetrenin gerilim göstergelerinin karşılaştırılması 29
Resim 3.3.Hassas terazinin doğrulanması 30
Resim 3 .4.Bilyelerin tartılması 30
Resim 3.5.İç elektrotun kalite kontrol ölçümü 31
Resim 3.6.Şartlandırma kabinleri 32
Resim 3.7.Sıcaklık-nem ölçer cihazı 32
Resim 3.8.Cihaz uçlarının konumlandırılması 33
Resim 3.9.Test düzeneği 33
Resim 3.10.Firma A'da bakımı yapılan bir iş makinesi 35
Resim 3.11.Firma A çalışma alanı 35
Resim 3.12.Firma B çalışma alanı 36
Resim 3.13. Firma B çalışma alanı 37
Resim 3.14. Firma C elektrostatik toz boyama ünitesi 38
Resim 3.15. Firma C çalışma alanı 39
Resim 3.16. Firma Ç çalışma alanı 40
Resim 3.17. Firma Ç çalışma alanı 40
Resim 3.18. Firma D çalışma alanı 41
Resim 3.19.Firma D çalışma alanı 42

GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik 2.1. Paschen eğrisi 12

Grafik 4.1. Test 1 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı 44
Grafik 4.2.Test 2 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı 45
Grafik 4.3.Test 3 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı 45
Grafik 4.4.Test 4 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı 46
Grafik 4.5. Test 5 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı 46
Grafik 4.6.Test sonuçlarına göre elde edilen elektriksel özelliklerin yüzdeleri 47
Grafik 4.7.Test 1 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması 49
Grafik 4.8.Test 1 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması 50
Grafik 4.9. Test 2 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması 51
Grafik 4.10. Test 2 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması 52
Grafik 4.11. Test 3 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması 54
Grafik 4.12.Test 3 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması 54
Grafik 4.13. Test 4 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması 56
Grafik 4.14. Test 4 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması 56
Grafik 4.15. Test 5 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması 58
Grafik 4.16. Test 5 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması 58
Grafik 4.17.Tüm testlerde elde eldilen aykırı ve uç değerlerin grafiksel gösterimi 59

SİMGE VE KISALTMALAR

V	Volt
kV	Kilo Volt
Ω	Ohm
kΩ	Kilo Ohm
MΩ	Mega Ohm
GΩ	Giga Ohm
TΩ	Tera Ohm
J	Joule
mJ	Mili Joule
mm	Milimetre
cm	Santimetre
Kg	Kilogram
G	Gram
Sig.	Significance Level(Anlamlılık Düzeyi)
DC	Doğru Akım(Direct Current)
LPG	Likit Petrol Gazı
PVC	Polivinil Klorür
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
ANOVA	Analysis of Variance(Varyans Analizi)
ESD	Electrostatic Discharge(Elektrostatik Yük boşalması)

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Ülkemizde kişisel koruyucu donanım kullanımı son zamanlarda yaygınlaşmaktadır. Ayakkabı sınıfına giren kişisel koruyucu donanımlar da birden fazla koruyucu özellik içerdiklerinden(Örneğin; kaymazlık, batmaya karşı çelik taban, darbelere karşı çelik burun vb.) en çok kullanılan kişisel koruyucu donanımlar arasındadır. Bu tür ayakkabılarda bulunabilecek bir diğer özellik ise antistatiklik özelliğidir. Antistatik ayakkabılar, statik elektrik kaynaklı şok, yangın ve patlama gibi risklere karşı koruma sağlar. Antistatik ayakkabıların uygunluk testleri TS EN ISO 20344 Standardı [1] çerçevesinde, elektrik direnci tayini testi kapsamında gerçekleştirilmektedir.

Araştırmalar sonucu elde edilen verilere göre iş kazalarında yaşanan yaralanmaların %25'i ayak, bacak bölgesinde meydana gelmektedir[2].

Kullanılan antistatik ayakkabıların işyerlerinde gerçek kullanım şartları sırasında elektriksel özelliklerinin değişip değişmediği ile ilgili bir tartışma vardır. Bu tezin amacı bu tartışmayı çıkış noktası alarak, böyle bir durumun gerçekleşip gerçekleşmediğinin araştırılması olacaktır. Dolayısıyla tezin kapsamı, antistatik ayakkabıların laboratuvar şartlarında değerlendirilen elektriksel özellikleri ile işyerlerindeki gerçek kullanım şartlarında değerlendirilen elektriksel özelliklerinin bir karşılaştırması olacaktır. Bu tez kapsamında üç adım yer almaktadır.

Birinci adım ölçüm sürecini kapsamaktadır. İlgili antistatik ayakkabılara laboratuvar koşullarında ve işyerlerinde belli aralıklar ile elektrik direnci tayini testleri uygulanacaktır.

İkinci adımda istatistik programı yardımıyla yapılan test sonuçları değerlendirilecektir. Bu değerlendirme kapsamında yapılan testler istatistiksel açıdan incelenmesi neticesinde, laboratuvar koşullarındaki testlerin tutarlı olup olmadığı ve laboratuvar koşullarındaki testler ile işyerlerinde gerçekleştirilen testler arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığı gibi konular tartışılacaktır.

Araştırmanın son aşamasında bütün bu değerlendirilen bulgular ışığında antistatik ayakkabı kullanımı değerlendirilmiş ve statik elektrik kaynaklı risklerin önlenmesi konusunda alınabilecek tedbir ve uygulanabilecek iyileştirmelerin neler olabileceği tartışılmıştır

2.GENEL BİLGİLER

2.1.STATİK ELEKTRİK NEDİR?

Statik elektriğin endüstriyel alanlarda ya da belirli bir proseste yol açabileceği riskleri değerlendirebilmek için öncelikle statik elektrik olayının nasıl oluştuğunu hatırlamamız gerekmektedir.

Madde negatif yüklü elektronların pozitif yüklü atom çekirdeği etrafında döndüğü bir yapıya sahip atomlardan oluşur. Yüzey elektronları yerlerinden oynarsa pozitif ve negatif yükler arasında bir dengesizlik meydana gelir; bu da statik elektrik adını verdiğimiz olaya yol açar. Her 100 000 atomda bir elektron dengesizliği bile yüzeyde statik elektrik yükü oluşturabilir.

Statik elektrik oluşumuna yol açan malzeme yüzeyindeki bu bozulmaların birçok nedeni olabilir ancak bu nedenlerin hepsi bir hareket içerir. Bu hareket endüksiyon, iki yüzey arasındaki sürtünme ya da iki malzemenin birbirine teması akabinde birbirinden ayrılmasıyla oluşabilir. Bu durumda iki malzemeden biri pozitif diğeri negatif yüklenerek aralarında bir çekim kuvveti oluşacaktır.

Topraklanmış iletken bir malzemede bu oluşan yük çok çabuk akıp gideceğinden yük gözlenemez. Fakat malzeme yalıtkan ya da tam anlamıyla izole edilmiş bir iletken ise bu yük hemen kaçamaz. İşte biriken bu yük bir tür hareket ile de oluşmuş olsa da bu elektriğe statik elektrik adı verilir[3],[4].

Eğer yükün gerilimi yeterince yüksek ise statik elektrik yük boşalması kıvılcımlı olabilir. Bu kıvılcım yanıcı malzemelerle temas halinde ise parlamaya yol açabilir. Bunun yanında statik elektrik oluşumu tahmin edilemez bir olay olduğundan, yanlış bir yargıyla endüstride yaşanan her patlama veyangın olayı, eğer kanıtlanmış başka bir sebep bulunamadıysa statik elektriğe atfedilmektedir[5].
Statik yükün oluşmasında aşağıdaki etkenler söz konusudur;

2.1.1.Malzemelerin Cinsi

Yükün oluşması için birbirinden farklı iki malzemeye ihtiyaç vardır. Bu malzemeler temas halindeyken farklı dielektrik sabitlere sahip olmalı ve bir tanesi yalıtıcı(izolatör) malzeme olmalıdır.

2.1.2.Geniş Temas Alanı

Elektronların malzemeler arası hareketini fazlalaştırmak için iki malzeme arası temas alanı olabildiğince geniş olmalıdır

2.1.3.Malzemelerin Ayrışma Hızı

Malzemelerin birbirinden ayrışma hızları ne kadar yüksek ise o oranda bir malzemeden çıkan elektronların ayrışma sırasında kendi içinden çıktıkları ana malzemeye geri dönmeleri zorlaşır. Böylece bu elektronların diğer malzemeye sıçraması daha muhtemel hale gelecektir. Bu da yük oluşumunu kolaylaştıracaktır.

2.1.4.Malzemeler Arası Hareket

Yük oluşumu açısından zorunlu bir durum olmamakla birlikte cisimler arası hareket iki durumda yük oluşumuna pozitif katkı sağlamaktadır.

Birinci durum sürtünme ile ilgilidir. Sürtünme olayı ve bu esnada oluşan ısı atomların enerji seviyesini yükselterek elektronların bir malzemeden diğerine sıçramasını kolaylaştırır. Böylelikle yük oluşumu kolaylaşır

İkincisi malzemeler arası hareket ile temas yüzeyi ile ilgilidir. Cisimler arası hareket mikroskobik çapta düzensizlikler meydana getirerek yük oluşumu açısından daha iyi temas yüzeyine yol açarlar. Çünkü bu tür düzensizlikler elektronların akışını daha kolay hale getirir.

2.1.5.Atmosferik Durum

Atmosferdeki nem oranının artması atmosferden havaya yükün kaçmasını sağlar yani statik yük oluşumuna negatif etki yapar. Dolayısıyla atmosfer ne kadar kuru ise statik yük oluşumu o kadar kolay olmaktadır[4].

2.2.Elektrostatik Yük Boşalması Ve Tutuşma Olayı

Tutuşma olayını değerlendirirken elektrostatik yük boşalmasının tutuşturucu gücüyle yanıcı ortamın hassasiyetini göz önünde bulundurmalıyız. Geleneksel olarak yük boşalmasının tutuşma olayı onun toplam enerjisin yanıcı ortamın sığal(kapasitif) akım ile belirlenmiş minimum tutuşma enerjisi dikkate alınarak incelenir. Tutuşma mekanizmasının aslında kompleks bir yapı oluşturması bu konuda problem teşkil etmektedir. Çünkü tutuşma olayında yük boşalmasının toplam enerjisi kadar bu enerjinin zamanda ve mekanda dağılımı da işin

içine girmektedir. Yük boşalmasının dağılımı; iletkenlerde, gazlarda, akışkanlarda, yalıtkanlarda ve tozlarda büyük farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden hiçbir metod tek başına, yeterince hassasiyetle, farklı ortamlardan yayılan minimum kıvılcım tutuşma enerjisini belirlemek güçleşmektedir[8].
Elektrostatik yük boşalmasının çeşitli formlarından aşağıda söz edilmektedir;

2.2.1.Korona Yük Boşalması

Yük boşalması iletkenlerin sivri uçlardan bir iletkene ya da bir iletkenden sivri uçlu bir cisime doğru oluşur. Aradaki boşluk eş dağılımlı ve iyonize olmadığından boşalan enerji yoğunluğu dolayısıyla da yük boşalmasıın tutuşma gücü düşük olur.

2.2.2.Yıldırım Yük Boşalması

Bulutlar arasında ya da bulut ile toprak arasında oluşan bu yük boşalması türü endüstriyel ekipmanlarla alakalı olarak pek görülmez.

2.2.3.Kıvılcım Yük Boşalması

İki iletken arasında oluşan bu yük boşalması tek kanaldan yüksek enerji yoğunluğuyla oluşurlar. Bu yük boşalması türünde iletkendeki hemen hemen bütün enerji boşalır.

2.2.4.Fırça Yük Boşalması

Yük boşalması yuvarlak şekilli bir elektrotun yalıtkan bir yüzeye yeterince yakınlaşması sonucunda meydana gelir. Yük boşalması zaman ve mekana yayıldığından tüm yükün sadece bir kısmı yalıtkan nesnenin üstüne boşalır.

2.2.5.Yayılan Fırça Yük Boşalması

Yük boşalması ince bir izolasyon malzeme ile elektrot iki zıt kutup oluşturduğunda ve bu iki kutup arasındaki yük yoğunluğu çok yüksek olduğunda meydana gelir. Bu çok hızlı ve yüksek enerjili elektrik boşalmasına yol açarak yanıcı buhar ve toz içeren atmosferlerde kolaylık parlamaya yol açabilir.

2.2.6.Koni Yük Boşalması

Yük boşalması silolarda depolanmış yüksek özdirence sahip, yüksek yüklü kaba malzemelerin yüzeylerinde meydana gelir. Bu tür yük boşalmasıın gücünü malzemenin hacmi, geometrik yapısı, direnci, parçacık boyutu gibi faktörler etkiler[5],[6],[8],[9].

2.3.STATİK ELEKTRİK İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR VE BİRİMLER

2.3.1.Yük

Sarj elektrik alanı oluşturur. Yükler negatif veya pozitif işaretli olabilirler. Yükler birbirlerinin üzerine Coulomb kanunu gereğince kuvvet uygularlar. Bu kuvvet iki yük arasındaki mesafenin karesiyle ters orantılıdır. Kapalı bir sistemde enerjinin korunumu kanunu gereği hiç yoktan yük oluşturulamaz ya da önceden var olan yük kendiliğinden yok olmaz. Bir elektronda oluşabilecek en küçük yük *e* ile belirtilir ve e=1.6 x 10^{-19}C'dur. Yük Q ile gösterilir. Birimleri amper saniye(As)=Coulomb(C)'dur.

2.3.2.Voltaj(gerilim)

İki iletken nokta arasındaki potansiyel farkı gerilim olarak adlandırılır. Eğer gerilim tek bir noktaya göre tanımlanacak ise diğer noktaların potansiyeli sıfır kabul edilir. Gerilim *Ц* ile belirtilir. Birimi ise volt (V)'dur.

2.3.3.Alan Kuvveti

Elektrik alanı elektrik yükleri tarafından oluşturulur. Elektrik alanının yönü pozitif yükten negatif yük yönüne doğrudur. Elektrik alanları üstdüşüm prensibi gereği, vektöryel olarak üst üste binebilir. Malzemelerdeki herhangi bir homojen olmayan dağılım alan kuvvetinde değişikliğe yol açabilir. Alan kuvveti *E* ile ifade edilir. Birimi ise V/m'dir. Normal atmosferik koşullarda alan kuvveti en az 3MV/m olan durumlar ani gaz yük boşalmasına sebep olur.

2.3.4.Akım Şiddeti

Akım şiddeti birim zamanda malzemeyi enine kat eden yük miktarı olarak tarif edilir. Akımın yönü hareket eden pozitif yükün yönüyle aynıdır. Akım şiddeti *I* ile gösterilir. Birimi ise amper(A)'dir.

2.3.5.Direnç

Birçok malzeme için (örn.metaller) direnç Ohm kanununa uyar ve uygulanan gerilimden bağımsızdır. Fakat zayıf iletkenlerde veyalıtkanlarda direnç uygulanan gerilime bağlı olabilir. Direnç ölçerken uygun test metodu seçmek önem arz etmektedir. Direnç R ile gösterilir. Birimi ise volt/amper = ohm(Ω)'dur.

2.3.6.Hacim Direnirliği

Bir malzemenin hacim direnirliği, ölçülmüş olan direncin elektrotların alanının elektrotlar arasındaki mesafeye oranıyla çarpılmasıyla elde edilir. Hacim direnirliği $\boldsymbol{\rho}$ ile gösterilir. Birimi ise Ωm'dir. Akışkanlar için hacim iletkenliği kavramı hacim direnirliği yerine kullanılabilir ve birimi 1/Ωm ya da S/m'dir.(Buradaki S Siemens birimidir.)

2.3.7.Yüzey Direnirliği

Bir malzemenin hacim direnirliği, ölçülmüş olan direncin elektrotların uzunluğunun elektrotlar arasındaki mesafeye oranıyla çarpılmasıyla elde edilir. Bu malzeme kesitinin iki ucu arasındaki dirençtir ve kesitin büyüklüğünden bağımsızdır. Yüzey direnirliği $\boldsymbol{\sigma}$ ile gösterilir ve birimi ohm(Ω)'dur[5],[6].

2.4.STATİK ELEKTRİĞİN KAYNAKLARI

2.4.1.Hareket Halindeki Sıvılar

Sıvılardaki statik yük; sıvıların boru içerisinde akması, sıvıların birbirine karışması, sıvıların pompalanması, sıvıların çalkalanması, sıvıların filtrelenmesi, ya da bir kaptan sıvıların boşaltılması gibi işlemlerle sıvıların hareket halinde olduğu durumlarda oluşur. Hareket halindeki tüm sıvılar bağlanmış ve topraklanmış boru veya kapların içinde bile bulunsa dahi statik elektrik yükü meydana getirebilirler.

Bazı durumlarda, hidrokarbon çözücüler gibi iletken olmayan sıvılar yüksek miktarda elektrostatik yük meydana getirebilirler. Elektrostatik yük oluşumu ve birikimi, özellikle bu sıvıların bir tank veya kap içindeyken etrafa sıçrayıp buğulanması sonucu ciddi miktarlara ulaşabilir[3],[5],[7].

2.4.2.Gaz Kaynaklı Yük Boşalması

Bir ağızdan yüksek hızla püskürtülen saf haldeki gazların ortamda sıvı damlacıkları ya da katı parçacıkları var olmadığı durumlarda, parlamaya yol açacak miktarda elektrostatik yük ihtiva ettikleri çok seyrek görülür. Bununla beraber gazların sıvı damlacıkları veya katı parçacıkları içermesi ya da püskürme esnasında damlacık/parçacık oluşması durumunda tutuşmaya yol açacak miktarda elektrostatik yük oluşabilir. Ortamda yanıcı buhar bulunması durumunda bu durum yangın ve patlamalara yol açabilir.

Basınç altında silinderlerde saklanan karbondioksit gazının serbest kalması hali gazın soğumasına yol açar. Soğuma esnasında buz ile birlikte elektrostatik yüklü katı parçacıklar da oluşur.

Karbondioksit ile ilgili bu durum bir delikten kaçan sıkıştırılmış hava va ya buhar için de geçerli olabilir. Her iki durumda da delik veyakındaki bir izole iletken etrafında elektrostatik yüklü su damlacıkları oluşabilir[3],[7].

Eğer delikten kaçan gazın kendisi yanıcı ise tehlike daha büyük olabilir. Bu tür gaz ve buharlara örnek olarak likit petrol gazı(LPG),hidrojen-hava karışı ve asetilen hava karışımını verebiliriz. Aşağıda patlayıcı olabilecek bazı gaz ve buharların minimum tutuşma enerjileri gösterilmiştir:

- Aseton: 1.15 mJ
- İsopropanol 0.65 mJ
- Karbon Disülfit 0.0l mJ
- Asetilen 0.02 mJ
- Dietil Eter 0.19 mJ
- Bütan 0.25 mJ
- Etil asetat 1.42 mJ
- Propan 0.25 mJ
- Heptan 0.24 mJ
- Etilen 0.07 mJ
- Heksan 0.24 mJ
- Etilen Oksit 0.06 mJ
- Metanol 0.14 mJ
- Hidrojen 0.02 mJ

- Metil Etil Keton 0.53 mJ
- Metan 0.28 mj[7]

2.4.3.Patlayıcı Tozlar

Endüstride toz üreten prosesler (eleme, dökme, akıtma, öğütme vs.) statik yük oluşumuna yol açarlar. Genelde toz bulutlarının tutuşması gazlardan veya hava-buhar karışımlarından daha zor olsa da bu durum parçacık boyutu, ortamın nem oranı ve tozun kimyasal bileşimine bağlı olarak büyük değişkenlikler arz edebilir.

Yük ihtiva eden toz bulutları, izole edilmiş yüzeylerde kayda değer miktarda statik yük birikmesine yol açar. Statik yük boşalması kaynaklı hemen hemen bütün toz patlamalarının izi sürüldüğünde, bu patlamaların bu izole edilmiş iletken yakınlardaki topraklanmış ekipman arasında oluşan kıvılcım kaynaklı olduğu görülebilir.

Büyük boyuttaki izole edilmiş bir makine kaynaklı oluşan statik kıvılcımdaki enerji iyi ihtimalle 50mJ olabilir. Kişi kaynaklı oluşan statik kıvılcımda enerji 25 mJ'e kadar ulaşabilir[7].

Aşağıda tozların minimum tutuşma enerjileri gösterilmiştir:

- Aluminyum Tozu 10 mJ
- Ftalik l5 mJ
- Anhidrit Aspirin 16 mJ
- Zift 20 mJ
- Benzoik Asit 12 mJ
- Polikarbonat 25 mJ
- Kalsiyum Stearat 15 mJ
- Polietilen 10 mJ
- Kaprolaktam 60 mJ
- Polipropilen 30 mJ
- Seluloz 40 mJ
- Polistiren 15 mJ
- Kömür 50-120 mJ arası
- Pirinç 50 mJ
- Kakao 120 mJ

- Kauçuk 50 mJ
- Mantar Tıpa 35 mJ
- Sodyum Asetat 35 mJ
- Epoksi Reçine 9 mJ
- Stearik Asit 25 mJ
- Odunözü 20 mJ
- Şeker 30 mJ
- Linyit 30 mJ
- Kükürt 15 mJ
- Magnezyum 40 mJ
- Toryum 5 mJ
- Nitroseluloz 30 mJ
- Titanyum 15 mJ
- Naylon 20 mJ
- Urea Formaldehit Reçine 34 mJ
- Kağıt 60 mJ
- C Vitamini tozu 60 mJ
- Perspeks 15 mJ
- Buğday Unu 50 mJ
- Fenol Formaldehit 10 mJ
- Odun Talaşı 20 mJ
- P-fenilen Diamin 30 mJ
- Çinko Stearat 10 mJ
- Zirkonyum 5 mJ[7].

2.4.4.Plastikler

Yalıtkan ve metalik olmayan bir malzeme olarak plastikler endüstriyel alanda çoklu amaçlarla kullanılırlar. Örnek olarak depolarda kullanılan kaplar, paketlemede kullanılan malzemeler, borular, contalar verilebilir. Bu tür malzemeler hali hazırda elektrostatik yük oluşturabilirler ve oluşturdukları bu yük uzun süre boyunca varlığını sürdürebilir. Üretim operasyonlarında kullanılan plastik malzeme artışı elektrostatik yük oluşma oranını doğal olarak arttıracaktır. Yalıtkan plastik malzemelerin kullanımının gerektiği durumlarda oluşabilecek risk kaynakları aşağıdaki gibidir:

- Plastiğin kendi yüzeyi
- Plastiğin topraktan izole ettiği metal malzeme
- Plastik kabın içinde saklanan ürünler

Plastiklerde biriken statik yük fırça veya yayılan fırça yük boşalmasına yol açabilir. Gazlar ve buharlar ile yapılan deneyler fırça yük boşalmasının eşdeğer enerjisinin 1-4 mJ aralıkta olduğunu göstermiştir[8].

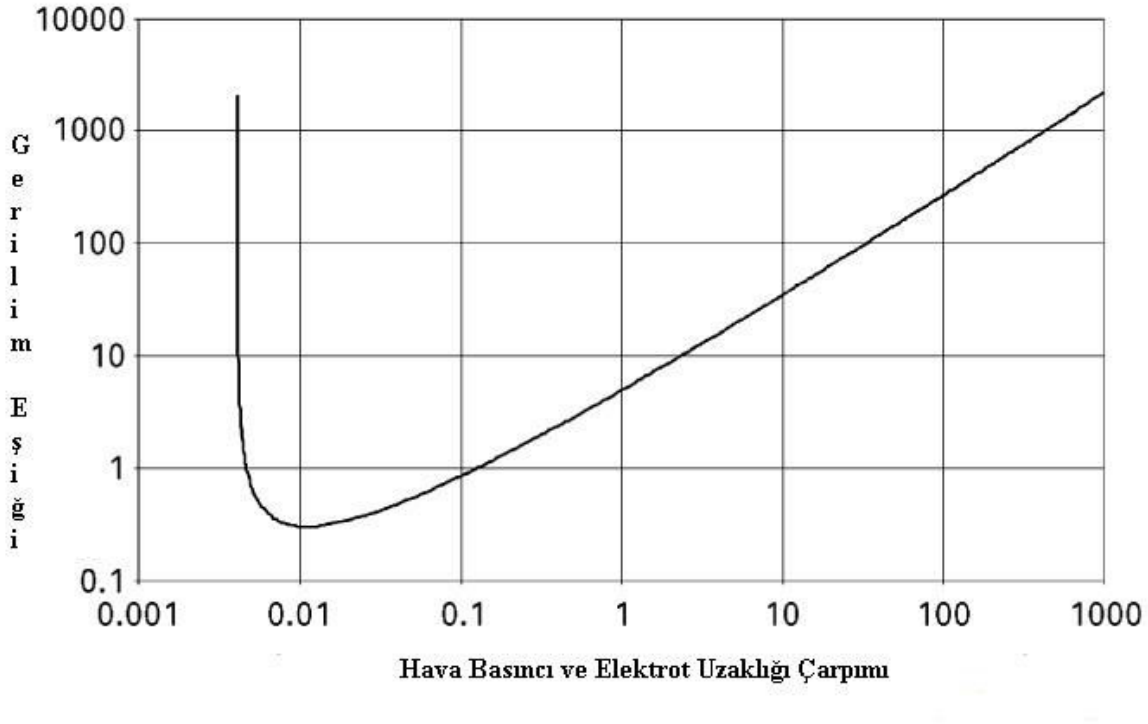
2.4.5.Patlayıcılar

Herhangi bir şekilde elektrostatik yük boşalması oluştuğunda ilk olarak ortamdaki patlayıcıları etkileyecektir. Bu da patlama riski oluşturmaktadır. Patlayıcıların bulunduğu, kullanıldığı ya da depolandığı alanlarda oluşabilecek riskleri değerlendirirken, bunların statik elektriğe olan hassasiyetleri değerlendirmek gerekmektedir[7].

2.5.STATİK ELEKTRİK VEYANGIN/PATLAMA RİSKİ

Statik elektriğin yol açabileceği en büyük riskler yangın ve patlama riskleridir. Patlama veya yangın durumunun oluşması için gerekli şartlar hakkında aşağıda bilgi verilmiştir.

Özellikle en az birinin iyi iletken olmadığı iki malzemenin birbirleri ile göreceli hareketi ve teması olduğu durumlarda statik yük oluşmaktadır. Sonrasında bu iki malzemenin en az birinin üstünde yük birikmeye başlar. Etkili ve uygun şekilde topraklanmış iletken malzemede yük birikimi engellenmiş olur. İster insan, plastik torba, izole edilmiş metal borular olsun ister öbeklenmiş toz benzeri bir malzeme bir şekilde yük birikimi olduysa, bu birikim yük boşalmasına yol açabilir. Bu yük boşalması ile etrafa yayılan enerji miktarı oluşan yükün miktarına ve malzemenin tipi, geometrisi, bulunduğu yer gibi özelliklere bağlıdır. Akılda bulundurulması gereken bir konu yükün birikmesi durumunda er ya da geç yük boşalmasıın oluşmasının muhtemel olduğudur. Bu durumun istisnası oluşan gerilimin, Paschen eğrisinde gösterildiği şekliyle, minimum gerilimden düşük olmasıdır.



Grafik 2.1. Paschen eğrisi

Bu eğride(Şekil 2.1.)[6] sol sütundaki 'Gerilim Eşiği' ifadesi kV cinsinden tutuşma için gerekli gerilim değeri eşiğini, sağ satırdaki 'Hava Basıncı ve Elektrot Uzaklığı Çarpımı' ifadesi ise bar mm cinsinden iki elektrodun uzaklığı ve hava basıncı değerlerinin çarpımıdır. Bu eğriden de görüldüğü gibi gerilimin yaklaşık 300V' dan aşağı olan gerilimlerde hiçbir durumda yük boşalması oluşmamaktadır.

Oluşan yük boşalmasının enerjisi yanıcı ortamla karşılaşır ise, bu yük boşalmasının enerjisinin yanıcı ortamın minimum tutuşma enerjisinden fazla olması durumunda yangın veya patlama meydana gelmektedir. Yayılan fırça yük boşalması dışındaki yük boşalması tipleri kendileri başına çok tehlikeli olmamakla birlikte yanıcı ortamla karşılaştıklarında ve tutuşma olayına sebep olabilecek oranda yüksek enerji ihtiva ettiklerinde gerçekten risk taşımaktadırlar.

Daha önce de bahsedildiği üzere tutuşma mekanizması karmaşık bir yapıdır ve farklı malzemelerde farklı kıstaslar tutuşma olayında etkendirler. Örneğin gazların tutuşması olayında gazların ne kadar oranda birbirileri ve hava ile karışık şekilde bulundukları dikkate alınması gereken kıstaslar iken tozlar tozlar daha karmaşık moleküler yapıya sahip oldukları, bunların parçacık şekli, parçacık büyüklüğü, içerdikleri su miktarı, tozu oluşturan malzeme veya malzemelerin cinsi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır[6],[9].

2.6.İNSAN VÜCUDUNDA STATİK ELEKTRİK OLUŞUMU VE ETKİLERİ

İnsanlar, özellikle gündüz saatlerinde değişmez bir biçimde elektrostatik yük ihtiva eden bir durumdadırlar. Bu yük oldukça küçük ve farkedilmez boyuttadır. Bir kişi direkt olarak veya iletken bir ayak giyeceği ile iletken bir yüzey sayesinde topraklamaya maruz kalırsa bedenindeki yük sıfırlanır.

Daha büyük miktardaki yük, kişinin yalıtkan malzemelerle teması ve ayrılması esnasında oluşur. Örneğin kişinin oturduğu koltuktan kalkması, giydiği elbiseyi çıkarması ve halının üstünde yürümesi statik yük oluşumunu sağlar. Bedende etraftaki elektrik alanı oluşturan yüzeylerden endüksiyon olayı ile yük oluşabilir. Bir diğer yük oluşma olasılığı ise kişinin hali hazırda yük ihtiva eden malzemeye teması sayesinde, bu malzemenin yükü iletebilme yetisi olması durumunda gerçekleşebilir. Tozlu ortamlarda çalışanlar yük ihtiva eden tozların kıyafetlerine yapışması sonucu elektrostatik yüke maruz kalabilirler.

Bedende ve kıyafette oluşan statik yükün yol açtığı problem, bu yüklerin ikisinin de ayrı ayrı statik yük boşalmasına sebep olabilmesidir. Optimum koşullar sağlandığı taktirde oluşacak bir kıvılcım, yük boşalması yanıcı bir atmosfer ile birleşirse patlama veya yangın meydana getirebilir.

Son yıllarda insan bedeninde oluşan elektrostatik yük boşalmasının hassas elektronik malzemeler üzerine oluşan etkisi tartışma konusu olmuştur. Elektronik malzemelerle temas halinde olunulduğu ve hidrojenik ya da hava ile karışık asetilenden meydana gelen çok hassas yanıcı atmosferin bulunduğu ortamlarda insan bedeninden ve kıyafetinden kaynaklanacak yük boşalmasının elektronik malzemeler üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır. Bunun yanında böyle bir yük boşalması durumunun bu tür malzemeler üzerinde gözlenebilir, bariz bir etkisi olup olmadığı ile ilgili yayımlanmış bir bilgi bulunmamaktadır.

Çeşitli yüzeyler, koltuk vb araç gereçler, giyilen kıyafetler ve diğer insanlar gibi faktörler ile temas ve ayrılma durumunda oluşabilecek bir yük boşalması türü ise kıvılcım yük boşalmasıdır. Bu tarz durumlarda özünde sıfır potansiyel ihtiva eden iletken ile kişinin parmağı doğrultusunda vücudunda oluşan potansiyel farkının kıvılcım yük boşalması oluşması izlemektedir. İnsan bedeni kaynaklı kıvılcım yük boşalmasının doğasının ve nasıl davrandığını anlamak üzere kıvılcım etkisini artırıcı metan-hava karışımı ortamda çeşitli testler yapılmıştır.

Bu testler elektrodun oluşturduğu kıvılcımın yük-zaman profili, osiloskop izlerini dikkate aldığımızda, insan vücudunda ilki tutuşmaya yetecek düzeyde olmak üzere, birden fazla bağımsız kıvılcımın oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca testler kullanılan gazın kendisinin minimum tutuşma enerjisinin gaz karışımından daha yüksek olduğunu göstermektedir.

İnsan vücudu kaynaklı kıvılcımların kaynaklık ettiği tutuşma olayı ile ilgili testler, bize tutuşma için gerekli olan vücut kaynaklı yükün vücut ile yer arasındaki sığallığa bağlı olarak düşwbileceğini ama vücudun kendi potansiyelinin hemen hemen sabit kaldığını göstermiştir.

Testlerde kullanılan insan parmağından kıvılcım geçmek suretiyle yapılan ölçümlerde metan-hava karışımının tutuşması için gerekli vücut kaynaklı kritik gerilim seviyesi 6 kV, kıvılcımın 1mm çapındaki elektrottan geçmesi durumunda ise bu değer 11 kV olmaktadır. Bir başka çalışma tutuşma kabiliyeti en yüksek metan-hava karışımlı ortamda insan parmağında oluşup 0.5 mm çapındaki çelik elektroda geçen kıvılcımın tutuşma oluşturabilmesi gereken minimum geriminin 5.5 kV olduğunu göstermiştir.

Ortamda benzin, oksijen ve tutuma kaynağının olması bu tür kıvılcımların yangına veya patlamaya sebep olmasını kolaylaştıran bir tür tehlike üçgeni oluştururlar. Görülmektedir ki insan kaynaklı kıvılcım yük boşalmaları ve bunların tutuşmaya sebep olup olamayacağı bu faktörlere ek olarak kıvılcımın parçalı olarak birden fazla oluşması, vücudun direncinin enerjiyi absorbe etmesi, vücudun sığallığı, kıvılcımın geçeceği bir elektrot kaynağının ortamda bulunması gibi faktörler de dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Tutuşma için gerekli olan şartlar ne kadar fazla ise tutuşmanın gerçekleşme şansının o kadar düşük olduğu kabul edilebilir.

İngiliz standardına göre bir kıyafetin yanıcı ortamda güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için gereklilikler ortamın minimum tutuşma enerjisinin 0.2 mJ'den büyük ya da küçük olduğu durumlara göre değişmektedir. Bu değerin 0.2mJ'den büyük olduğu durumda, uygun antistatik ayak giyeceği giyilmişse ve çalışma ortamının tabanı da anti statik özelliğe sahip ise kişi istediği malzemeden üretilmiş bir kıyafeti tercih edebilir.Bu durumda kişi ile yer arasındaki direnç 100MΩ'dan büyük olmamalıdır. Şebeke gerilimine maruz kalındığı durumlarda direnç 50kΩ'un altına düşmemelidir. Minimum tutuşma enerjisinin 0.2mJ'den küçük olduğu durumlarda kişi ile yer arasındaki direnç 1MΩ'u geçmemelidir. Bu durumda giyilen kıyafetin yüzey direnirliği 50 GΩ'u geçmemelidir. Ayrıca Bu durumda şebeke gerilimine maruziyet olsa bile diğer durumun tersine uyulması gereken bir minimum direnç limiti bulunmadığını da belirtmek gerekmektedir.

Kısacası pratik olarak özetlersek, minimum tutuşma enerjisinin 0.2mJ'dan büyük olduğu durumlarda giyilen kıyafet kaynaklı hiçbir kıvılcım yük boşalması tutuşmaya sebep olmaz. Bu durumda tutuşmaya sebep olabilecek kıvılcım yük boşalması vücut kaynaklı olacaktır. Bu durumda önlem alınırken sadece vücut kaynaklı yük boşalmasına göre düşünülmelidir. Minimum tutuşma enerjisinin 0.2 mJ'dan küçük olduğu durumlarda kıyafet kaynaklı bazı kıvılcım yük boşalması da tutuşmaya neden olabileceğinden önlem alınırken hem kıyafet kaynaklı bu yük boşalması hem de vücut kaynaklı oluşabilecek yük boşalması dikkate alınmalıdır.

Bulunulan ortamın bağıl neminin yüksek olması(%65 ya da daha yüksek bir değer) durumunda keten veya pamuk gibi doğal liflerden üretilmiş kıyafetler, yukarıda belirtilen yüzey direnirliği(50GΩ) şartını sağlayabilirler. Polester ve naylon gibi insan yapımı sentetik malmezemeden üretilen kıyafetlerde uygun antistatik ajanlar kullanılmalıdır. Fakat ne yazık ki bu ajanların etkinliği ortamın nemli olmasına bağlıdır ve dolayısıyla kuru havalarda antistatikliği sağlamak açısından pek etkin olamamaktadırlar. Son yıllarda sürekli bu tür kıyafetlerin sürekli antistatik kalmasını sağlayacak bir takım yöntemler geliştirilmiştir. Bu tür kıyafetler, içlerinde çizgi çizgi veya ağ şeklinde desenlerle örülmüş metal veya carbon içeren lifler içermektedirler.

İngiliz Standart'ında bahsedilen yukarıda bahsettiğimiz bu yüzey direnirliği değeri homojen kumaşlar için geçerlidir. Avrupa standardı da homojen kumaşlar için aynen bu değeri uygun görmek ile birlikte homojen olmayan kumaşlar için de ayrı değerler saptamaktadır. Bu tür malzemeler için yüzey direnirliği değeri maksimum 1 GΩ'dur. Ayrıca standart bu kumaşlarda ağ tipi örgü deseni kullanılırsa iplikler arası boşluğun maksimum 10mm olmasını ön görmektedir. elektrostatik davranış özelliği, iletken lif kullanımında yüzey direnirliği değeri yerine yapılacak kıvılcım yük boşalması testlerine göre belirlenmelidir.

İnsan bedeninde biriken statik yük, kişinin yeterince büyük veya topraklanmış bir iletkene teması halinde rahatsız edici bir statik şok durumuna yol açabilir. Pek çok kişi günlük hayatta bu tür şoklarla karşılaşırlar. Halının üstünde yürüdükten sonra evrak dolabına dokunduğumuzda, ışıkları açmak için açma kapama düğmesine bastığımızda, arabadan indikten sonra arabanın kapısını kapatırken hep yaşayabileceğimiz elektrik çarpması durumu ilk akla gelenlerdir. Bu tür yük boşalmaları rahatsızlık veren bir ergonomik risk faktörüdür.

Bu tür şokların yarattığı etkinin şiddeti buna maruz kişilerin elektriğe karşı olan hassasiyetlerine göre değişmektedir. Bu da bu tür bir şoktan bir kişinin etkilenme eşiğinin öznel bir durum olduğuna işaret etmektedir.

Bazı kişiler üzerinde onların bu tür şoklardan ne kadar rahatsız oldukları ve bu tür şokları vücutların ne kadarlık bir kısmı boyunca hissettikleri üzerine bir takım testler yapılmıştır. Bu testlerde bir insan parmağının en az yarısı boyunca dolaşan elektrik akımının sebep olduğu şokun insanda rahatsız edici etki uyandırdığı saptanmıştır. Ayrıca testler, kişilerin birbirinden farklı gerilimlere maruz kaldıklarında birbirlerinden farklı tepkiler verdiklerini göstermiştir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, bir kişinin iletken yüzey ile teması sonucu statik şok oluşması durumunun bu kişinin şoktan duyduğu rahatsızlıkla doğru orantılı olduğunu söyleyebiliriz. Dolayısıyla böyle bir şokun oluşma potansiyeli bu kişinin dayanıklılık eşiği ile de doğrudan bağlantılı olmaktadır[3],[5].

2.7.ENDÜSTRİYEL ALANLARDA STATİK ŞOK OLUŞUMU ÖRNEKLERİ

Aşağıda endüstriyel ortamlarda karşılaşılabilecek çeşitli nedenlerle oluşabilecek statik elektrik kaynaklı şokun olası kaynakları ve oluş şekilleri ile ilgili örnekler verilmektedir.

2.7.1.Plastik Şişe İçeren Metal Kasalar

Konveyör hattı üzerinde hareket eden metal kasalara plastik şişeler doldurularak taşınmaktadır. Bu tür işin yapıldığı işletmelerde işin gereği ortamın nemi düşük tutulmaktadır ve konveyör hattında çalışanların hijyen nedeniyle lateks eldiven giymeleri gerekmektedir. Konveyör hattının sonunda çalışanlar, kasaları el arabasına yerleştirmekte ve statik şoka maruz kalmaktadır. Bu çalışanın lateks eldiven giyme zorunluluğu yoktur. Eldiven kullandığı durumda şoka maruz kalma sayısı seyrekleşecektir fakat eğer şoka maruz kalırsa maruziyet derecesi eldivensiz olması durumuna göre daha şiddetli olacaktır.

Testler konveyör hattı ile metal kasa arasında oluşan direnç değerinin 50 TΩ civarında olduğunu göstermektedir. Kasaya yerleştirilen şişeler negatif yük taşımaktadır. Endüksiyon etkisi ile 100 adet şişenin kasada oluşturduğu gerilim 7-9 kV aralığında olmaktadır. Metal kasalardan kaynaklanan statik şoklar ölümcül değildir fakat rahatsız edici olduklarından ergonomik bir risk faktörü olarak görülebilirler. Lateks eldiven takan çalışanlar daha güçlü bir

şoka maruz kalabilmesi lateks eldivenin gerilim değeri eşiğinin metal kasada oluşan en yüksek gerilim ile uyuşmasından kaynaklanır.

Bu tür şokları önlemek için kasada oluşan yükün dağıtılması gerekmektedir. Bunun için örneğin iletken konveyor hattı kullanılması düşünülebilir. Fakat bu tür hatların maliyeti yüksek olmakla beraber bu hatlarda iletken özelliklerinden dolayı karbon siyahı kullanılması iş hijyeni açısından uygun değildir. Bu yüzden alınabilecek en iyi önlem metal kasalar yerine plastik kasalar kullanılmasıdır.

2.7.2.Polietilen(PE) Köpük Kesimi İşlemi

Polietilen köpükler şerit testere ile enine şekilde kesilerek hazırlanmaktadır. Bu testereleri kullanan çalışanlar makine çevresindeki herhangi bir metal yüzeye temas ettikleri hallerde statik şoka maruz kalabilmektedirler.

Şoka yalıtkan bir malzeme olan köpüğün kesilmesi sırasında oluşan statik yük neden olmaktadır. Statik yük yüklenmiş polietilen köpüğün yaydığı elektrik alan endüksiyon ile çalışanların satik yüklü hale gelmesine yol açmaktadır. Böylece elektrostatik şok meydana gelmektedir.

Bu tür şokları önlemek için endüksiyon ile oluşan yükün dağıtılması gerekmektedir. Bunun için makine etrafındaki tüm PVC yüzeyin iletken malzeme ile kaplanması ve makineye yaklaşabilecek herkese iletken ayakkabı giydirmek suretiyle bir çözüm üretilebilir. Fakat bu çözüm pratik değildir çünkü çok masraflıdır. Zaten amaç illaki tüm oluşan yükü yok etmek değil bu yükü tehlikeli olmayan boyuta indirmektir. Bunun için önerebilecek iyi bir çözüm pasif nötürleyicilerin kullanılmasıdır.

2.7.3.Karbon dioksitli yangın söndürücüler

Elektroliz işleminin yapıldığı çalışma ortamlarında bazen küçük boyutlu yangınlar meydana gelmektedir. Bu yangınlara karbon dioksitli yangın söndürücülerle müdahele edilmektedir. Yangın söndürücüyü kullanan kişiler etraftaki herhangi bir metal yüzeye temas etmeleri halinde statik şoka maruz kalmaktadırlar. Burada oluşan yükün kaynağı karbon dioksit içeren yangın söndürücünün püskürmesi sonucunda karbon dioksitin soğuması yüzünden oluşan kar tanesi benzeri katı parçacıklarıdır. Bu yüzden, yangın söndürücüyü kullanan kişiler elektriği izole edici giysiler de giyseler bulundukları ortamın tabanı izole edici malzeme ile de

kaplanmış olsa, şok kaynağı yangın söndürücünün kendisi olduğundan kişi şoka maruz kalabilir.

Bu türü şoku engellemek için topraklama gibi bir çözüm düşünülebilir. Fakat elektroliz işleminde şebeke gerilimi kullanıldığından bu çözümün uygulanması tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Bunun yerine yangın söndürücünün ağızlık kısımlarında metal yerine plastik kullanılabilir. Yapılan testler iki saniye boyunca metal ağızlıklı yangın söndürücüden karbon dioksit püskürtülmesi esnasında 25kV'luk kadar bir gerilimin oluştuğunu göstermektedir. Plastik ağızlık kullanıldığında iki saniye içerisinde oluşan gerilim en fazla 3 kV ölçülmüştür. 20 saniye sonunda yangın söndürücüdeki tüm karbon dioksit boşalmakta ve bu durumda bile oluşan gerilim en fazla 10kV olmaktadır.

2.7.4.Polipropilen(PP) Genleşme Boruları

Polipropilen genleşme boruları basınçlı sıvı ihtiva etmektedir. Çalışan bu basıncı azaltmak için borunun sübabını gevşetmektedir. Çalışan teçhizatın metal kısmını bir eli ile tutarken diğer elinin borunun yüzeyine temas etmesi durumunda statik şoka maruz kalacaktır. Bu şok platform üstünde çalışanların platformdan düşmesine yol açarak daha büyük bir iş kazasına sebebiyet verebilir.

Bu alanda yapılan kapsamlı testler bu tür şoklara metal ile polipropilen boru arasında oluşan yayılan fırça yük boşalmasının neden olduğunu göstermektedir. Testler de bu yük boşalmasının boru yüzeyinde 1 metre uzunluğunda dallara ayrılarak yayıldığı ve ardında krater şeklinde izler bıraktığı gözlenmiştir. Bu yükün oluşmasının nedeni borunun subabı gevşetilip içindeki sıvının akması sağlandıktan sonra borunun içinde kalan su aerosollerinin damlacık biçiminde birikmesi ve biriken bu damlacıkların yalıtkan yüzeyde tortu bırakması sonucu elektrostatik yük meydana getirmesidir.

Bu tür şokları engellemek için polipropilen boruların paslanmaz çelik borularla değiştirilmesi iyi bir seçenek olarak gözükmektedir.

2.7.5.Motorlu Taşıtlar

Endüstri alanında nakliyat ve depolama işlerinde motorlu taşıtlar kullanılmalıdır. Motorlu taşıtlar sık sık aracı kullanan kişiye rahatsızlık verebilecek statik şokların oluşmasına sebep olabilirler. Bu tür şoklardan müzdarip çoğu kişi, arabadan indikten sonra arabaya veya garaj

kapısına temas ettikleri durumlarda şoka maruz kalmalarından şikayet etmektedirler. Fakat bazı kişiler bu tür şoklara maruz kalmamaktadırlar. Bu kişilerin alışkanlıkları analiz edildiğinde daha eski araçlar kullandıkları ve deri tabanlı ayakkabıları tercih ettikleri görülmüştür.

Yapılan araştırmalar eski model araçları kullanan kişilerin giydikleri ayakkabının cinsi ne olursa olsun bir problem yaşamadığını göstermektedir. Fakat yeni model araç kullanıcıları eğer tabanı örneğin kauçuk gibi yalıtkanlık özelliği iyi olan malzemelerden imal edilen bir ayakkabı tabanı kullanıyorlar ise bu tür şoklara maruz kalabilmektedirler.

Bu tür şokların nasıl oluştuğunu anlamak için bir takım testler yapılmıştır. Bu testlere göre kauçuk tabanlı ayakkabı kullanan kişilerin yeni model bir arabadan dışarı adım atar atmaz meydana gelen gerilim değeri 12kV'a kadar çıkabilmektedir. Fakat kullanılan ayakkabı deri tabanlı olduğunda kayda değer bir gerilim değeri saptanmamaktadır. Deri tabanların elektrik dağıtıcı özelliği bilinmektedir. Eski model araç kullananlar üstünde yapılan ölçümlerde de kayda değer bir gerilim değeri saptanmamıştır.

Eski model araçları incelediğimizde aracın çoğu metal parçasının (kapı kolu, pencere açma kolu, ön pano vb.) aracın gövdesi ile elektrik teması sağladığı görülmektedir. Oysa ki modern arabalarda bu parçalar genelde plastik yalıtkan malzemeden yapılmıştır.

Bu tür şokların yol açan yükler kişinin arabanın koltuğundan kalkması sırasında koltuk kaplaması ile kişinin kıyafeti arasındaki yük ayrılması durumunda her iki kısımda da yük oluşmasına dayanmaktadır. Bu durumda kıyafette oluşan yük insan vücuduna aktarılır. Aynı prensiple araç koltuğunda oluşan yük araç gövdesine aktarılır. Eğer kişi arabanın kapı koluna dokunduğunda kişi ile arabanın gövdesinde elektriksel bir bağ oluşursa, kişi ve aracın gövdesindeki zıt kutuplu olduğundan elektrik akışı sağlanacak ve dolayısıyla statik yük birikmesi oluşmayacaktır. Fakat kişi yalıtkan tabanlı ayakkabı giyiyorsa ya da aracın kapı kolu plastik gibi yalıtkan bir malzemeden yapılmış ise yük nötürleşmez ve birikir. Kişi araçtan ayrıldıktan sonra aracın herhangi metal bir bölümüne temas ettiğinde kıvılcım yük boşalmasını oluşur ve bu da şoka neden olur.

Bu tarz şokların önlenmesi noktasında iletken kapı kolları kullanılması ve aracın gövdesine bağlı parçalarında iletken malzemeden üretilmesi bir çare olabilir[10].

2.8.KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR

Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmeliğin 4'üncü maddesinde tanımlandığı üzere kişisel koruyucu donanım:

"1**.** Çalışanı, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla riske karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen, takılan veya tutulan, bu amaca uygun olarak tasarımı yapılmış tüm alet, araç, gereç ve cihazları,

2**.** Kişiyi bir veya birden fazla riske karşı korumak amacıyla üretici tarafından bir bütün haline getirilmiş cihaz, alet veya malzemeden oluşmuş donanımı,

3**.** Belirli bir faaliyette bulunmak için korunma amacı olmaksızın taşınan veya giyilen donanımla birlikte kullanılan, ayrılabilir veya ayrılamaz nitelikteki koruyucu cihaz, alet veya malzemeyi,

4**.** Kişisel koruyucu donanımın rahat ve işlevsel bir şekilde çalışması için gerekli olan ve sadece bu tür donanımlarla kullanılan değiştirilebilir parçalarını, ifade eder" şeklinde tanımlanmıştır. [12]

İş hastalıklarını ve iş kazalarını önlemede en son ve bazen de tek pratik yöntem kişisel koruyucu donanım kullanmaktır. Kişisel koruyucu donanımlar çok çeşitlidir. Solunum koruyucu maskeler, baretler, gözlükler, ayakkabılar, eldivenler, kıyafetler, kulaklıklar, yüksekten düşmeye karşı koruyucu kemerler gibi KKD örnekleri verilebilir. KKD kullanımı riski kaynağını zayıflatmaz ya da yok etmez. KKD kullanımı gerekli mühendislik yöntemlerin (riski kaynağında yok etme, risk kaynağını izole etme, riski kaynağını daha güvenli olan ile yer değiştirme gibi) yerine geçmez. Bu yüzden son çare olarak düşünülmelidir. Ortamdaki riskler değerlendirip gerekli mühendislik önlemler alındıktan sonra KKD'ler uygun bir biçimde seçilmeli ve kullanılmalıdır. Çünkü bu sefer uygun bir biçimde seçilmeyen ya da kullanılmayan KKD'lerin kendileri risk faktörü olabilirler[10],[11].

Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmeliğin 5'inci maddesinde KKD'ler ilgili "Kişisel koruyucu donanım, risklerin, toplu korunmayı sağlayacak teknik önlemlerle veya iş organizasyonu ve çalışma yöntemleriyle önlenemediği, tam olarak sınırlandırılamadığı durumlarda kullanılır. Kişisel koruyucu donanım, iş kazası ya da meslek hastalığının önlenmesi, çalışanların sağlık ve güvenlik risklerinden korunması, sağlık ve

güvenlik koşullarının iyileştirilmesi amacıyla kullanılır. İşveren, toplu korunma tedbirlerine, kişisel korunma tedbirlerine göre öncelik verir" ifadesi bulunmaktadır[12].

Aynı yönetmelik Kişisel koruyucu donanım konusunda işverene bazı sorumluluklar yüklemektedir. Yönetmelik bu sorumlukları " Kişisel koruyucu donanımlar, işveren tarafından ücretsiz verilir, imalatçı tarafından sağlanacak kullanım kılavuzuna uygun olarak bakım, onarım ve periyodik kontrolleri yapılır, ihtiyaç duyulan parçaları değiştirilir, hijyenik şartlarda muhafaza edilir ve kullanıma hazır bulundurulur" "işveren, kişisel koruyucu donanımları hangi risklere karşı kullanacağı konusunda çalışanı bilgilendirir" ve "işveren, kişisel koruyucu donanımların kullanımı konusunda uygulamalı olarak eğitim verilmesini sağlar" ifadeleri ile açıklamaktadır[12].

2.8.1.Kişisel Koruyucu Donanımların Seçimi

Kişisel koruyucu donanım seçiminde bir takım kıstaslar dikkate alınmalıdır. Bu kıstaslar altı farklı maddede toplanabilir. Bu kıstaslar aşağıda değerlendirilmiştir[10].

1**.**Kişisel koruyucu donanım seçimi yapılmadan önce işyerindeki risklerin ne olduğu açık ve net bir şekilde değerlendirilmelir. Riskin kaynağı, kimlere ve ne şekilde zarar verebileceği açıklığa kavuşturulmalıdır. Bu değerlendirmenin neticesinde o riskin önlenmesine uygun KKD seçimi yapılmalıdır. Örneğin toz maskesi seçerken ortamdaki tozların parçacık boyutları ölçülmeli ve buna göre uygun toz maskesi seçilmelidir.

Bu husus, Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmeliğin 6'ıncı maddesinde " İşyerinde var olan koşullara uygun olur." ifadesi ile belirtilmiştir[12].

2**.**Seçimi yapılacak kişisel koruyucu donanım Kişiyi yeterli düzeyde korumalıdır. Yetersiz koruma sağlayan KKD'ler seçilmemelidir. Aynı kural tam tersi için de geçerlidir. Yeterli düzeyin ötesinde aşırı koruma sağlayan KKD'lerden de kaçınılmalıdır. Çünkü aşırı korumada başka risk faktörleri doğurmaktadır. Örneğin kimyasala karşı deri maruziyeti riskine karşı tam yüz maskesi kullanılması gerekirken sadece insan gözünü etkileyebilecek bir riske karşı tam yüz maskesi kullanılması kullanana açısında fazladan ergonomik risk oluşturacaktır.

Bu husus Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmeliğin 6'ıncı maddesinde " Kendisi ek risk oluşturmadan ilgili riski önlemeye uygun olur" ifadesi ile belirtilmiştir[12].

3.Seçilecek kişisel koruyucu donanımın çalışanın yaptığı işe mani olmamasına ya da yaptığı işte kendisine fazladan zorluk çıkarmamasına dikkat edilmelidir. Örneğin kişinin kullandığı koruyucu eldiven kişinin el çevikliğini negatif yönde etkilememelidir.

Bu husus Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmeliğin 6'ıncı maddesinde "Kullananın ergonomik gereksinimlerine ve sağlık durumuna uygun olur." ve "Gerekli ayarlamalar yapıldığında kullanana tam uyar" ifadeleri ile belirtilmiştir[12].

4**.**Seçilecek kişisel koruyucu donanımın standartlara uygun üretilmesi ve üzerlerinde uygun işaretlemelerin bulunmasına dikkat edilmelidir. Bu husus Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmelik madde 6'da " Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği kapsamına giren ürünlerde uygun şekilde CE işareti ve Türkçe kullanım kılavuzu bulundurur." İfadesi ile belirtilmiştir[12].

5**.**Seçilecek kişisel koruyucu donanımın kaliteli olmasına dikkat edilmelidir. Örneğin ikisi de standartlara uygun üretilen iki marka KKD'den birisi diğerinden daha kaliteli olabilir. Seçim yaparken her zaman kaliteli ürün tercih edilmelidir. Kaliteli ürünler kullanımı daha ergonomik, bakımı daha kolay ve kullanım ömrü daha uzun ürünlerdir.

6**.**Seçilecek kişisel koruyucu donanımın maliyeti de önemli bir kıstastır. Daha kaliteli ürünlerin normalde daha pahalı oldukları unutulmamalıdır. Kişisel koruyucu donanım seçiminde bu donanımın ne kadar sıklıkta ve ne kadar süreyle kullanılması gerektiği belirlenmelidir. Eğer KKD kullanımı dışındaki diğer koruyucu önlemler yeterliyse ve KKD'ye kısa süreliğine ihtiyaç duyuluyorsa daha ucuz maliyetli KKD seçilebilir. Eğer KKD kullanımı öncelikli önlem olmuşsa ve sürekli kullanılması gerekliyse maliyeti yüksek bile olsa dahi kaliteli ürün tercih edilmelidir.

Bu altı madde dışında seçilecek kişisel KKD'lerin özelliklerinin bazı faktörlere dayalı olduğundan bahsedilebilir. Bu faktörler şöyle özetlenmektedir:

- KKD'nin bedeni, rengi, ergonomik özellikleri, karanlıkta görünürlüğü, kullanım kolaylığı gibi tasarımına bağlı olarak değişen özellikleri
- KKD'nin zararlı kimyasal etkilere karşı sağladığı dayanıklılığı
- KKD'nin yırtılma, aşınma, baskı, ezilme, delinme, kesilme, titreşim, alev, sıcak, soğuk, statik elektrik, gürültü, UV gibi fiziksel faktörlere karşı dayanıklılığı
- KKD'nin tedarikçilerle alakalı özellikleri
- KKD'nin kanıtlanmış etkinliği, ürün ile ilgili profesyonel bir sertifikasyon sürecinin olup olmadığı, ürün ile ilgili müşteri şikayetlerinin kaydı ve bunların değerlendirilmesi, ürünün son teknoloji olup olmadığı, daha önce ürünün hatalarının değerlendirilmesi ve dökümantasyonu, ürünün servis ömrü gibi diğer faktörler de dikkate alınmalıdır[13].

2.8.2.Koruyucu Ayakkabılar

İlgili standartlar, TS EN ISO 20345, TS EN ISO 20346, TS EN ISO 20347 ayakkabılarla ilgili ortak bir tanım yapılmaktadır. Bu standartlarda ayakkabılar, "Giyen kişiyi, kaza anında ortaya çıkabilecek yaralanmalardan koruyacak koruyucu özellikleri olan ayak giyeceği" şeklinde tanımlanmıştır[14],[15],[16].

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı bünyesinde bulunan Kişisel Koruyucu Donanım Laboratuvarı'nda bu tezin yazım aşaması itibariyle toplam 34 kişisel koruyucu donanım uygunluk testi yer almaktadır. Bu testlerden 9 tanesi ayakkabı testleri olup aynı zamanda, akredite testlerden olan elektrik direnci tayini testi de bunlardan biridir.

İlgili standartlarda tanımlanmış 3 tip ayakkabı vardır. Bunlar;

2.8.2.1.Emniyet ayakkabıları

Bu ayakkabı tipi TS EN ISO 20345 standardında tanımlanmıştır. Bu tip ayakkabılar çelik burunludurlar. Bu çelik burun 200J'luk enerji(1m/20kg'lık) düşme kuvvetine dayanacak şekilde üretilmiştir. Bu tip ayakkabılar mekanik dayanım özellikleri, kayma direnci özelliği, ısıl dayanım özellikleri, elektriksel özellikler ve ergonomik özellikler içerir[14].

2.8.2.2.Güvenlik ayakkabıları

Bu ayakkabı tipi TS EN ISO 20346 standardında tanımlanmıştır. Bu tip ayakkabılar çelik burunludurlar. Bu çelik burun 100J'luk enerji(1m/10kg'lık) düşme kuvvetine dayanacak

şekilde üretilmiştir. Bu tip ayakkabılar mekanik dayanım özellikleri, kayma direnci özelliği, ısıl dayanım özellikleri, elektriksel özellikler ve ergonomik özellikler içerir[15].

2.8.2.3.İş ayakkabıları

Bu ayakkabı tipi TS EN ISO 20347 standardında tanımlanmıştır. Bu tip ayakkabılar çelik burun içermezler. Bu tip ayakkabılar mekanik dayanım özellikleri hariç, emninet ayakkabıları ve güvenlik ayakkabıların diğer koruyucu özelliklerine sahip olabilirler[16].

Ayrıca Elektrik yalıtımlı(yalıtkan) ayak giyecekleri ile ilgili TS EN 50321 standardı bulunmaktadır. İtfaiyeci ayakkabıları için ise TS EN 15090 standardı kullanılmaktadır. Kimyasala karşı koruyucu ayakkabılar için TS EN 13832**,** elektrikli testereyle kesmeye dirençli güvenlik ayakkabıları için TS EN ISO 17249 standartları mevcuttur[17].

Aşağıda koruyucu ayakkabıların genel özelliklerini tanımlayan kısaltmalar verilmiştir;

- Nüfuziyet Direnci: P
- İletken Ayak Giyecekleri: C
- Antistatik Ayak Giyecekleri: A
- Komple Tabanın Sıcağa Karşı Yalıtımı: HI
- Komple Tabanın Soğuğa Karşı Yalıtımı: CI
- Ayak Topuğunun Yere Basma Bölgesinin Enerji Absorpsiyonu: E
- Su Direnci: WR
- Bilek Koruması: AN
- Kesilme Direnci: CR
- Su Nüfuziyeti ve Absorpsiyonu: WRU
- Sıcak Temas Direnci: HRO
- Fuel Oil Direnci: FO
- Seramik Zemine Karşı Kayma Direnci: SRA
- Çelik Zemine Karşı Kayma Direnci: SRB
- SRA+SRB: SRC [17]

Aşağıda emniyet ayakkabılarına özel tanımlayıcı kısaltmalar verilmiştir;

- Tamamı kauçuk veya tamamı polimer esaslı olanlar hariç, deri veya diğer malzemelerden yapılmış ayak giyeceği: Sınıfı I

- Tamamı kauçuk (örneğin, tamamen vulkanize edilmiş) veya tamamı polimer esaslı(örneğin, tamamen kalıplanmış) ayak giyeceği: Sınıf II
- Temel özellikler(Sınıf I veya II): SB
- Sınıf I, Kapatılmış ayak topuğunun ökçeye basma bölgesi, antistatik özellikler, ayak topuğunun ökçeye basma bölgesinin enerji soğurumu, akaryakıta karşı direnç özellikleri: S1
- S1 + Su nüfuziyeti ve su soğurumu: S2
- S2 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: S3
- Sınıf II, Kapatılmış ayak topuğunun ökçeye basma bölgesi, antistatik özellikler, ayak topuğunun ökçeye basma bölgesinin enerji soğurumu, akaryakıta karşı direnç: S4
- S4 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: S5 [17]

Aşağıda güvenlik ayakkabılarına özel tanımlayıcı kısaltmalar verilmiştir;

- Tamamı kauçuk veya tamamı polimer esaslı ayak giyecekleri hariç, deri ve diğer malzemeden yapılmış ayak giyeceği: Sınıf I
- Tamamı kauçuk (örneğin, tamamen vulkanize edilmiş) veya tamamı polimer esaslı (örneğin, tamamen kalıplanmış) ayak giyeceği: Sınıf II
- Temel özellikler(Sınıf I veya II): PB
- Sınıf I, Topuğun yere basma bölgesinin kapalı olması, antistatik özellikler, topuğun yere basma bölgesinin enerji soğurumu, akaryakıta karşı direnç: P1
- P1 + :Su nüfuziyeti ve soğurumu: P2
- S2 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: S3
- Sınıf II, , Topuğun yere basma bölgesinin kapalı olması, antistatik özellikler, topuğun yere basma bölgesinin enerji soğurumu, akaryakıta karşı direnç: P4
- P4 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: P5 [17]

Aşağıda iş ayakkabılarına özel tanımlayıcı kısaltmalar verilmiştir;

- Tamamı kauçuk veya tamamı polimer esaslı ayak giyecekleri hariç, deri ve diğer malzemeden yapılmış ayak giyeceği: Sınıf I
- Tamamı kauçuk (örneğin, tamamen vulkanize edilmiş) veya tamamı polimer esaslı (örneğin, tamamen kalıplanmış) ayak giyeceği: Sınıf II
- Temel özellikler(Sınıf I veya II): OB
- Sınıf I, kapatılmış ayak topuğunun ökçeye basma bölgesi, antistatik özellikler, ayak topuğunun ökçeye basma bölgesinin enerji absorpsiyonu: O1
- O1 + Su nüfuziyeti ve su absorpsiyonu: O2
- O2 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: O3

- Sınıf II, kapatılmış ayak topuğunun ökçeye basma bölgesi, antistatik özellikler, ayak topuğunun ökçeye basma bölgesinin enerji absorpsiyonu: O4
- O4 + Nüfuziyet direnci + Dişli dış taban: O5 [17]

2.8.3.Ayakkabıların Elektriksel Özellikleri

2.8.3.1.Antistatik ayakkabıları

ISO 20344:2011 standardına göre ölçüldüğünde, şartlandırma sonrasında; kuru veyaş ortam şartlarında elektriksel direnç 100 kΩ 'dan fazla ve 1000 MΩ'a eşit veya bundan daha az olmalıdır. Ayrıca antistatik ayakkabıların bir türü olarak ESD(Elektrostatik Yük boşalması) adı verilen ayakkabılar mevcuttur. Bu ayakkabılar diğer antistatik ayakkabılar ile aynı şartlarda ölçüldüklerinde dirençlerinin 100 kΩ 'dan fazla ve 10 MΩ'a eşit veya bundan daha az olduğu taahhüt edilmektedir.

2.8.3.2.Elektrik Yalıtımlı Ayakkabıları

Dirençlerin 1000 MΩ'dan fazla olan ayakkabılar yalıtkan kabul edilmektedir. Elektrik yalıtımlı ayak giyecekleri EN 50321'in özelliklerini karşılamalıdır

2.8.3.3.İletken Ayakkabıları

ISO 20344:2011 standardı'na göre ölçüldüğünde, kuru ortam şartlarında şartlandırıldıktan sonra elektriksel direnç 0 ila 100 kΩ arasında olmalıdır(100 kΩ dahildir)[14],[15],[16].

3.GEREÇ VE YÖNTEMLER

3.1.ARAŞTIRMANIN AMACI

Bir kişisel koruyucu donanım olarak antistatik ayakkabılar statik elektriğin yol açabileceği risklere karşı yoğun biçimde kullanılmaktadır. Antistatik ayakkabılar üretildikten sonra laboratuvar şartlarında test edildikten sonra piyasaya sürülmektedir. Laboratuvar şartlarında başarılı olan bu ayak giyecekleri çalışanlar tarafından belli süreler boyunca kullanılmaları durumunda hala laboratuvar şartlarında elde edilen değerlerini koruyup koruyamayacağı merak edilmektedir. Dolayısıyla araştırmanın amacı, antistatik ayakkabılar laboratuvar şartlarındaki durumu ile gerçek kulanım şartlarının karşılaştırılmasıdır.

3.2.ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Öncelikle araştırmanın konusu ile ilgili genel bilgiler için bilimsel veritabanları taranmış ve literatür çalışması yapılmıştır.

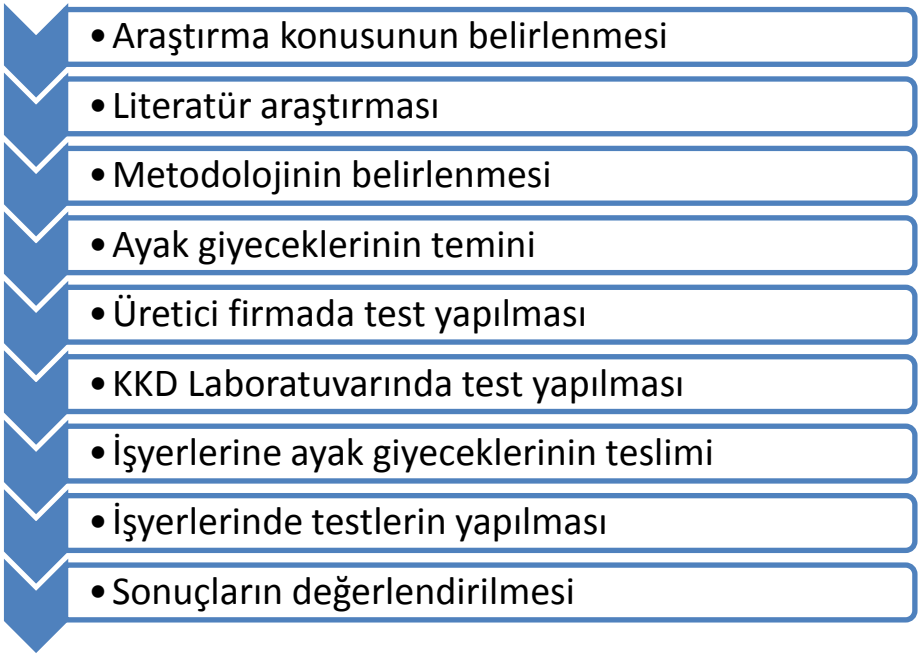
Sonrasında üretici firmadan çalışanların kullanma oranı dikkate alınarak 2 çift 40 numara,3 çift 41 numara, 6 çift 42 numara, 4 çift 43 numara ve 2 çift 47 numara olmak üzere toplam 17 çift, 34 adet numune antistatik ayakkabı temin edilmiştir. İSGÜM KKD Laboratuvar'ının akreditasyon sürecinde dökümantasyon ve diğer akredite laboratuvar ile yapılan karşılaştırma testlerinde 15 çift ayakkabı kullanılmıştır. Ayrıca istatistik Programı ile ANOVA testinin sağlıklı yapılabilmesi için en az 30 numune gereklidir(Genel Sınır Teoremi)[18],[19]. Bundan dolayı en az 15 çift ayakkabı ölçülmesinin araştırma kapsamında sağlıklı sonuç verebileceği düşünüldüğünden 17 çift ayakkabı seçilmiştir.

Bir sonraki aşamada bu 17 çift ayakkabının üretici firmada test edilmiştir. İSGÜM Laboratuvarında üreticide önceden test edilen bu ayakkabı çiftlerinden sağ tekler 20 C^0 sıcaklık %30 nem(kuru şart), sol tekler ise 20 C^0 sıcaklık %85 nem(ıslak şart) koşullarında 7 gün boyunca şartlandırılmıştır. Şartlandırılan bu ayak giyeceklerine her biri 5 dakika içerisinde tamamlanmak koşuluyla testler gerçekleştirilmiştir[1]. Bu testler sonucu 41.1 kodlu ayakkabı çifti antistatiklik için gerekli şartı sağlamadığından elenmiştir.

Kalan 16 çift ayakkabı hepsi farklı sektörlerde faaliyet gösteren ve normalde de çalışanlarının antistatik ayakkabı kullandığı 5 farklı firmaya ulaştırılmıştır. Bu araştırma için seçilen işyerleri gönüllülük esaslı seçilmiştir. Dolayısıyla araştırma tüm sektörleri temsil

etmemektedir. Dağıtım gününden iki hafta sonra işyerlerinde antistatik ayakkabı testi uygulanmış ve her ayda bir toplamda 3 kez bütün ayakkabılar için testler tekrarlanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar istatistik programı ile değerlendirilmiştir.

Araştımanın kapsamı ve basamakları aşağıda gösterilmiştir;



3.3.TESTİN YAPILMASI

Antistatik ayakkabılar için elektrik direnci testi TS EN ISO 20344 standardına göre yapılmaktadır[1]. Testte bullanılan 4 adet aparat vardır. Bunlardan birinci kalibre edilmiş elektrik direnci ölçer test cihazıdır. Diğeri test sırasında ayakkabıların üstünde durduğu bakır plakadır. Üçüncü aparat test edilecek ayakkabının içine doldurulan her biri 5mm çapında toplam ağırlığı 4 kg olan çelik bilyelerdir. Dördüncü aparat ise elektrik direnç ölçer cihazın probunun ucuna takılan ve ölçüm esnasında ayakkabının içine daldırılan bakır dikdörtgen çubuktur.

Teste başlamadan önce üç tür kalite kontrol çalışması yapılmaktadır. Bunlardan birincisi elektrik direnci ölçer cihazın kendisi ile ilgilidir. Standart gereği elektrik direnci ölçer cihazı ölçüm sırasında ayakkabıya sürekli olarak 100 V DC(doğru akım) uygulamalıdır. Burada standardın izin verdiği tolerans ± 2 V'dur. Cihazın gerçekten 100 V verip vermediği her ölçüm öncesi laboratuvarda multimetre cihazı kullanılarak kontrol edilmektedir(Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.).

Resim 3.1.Multimetre ile gerilim kontrolü

Resim 3.2.Cihazın ve multimetrenin gerilim göstergelerinin karşılaştırılması

Bir diğer kalite kontrol yöntemi ise ayakkabının içine doldurulan olan bilyelerin ağırlıklarının tartılmasıdır. Bu bilyeler ± 100 g toleransla 4 kg ağırlığında olmalıdır.Bu ağırlığın ölçümü her ölçüm öncesi laboratuvarda yapılmaktadır.Test için hassas terazi kullanılmaktadır.Öncelikle hassas terazinin ne kadar doğru ölçüm yapabildiğinin doğrulanması yapılmaktadır.Bunun için 2 adet 2'şer kiloluk kalibre referans ağırlık kullanılmaktadır(Şekil 3.4.).

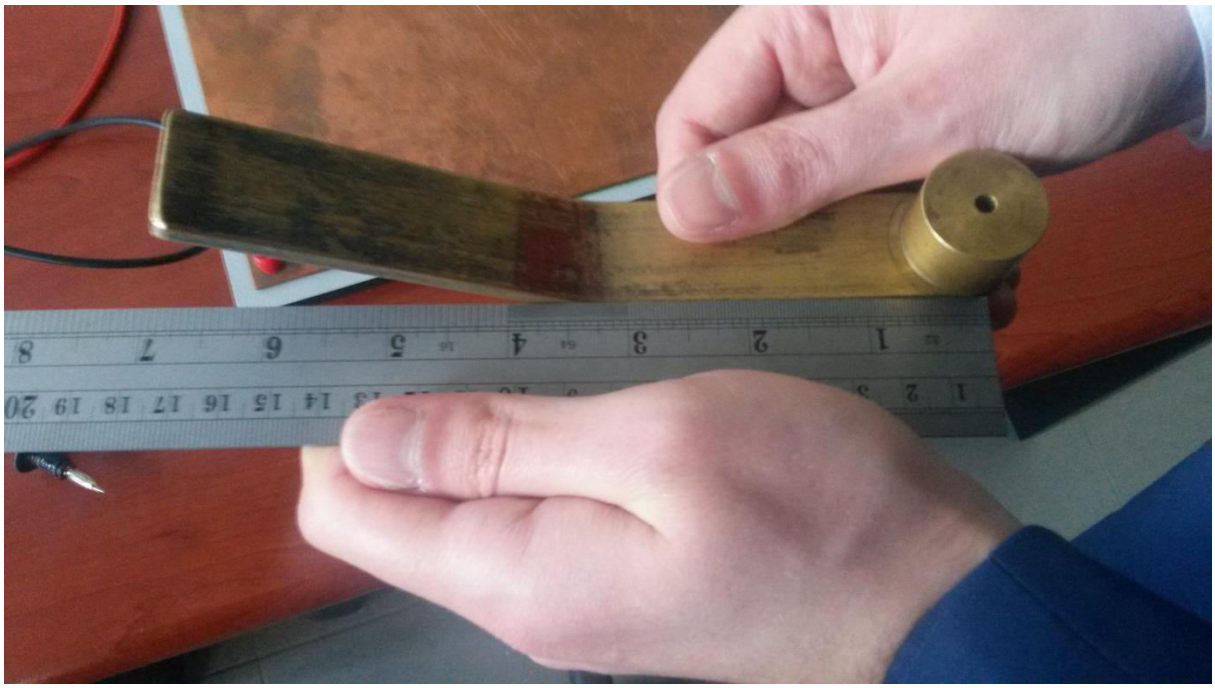
Resim 3.3.Hassas terazinin doğrulanması

Sonraki aşama ağırlıkların tartılmasıdır.Burada darasının ağırlığı(217 g) bilinen bilyeler kabıyla birlikte tartılır(Şekil 3.5.).

Resim 3 .4.Bilyelerin tartılması

Üçüncü kalite kontrol yöntemi ise testte kullanılan, iç elektrot adı verilen bakır ucun yüzey alanının doğrulanması. Akrediteasyon standardı gereği bu yüzey alanının en az 2 cm^2 olması gerekmektedir. Bu doğrulamada kalibre çelik cetvel ile bakır elektrotun enine ve boyuna

uzunluklarının ölçülüp birbiriyle çarpılması ile yüzey alanı hesaplanır(Şekil 3.6.).



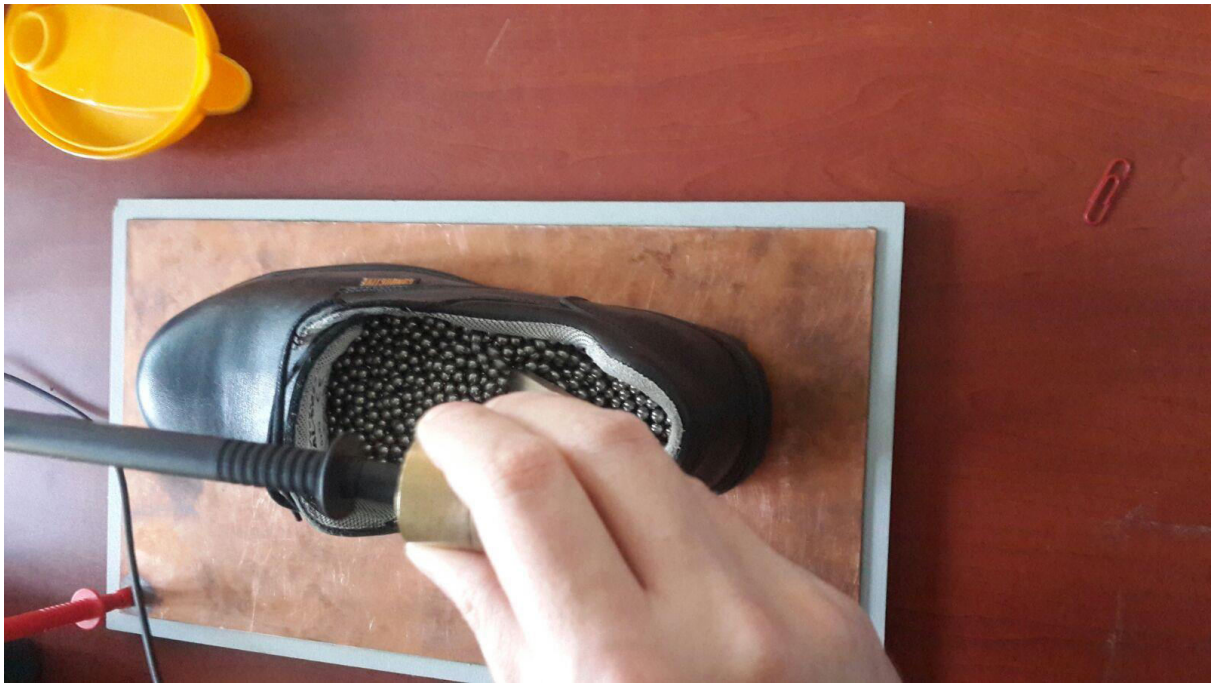
Resim 3.5.İç elektrotun kalite kontrol ölçümü

Bu aşamadan sonra laboratuvarda yapılan test için 7 gün süreyle şartlandırma yapılmaktadır. Standart gereği antistatik ayakkabılar için iki tür şartlandırma vardır. Bunlar yaş ve kuru şartlardırmalardır. Test personeli ayakkabıların istediği tekine kuru, istediği teki yaş şartlandırma uygulayabilir. Kuru şart 20 C^0 sıcaklık %30 nem, ıslak şart ise 20 C^0 sıcaklık %85 nem koşullarını içermektedir. Standarta göre sıcaklık toleransı ± 2 C^0, nemin toleransı ise ± %5 ‘dir. Şartlandırmalar kalibre edilmiş şartlandırma kabinlerinde yapılmakta ve tolerans aralığı içerisinde gerekli sıcaklık ve nem koşullarını sağlanmaktadır(Şekil 3.7.). Sıcaklık ve nem koşullarının sağlanıp sağlanmadığı sıcaklık-nem ölçer cihazıyla kontrol edilebilmektedir(Şekil 3.8.).

Resim 3.6.Şartlandırma kabinleri

Resim 3.7.Sıcaklık-nem ölçer cihazı

Bu aşamadan sonra test düzeneğinin kurulması ve testin uygulanması aşamasına geçilir. Ayakkabı bakır levhanın üstüne konur. Ayakkabı içine çelik bilyeler doldurulur, ölçüm cihazının iki ucu bulunmaktadır. Bunlardan biri bakır çubuğa tutturulur ve bu çubuk ayakkabı içine daldırılır. Diğer uç ise bakır levhaya tutturulur(Şekil 3.9.). Cihazdan ayakkabıya 100 V gerilim uygulanır ve bir dakika beklenir. Sonra cihazdaki direnç değeri ohm cinsi olarak okunur(Şekil 3.10.).



Resim 3.8.Cihaz uçlarının konumlandırılması

Resim 3.9.Test düzeneği

3.4.FİRMALAR HAKKINDA BİLGİLER

Saha çalışması kapsamında 5 adet firmanın yetkilileriyle irtibat kurulmuş ve bu firmalarda çalışanlara 16 çift antistatik ayakkabı firma yetkilileriyle birlikte uygun çalışanlar seçilmiş ve

ayakkabılar kendilerine teslim edilmiştir. Bu işyerlerinin gerçek isimleri saklı kalmak koşuluyla, bunlar firma A,firma B,firma C, firma Ç ve firma D olarak adlandırılmıştır.

Bu firmalar ve çalışanlar seçilirken aşağıdaki hususlar göz önüne alınmıştır.

- Firmalarda ve çalışanların faaliyet gösterdiği bölümlerde antistatik ayakkabı kullanılması gereklidir ve kullanılmaktadır.
- Her bir firma farklı sektörde faaliyet göstermektedir. Çalışma sektör bazlı olmadığından her firmanın farklı sektörde faaliyet göstermesine dikkat edilerek sektöre bağımlı sonuç elde edilmesinin önüne geçilmiştir.
- Her bir firmadaki çalışanların seçiminde, o çalışanların firma içinde farklı bölümlerde çalışmasına dikkat edilmiş ve böylece ölçüm çeşitliliğinin sağlanması hedeflenmiştir.
- Her çalışana ayak numarasına uygun ayakkabı verilmiştir. Bu ayakkabılar ayrıca takip edilebilmek açısında kodlanmış ve kullanan kişinin ismi not edilmiştir. Bu kullanılan kodlarda noktadan önce sayı ayakkabının numarasını, noktadan sonraki rakam da aynı numara içinde kaçıncı çift olduğunu göstermektedir.(Örneğin; 43.2 kodu, 43 numaralı ikinci ayakkabı çiftini gösterir)

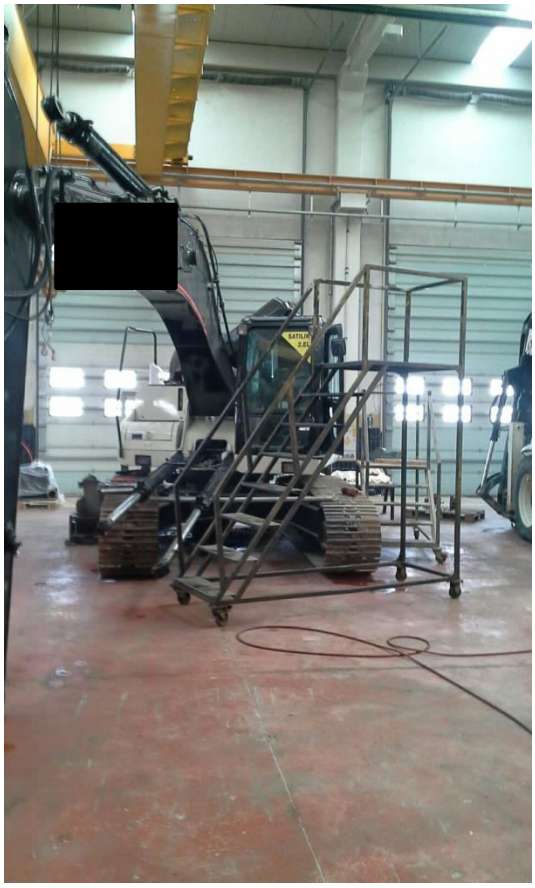
3.4.1. Firma A Hakkında Bilgi

Firma A‘ da toplam 37 çalışan vardır. Bu firma iş makineleri üreten ve satan bir firmanın bünyesinde ayrı bir atölye olarak konumlanmıştır. Firmanın asıl işi bu iş makinelerinin bakım onarım, teknik ve satış sonrası desteğini sağlamaktır. İşyeri ortamı atölyedir(Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.). İş yerinde çalışanlar zaman zaman atölyenin içinde, zaman zaman da dışarıda bu hizmeti vermektedirler. Firma tehlikeli sınıfta yer almaktadır. Bu işyerine 2 çift ayakkabı verilmiştir.

Bu işyerinde kullanılan antisitatik ayakkabıların kodları tablo 3.1.’de verilmiştir.

Tablo 3.1.Firma A’ya verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri

Ayakkabı Kodu	Çalışanın Birimi
43.1	Teknis Servis-Atölye
43.2	Teknik Servis-Atölye



Resim 3.10.Firma A'da bakımı yapılan bir iş makinesi

Resim 3.11.Firma A çalışma alanı

3.4.2. Firma B Hakkında Bilgi

Firma B‘ de toplam 318 çalışan vardır. Firma B’nin ana işi boru üretimidir. Rulo şeklindeki sac soğuk şekillendirme ile boru şekline sokulmaktadır. Ayrıca bu borulara polietilen, epoksi ve beton kaplama işlemleri uygulanmaktadır(Şekil 3.13 ve Şekil 3.14.). Firma tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Bu işyerine 3 çift ayakkabı verilmiştir. Bir tanesi polietilen kaplama bölümündeki çalışana verilmiştir. Polietilen kaplama, toprak altına döşenecek çelik boruların korozyona karşı korunması için yapılan bir kaplama şeklidir. Bu kaplamada, öncelikle granül halinde temin edilen polietilen ısıtılarak film haline getirilir. Sonrasında bu film borunun etrafında döndürülerek boru polietilen ile kaplanır. Bir diğer çalışan kaynak bölümünde çalışmaktadır. Bu bölümdeki kaynağın cinsi elektrik kaynağıdır. Son çalışan ise yükleme bölümünde, genelde dışarıda çalışmaktadır.

Bu işyerinde kullanılan antisitatik ayakkabıların kodları tablo 3.2.’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Firma B’ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri

Ayakkabı Kodu	Çalışanın Birimi
42.1	Kaynak Bölümü
42.2	Polietilen Kaplama
42.5	Ürün Yükleme Bölümü

Resim 3.12.Firma B çalışma alanı

Resim 3.13. Firma B çalışma alanı

3.4.3. Firma C Hakkında Bilgi

Firma C‘ de toplam 171 çalışan vardır. Firma C’nin ana işi kent donatıları, park mobilyası ve fitness aletleri üretimidir. Firma içinde hem ahşap hem de metal üretimine yönelik bölümler vardır. Ayrıca firma bünyesinde sac kesim, boru büküm, kordon vurma, delik delme, boya, kumlama gibi yan işler de yapılmaktadır.(Şekil 3.15. ve Şekil 3.16.). Firma tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Bu işyerine 4 çift ayakkabı verilmiştir. Bu işyerinde kendisine ayakkabı verilen her çalışan farklı bir bölümde çalışmaktadır. Birinci çalışan elektrostatik toz boyama bölümde çalışmaktadır. Elektrostatik toz boyama çözücü içermeyen bir yüzey kaplama metodudur. Kaplayıcı malzeme, son kat boya tabakasını oluşturan çok ince toz boya parçacıklarıdır. Toz boya, boya kabininde özel boya tabancaları vasıtasıyla atılır. Tabancadan geçerken elektrostatik yüklenen toz boya parçacıkları kabin içinde boyanacak malzemeye yapışır ve kaplama işlemi gerçekleşmiş olur. Toz boyanın malzeme yüzeyine tam olarak yapışabilmesi için malzemenin de çok iyi bir şekilde topraklanması gerekir. Fazla atılan boya, kabinde bulunan boya geri kazanım sistemi sayesinde toplanır ve tekrar kullanıma sokulur. İkinci çalışan kaynak bölümünde çalışmaktadır. Bu bölümde kaynak, kaynak robotu vasıtasıyla gazaltı kaynak olarak gerçekleşmektedir. Üçüncü çalışan boru büküm bölümünde çalışmaktadır. Bu işyerinde boru büküm soğuk şekillendirme yöntemi ile uygulanmaktadır. Son çalışan ise rotasyon fırını bölümünde çalışmaktadır. Rotasyon teknolojisi, karmaşık ve

yekpare formlar üretmeye uygun bir teknolojidir. Fırın bölümü, ürün kalıbının hammadde ile beraber içine konduğunda uygun sıcaklıkta hammaddenin doğru şekli alması için belirli zaman aralığında pişirme işleminin gerçekleştiği bölümün adıdır. Bu fırına giren hammadde rotasyon kalıbıyla birlikte 360^0 derece döndürülerek pişirilir ve kalıbın şeklini alır. Son çalışan ise elektriksel aksamların bakım-onarım bölümünde çalışmaktadır.

Bu işyerinde kullanılan antisitatik ayakkabıların kodları tablo 3.3.'de verilmiştir.

Tablo 3.3. Firma C'ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri

Ayakkabı Kodu	Çalışanın birimi
40.1	Rotasyon Fırını Bölümü
41.2	Boru Büküm Bölümü
42.3	Bakım-Onarım Bölümü
47.2	Elektrostatik Toz Boyama Bölümü

Resim 3.14. Firma C elektrostatik toz boyama ünitesi

Resim 3.15. Firma C çalışma alanı

3.4.4. Firma Ç Hakkında Bilgi

Firma Ç‘ de toplam 370 çalışan vardır. Firma Ç’nin ana işi orta gerilim elektrik iletim ve dağıtım malzemeleri montajıdır. Ayrıca firma bünyesinde metal işleme ve boya gibi yan işler de yapılmaktadır.(Şekil 3.17. ve Şekil 3.18.).Firma tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Bu işyerine 3 çift ayakkabı verilmiştir. Ayakkabı verilen çalışanlardan birincisi, elektrikhane de çalışmaktadır. Elektrikhane bölümünde elektrik pasonu montajı yapılmaktadır. İkinci çalışan meydancı olarak adlandırılmaktadır ve işyerinin temizliğinden sorumludur. Dolayısıyla işyerinin hemen hemen her yerinde çalışmaktadır. Son çalışan ise boyahanede çalışmaktadır. Bu bölümde elektrostatik toz boyama yöntemi kullanılmaktadır.

Bu işyerinde kullanılan antisitatik ayakkabıların kodları tablo 3.4.’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Firma Ç’ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri

Ayakkabı Kodu	Çalışanın Birimi
42.6	Meydancı
43.4	Elektrikhane Bölümü
47.1	Elektrostatik Toz Boyama Bölümü

Resim 3.16. Firma Ç çalışma alanı

Resim 3.17. Firma Ç çalışma alanı

3.4.5. Firma D Hakkında Bilgi

Firma D‘ de toplam 227 çalışan vardır. Firma D elektrostatik toz boya üretimi sektöründe faaliyet göstermektedir(Şekil 3.19., Şekil 3.20.).Firma çok tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Bu firmaya 4 çift ayakkabı verilmiştir. Ayakkabı verilen çalışanlardan üçü ekstruder bölümünde çalışmaktadır. Ön karışımı yapılan hammaddeler ekstruderden geçirilir ve erime, karışma ve ezme aşamalarına tabi tutulur. Ön karışımın eriyik haline gelmesi için gerekli olan enerji ekstruder çeperinin ısıtılması sayesinde elde edilir. Ekstruder ağzından eriyik halinde çıkan yarı mamul, silindirlerle ezilerek soğutma bandına ulaştırılır. Soğutma işlemi bandın hava veya soğuk su ile soğutulması sayesinde gerçekleşir. Soğuyarak kırılgan hale gelen malzeme kırıcılar vasıtasıyla öğütmeye uygun cips haline getirilir. Son çalışan ise değirmen bölümünde çalışmaktadır. Ekstruderden çıkan ve soğutularak kırılan cipsler değirmene taşınır ve burada öğütülür ve toz haline getirilir.

Bu işyerinde kullanılan antisitatik ayakkabıların kodları tablo 3.5.’de verilmiştir.

Tablo 3.5. Firma D’ye verilen ayakkabıların kodları ve çalışanların birimleri

Ayakkabı Kodu	Çalışanın Birimi
40.2	Ekstruder Bölümü
41.3	Değirmen Bölümü
42.4	Değirmen Bölümü
43.3	Değirmen Bölümü

Resim 3.18. Firma D çalışma alanı

Resim 3.19.Firma D çalışma alanı

4.BULGULAR

Bu bölümde kullanılacak tüm veriler MΩ cinsinden tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

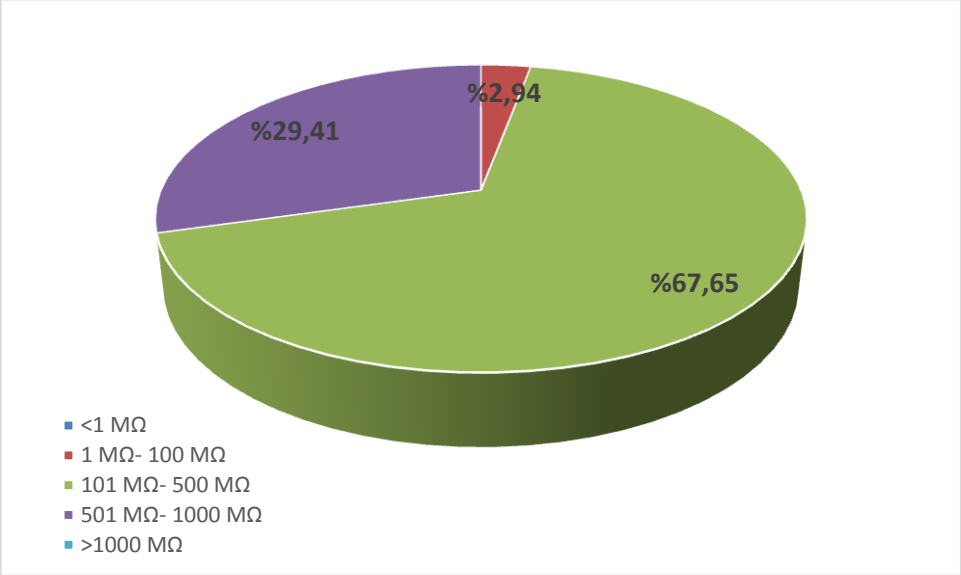
Tablo 4.1. Tüm testlerde elde edilen ölçüm sonuçları

Ayakkabı kodları	1.Test(Üretici Firmada)	2. Test (Laboratuvar)	3.Test(İşyerlerinde)	4.Test(İşyerlerinde)	5.Test(İşyerlerinde)
40.1 sol	222 MΩ	108 MΩ	1320 MΩ	1080 MΩ	489 MΩ
40.1 sağ	222 MΩ	207 MΩ	1360 MΩ	2100 MΩ	488 MΩ
40.2 sol	455 MΩ	163 MΩ	571 MΩ	418 MΩ	483 MΩ
40.2 sağ	475 MΩ	391 MΩ	600 MΩ	335 MΩ	375 MΩ
41.1 sol	655 MΩ	271 MΩ	-	-	-
41.1 sağ	776 MΩ	2450 MΩ	-	-	-
41.2 sol	433 MΩ	346 MΩ	1780 MΩ	795 MΩ	4970 MΩ
41.2 sağ	665 MΩ	683 MΩ	1960 MΩ	905 MΩ	4780 MΩ
41.3 sol	684 MΩ	322 MΩ	2230 MΩ	1140 MΩ	1630 MΩ
41.3 sağ	548 MΩ	637 MΩ	1360 MΩ	931 MΩ	1170 MΩ
42.1 sol	572 MΩ	193 MΩ	10,1 MΩ	376 MΩ	1,05 MΩ
42.1 sağ	903 MΩ	935 MΩ	723 MΩ	385 MΩ	232 MΩ
42.2 sol	184 MΩ	103 MΩ	537 MΩ	58,7 MΩ	0,875 MΩ
42.2 sağ	137 MΩ	122 MΩ	209 MΩ	60,7 MΩ	0,830 MΩ
42.3 sol	300 MΩ	158 MΩ	1100 MΩ	581 MΩ	778 MΩ
42.3 sağ	153 MΩ	133 MΩ	727 MΩ	586 MΩ	57 MΩ
42.4 sol	120 MΩ	111 MΩ	371 MΩ	328 MΩ	601 MΩ
42.4 sağ	177 MΩ	172 MΩ	608 MΩ	419 MΩ	525 MΩ
42.5 sol	236 MΩ	158 MΩ	1540 MΩ	9,5 MΩ	485 MΩ
42.5 sağ	78 MΩ	86,6 MΩ	1770 MΩ	26,3 MΩ	207 MΩ
42.6 sol	345 MΩ	178 MΩ	2120 MΩ	704 MΩ	2890 MΩ
42.6 sağ	128 MΩ	120 MΩ	757 MΩ	340 MΩ	9320 MΩ
43.1 sol	692 MΩ	530 MΩ	2030 MΩ	362 MΩ	101 MΩ
43.1 sağ	436 MΩ	560 MΩ	1550 MΩ	396 MΩ	71 MΩ
43.2 sol	646 MΩ	404 MΩ	480 MΩ	33,4 MΩ	1,61 MΩ
43.2 sağ	560 MΩ	637 MΩ	244 MΩ	58,4MΩ	21,6 MΩ
43.3 sol	152 MΩ	87,4 MΩ	317 MΩ	166 MΩ	186 MΩ
43.3 sağ	227 MΩ	198 MΩ	740 MΩ	69 MΩ	468 MΩ
43.4 sol	205 MΩ	149 MΩ	3670 MΩ	771 MΩ	572 MΩ
43.4 sağ	208 MΩ	233 MΩ	2730 MΩ	1040 MΩ	2530 MΩ
47.1 sol	307 MΩ	49 MΩ	45000 MΩ	186 MΩ	102 MΩ
47.1 sağ	284 MΩ	327 MΩ	25500 MΩ	221 MΩ	132 MΩ
47.2 sol	273 MΩ	19,2 MΩ	809 MΩ	245 MΩ	342 MΩ
47.2 sağ	284 MΩ	350 MΩ	944 MΩ	62,7 MΩ	430 MΩ

Tablo 4.2.Testler sonucu elde edilen elektrik direnç değerlerinin sıklıkları

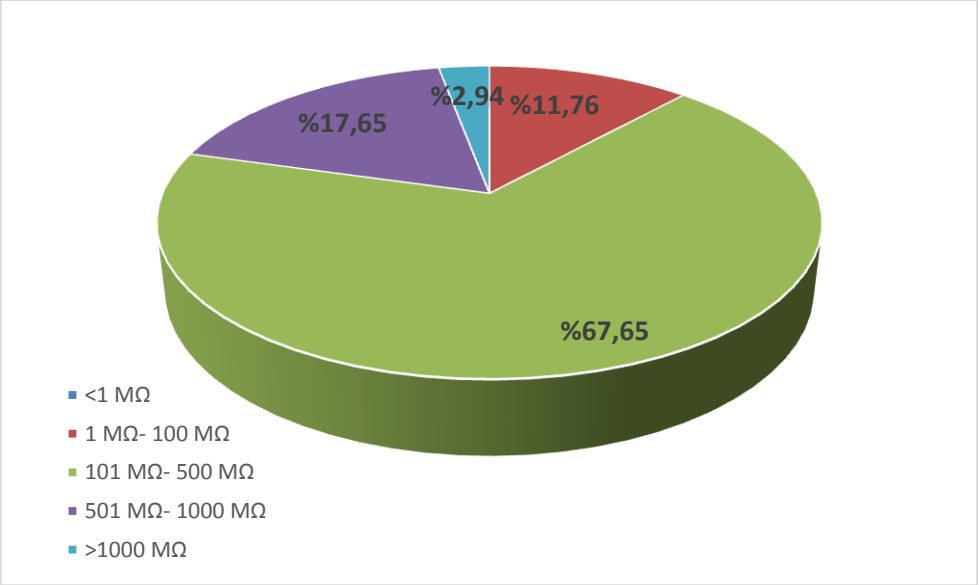
	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
0,1 MΩ-1 MΩ	0	0	0	0	2
1 MΩ- 100 MΩ	1	4	1	8	5
101 MΩ- 500 MΩ	21	21	5	13	13
501 MΩ- 1000 MΩ	10	5	10	7	4
>1000 MΩ	0	1	14	3	7

Tablo 4.2.'de bütün testlerde elde edilen elektrik direnci sonuçlarınının ilgili sıklıkta yer alan gözlem (ölçüm) sayılarının dağılımı görülmektedir.



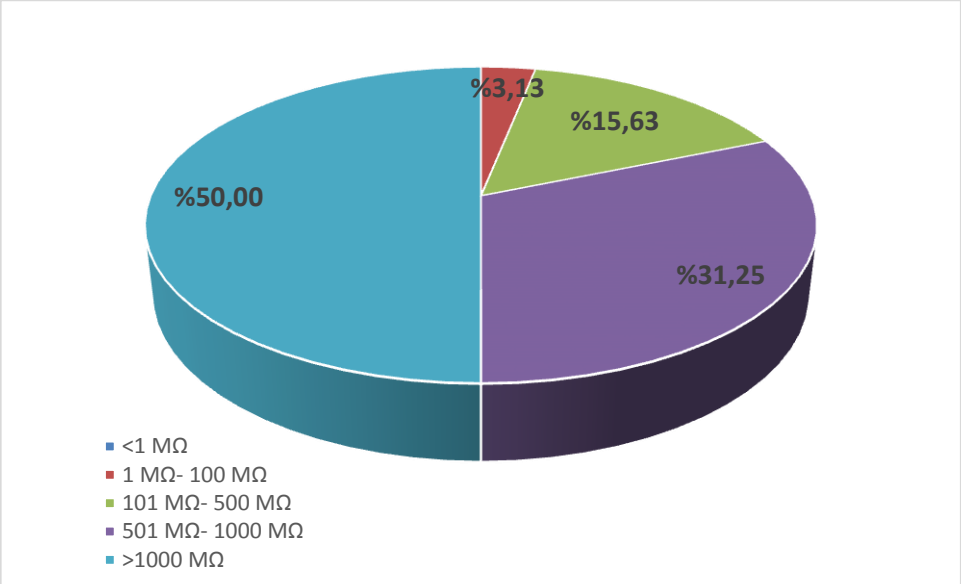
Grafik 4.1. Test 1 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı

Şekil 4.1.'de test 1 sonucunda elde edilen elektrik direnci değerlerinin ilgili sıklıktaki dağılımının yüzde olarak gösterimi verilmiştir. 1000 MΩ'un üstünde değer olmadığında tüm ayakkabılar antistatik özelliklerine sahiptir.



Grafik 4.2.Test 2 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı

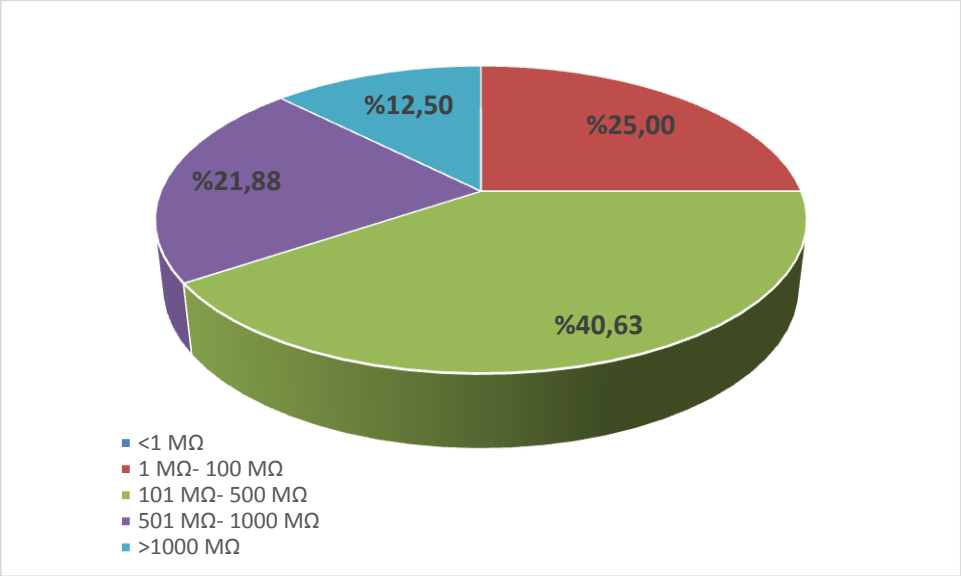
Şekil 4.2.'de test 2 sonucunda elde edilen elektrik direnci değerlerinin ilgili sıklıktaki dağılımının yüzde olarak gösterimi verilmiştir. 1000 MΩ'un üzerindeki değer yüzdesi yaklaşık olarak %3'dür.Dolayısıyla bu test sonucuna göre ayakkabıların %97'si antistatiklik özelliğini korumaktadır.



Grafik 4.3.Test 3 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı

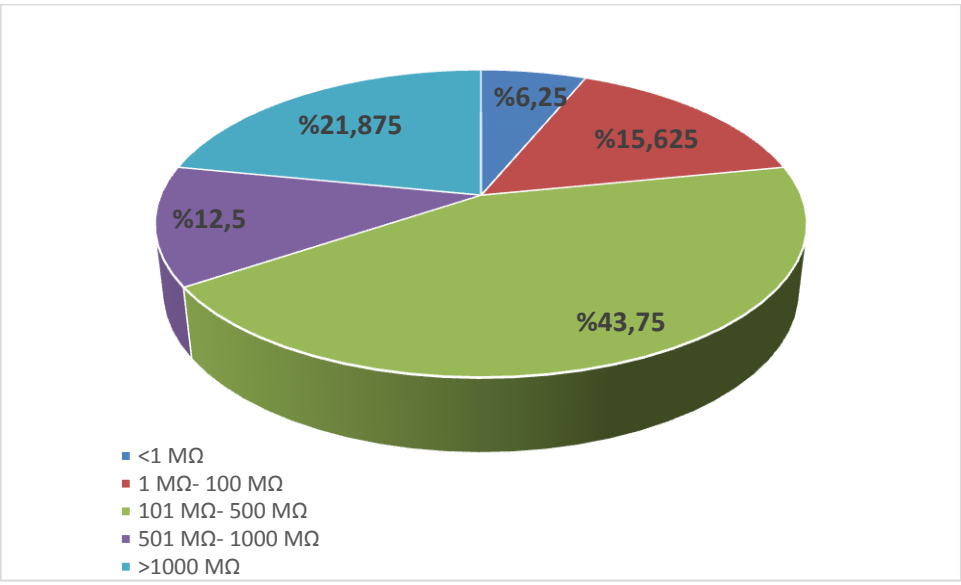
Şekil 4.3.'de test 3 sonucunda elde edilen elektrik direnci değerlerinin ilgili sıklıktaki dağılımının yüzde olarak gösterimi verilmiştir. 1000 MΩ'un üzerindeki değer yüzdesi

yaklaşık %50'dir. Dolayısıyla bu test sonucuna göre ayakkabıların %50'si antistatiklik özelliğini korumaktadır.



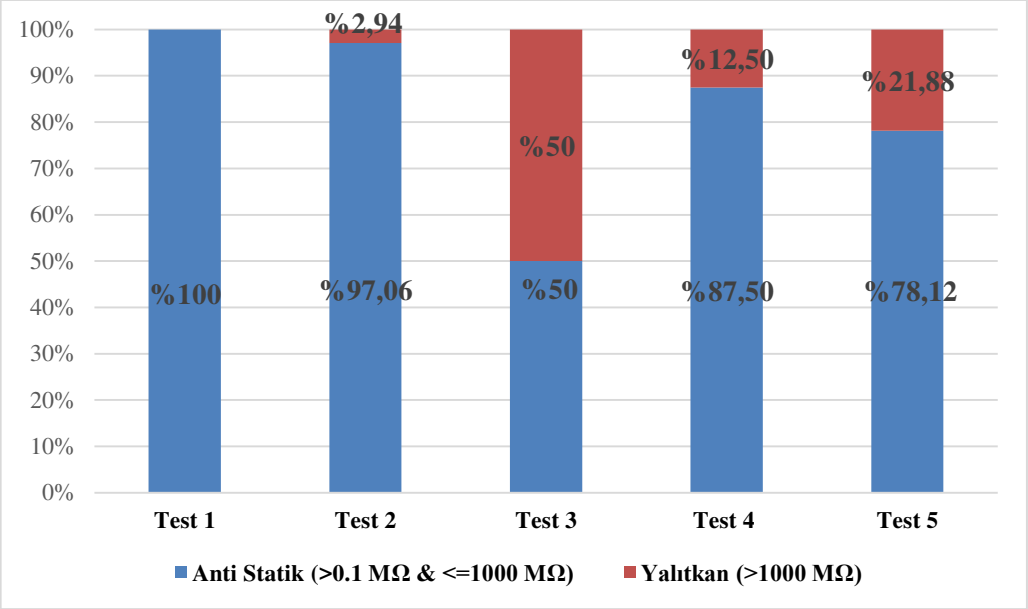
Grafik 4.4.Test 4 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı

Şekil 4.4.'de Test 4 sonucunda elde edilen elektrik direnci değerlerinin ilgili sıklıktaki dağılımının yüzde olarak gösterimi verilmiştir. 1000 MΩ'un üzerindeki değer yüzdesi yaklaşık olarak %13'dür.Dolayısıyla bu test sonucuna göre ayakkabıların %87'si antistatiklik özelliğini korumaktadır.



Grafik 4.5. Test 5 için elde edilen elektrik direnci değerlerinin dağılımı

Şekil 4.5.'de test 5 sonucunda elde edilen elektrik direnci değerlerinin ilgili sıklıktaki dağılımının yüzde olarak gösterimi verilmiştir. 1000 MΩ'un üzerindeki değer yüzdesi yaklaşık olarak %22'dür. Dolayısıyla bu test sonucuna göre ayakkabıların %78'si antistatiklik özelliğini korumaktadır.



Grafik 4.6.Test sonuçlarına göre elde edilen elektriksel özelliklerin yüzdeleri

Şekil 4.6.'da tüm testlerde elde edilen sonuçlara göre Anti Statik veyalıtkan özellik gösteren gözlemlerin yüzde dağılımı verilmiştir. Test 3'de dağılımın yalıtkanlık yönünde en güçlü olduğu görülmektedir.

4.1.TESTLER KAPSAMINDA YAPILAN ÖLÇÜMLERİN KENDİ İÇLERİNDE BETİMLEYİCİ İSTATİSTİKLERİ VE GRAFİKSEL GÖSTERİMLERİ

istatistik programında yapılan betimsel analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Tablo 4.3.Antistatik ayakkabılara yapılan testlerde kullanılan numunelerin dağılımı

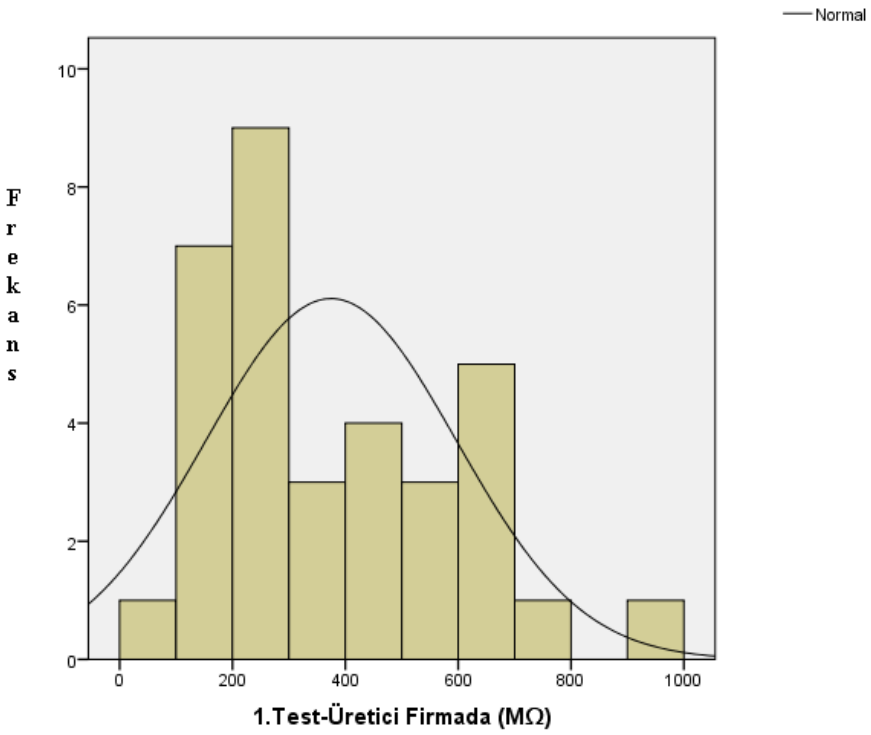
	Durumlar					
	Geçerli		Kayıp		Total	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Percent	N	Percent
1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	34	%100.0	0	%0,0	34	%100,0
2.Test-Laboratuvarda (MΩ)	34	%100.0	0	%0,0	34	%100,0
3.Test-İş Yerinde (MΩ)	32	%94,1	2	%5,9	34	%100,0
4.Test- İş Yerinde (MΩ)	32	%94,1	2	%5,9	34	%100,0
5.Test- İş Yerinde (MΩ)	32	%94,1	2	%5,9	34	%100,0

Tablo 4.3.'de her bir test için geçerli ve kayıp gözlem sayıları ile bunların yüzdeleri verilmiştir. Görüldüğü gibi 1. ve 2. Testlerde 34 gözlem (ayakkabı) yer alırken 3, 4 ve 5. Testlerde kayıp değerlerden dolayı 32 gözlem yer almaktadır.

Tablo 4.4.Test 1 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler

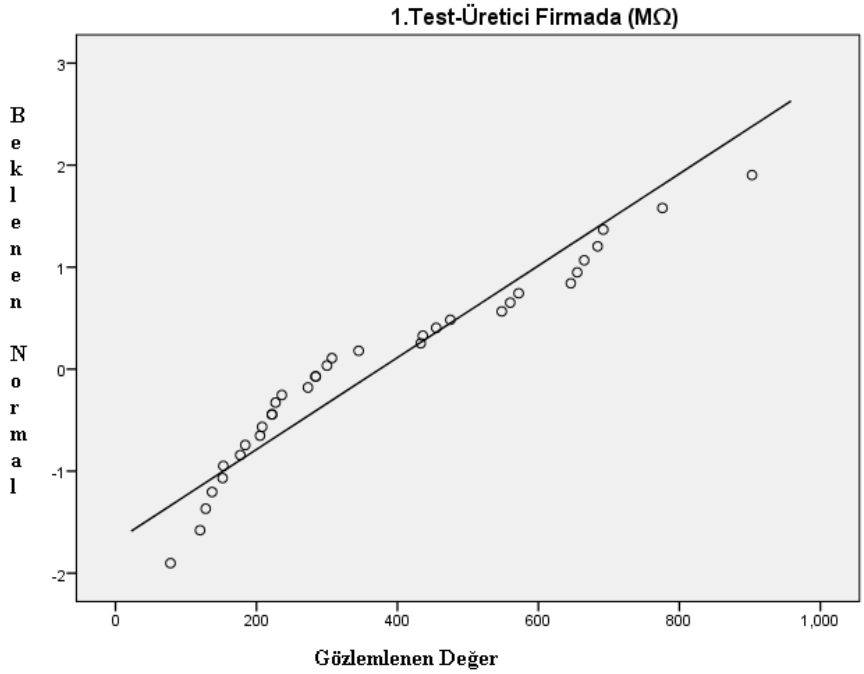
			İstatistik	Standart. Hata
1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	Ortalama		374,76	38,074
	Ortalama için %95 Güven aralığı	Alt Sınır	297,30	
		Üst Sınır	452,23	
	%5 Kırpılmış Ortalama		363,85	
	Ortanca		292,00	
	Varyans		49287,094	
	Standart Sapma		222,007	
	Minimum		78	
	Maksimum		903	
	Aralık		825	
	Çeyreklikler Arası Aralık		363	
	Çarpıklık		0,669	0,403
	Basıklık		-0,661	0,788

1.test için oluşturulan betimleyici istatistikler tablosu yukarıdaki Tablo 4.4. ‘de verilmiştir. Görüldüğü gibi gözlemlerin ortalaması 374,76’dır. Ortalama için oluşturulan güven aralığına göre, test 1’deki gözlemlerin %95’inin 297,30 ile 452,23 değerleri arasında yer alması beklenir. Ortalama etrafındaki değişimin ölçüleri olan varyans ve standart sapma diğer testlere göre daha düşük çıkmıştır; sırasıyla 49287,094 ve 222,007 olarak bulunmuştur. Test 1’de yer alan ölçümlerin aldığı minimum değer 78 iken maksimum değer 903’dür. Çarpıklık değeri incelendiğinde sıfırdan büyük (0,669) bir değer aldığı için dağılımın sağa çarpık yani sağ kuyruğunun uzun olduğunu söyleyebiliriz. Basıklık değeri sıfırdan küçük (-0,661) bir değer aldığı için dağılımın basık olduğu söylenebilir.



Grafik 4.7.Test 1 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması

Şekil 4.7.’de görülen histogram grafiğinde 1. testte elde edilen ölçüm değerlerinin dağılımı görülebilir. Görüldüğü üzere dağılım hafif miktarda sağa çarpıktır. Bu durum 500 MΩ’dan düşük değerlerin, 500 MΩ’dan yüksek değerlerden daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Basık bir dağılım mevcuttur. Bu durum ise normal dağılıma yakınlığın bir göstergesidir. Normal dağılıma tam olarak uymasa da, diğer testlere göre daha uyumludur. Dolayısıyla ölçüm değerlerinin birbirine yakın oldukları gözlemlenmekle birlikte, bu varsayım istatistiksel test sonuçlarıyla desteklenecektir.



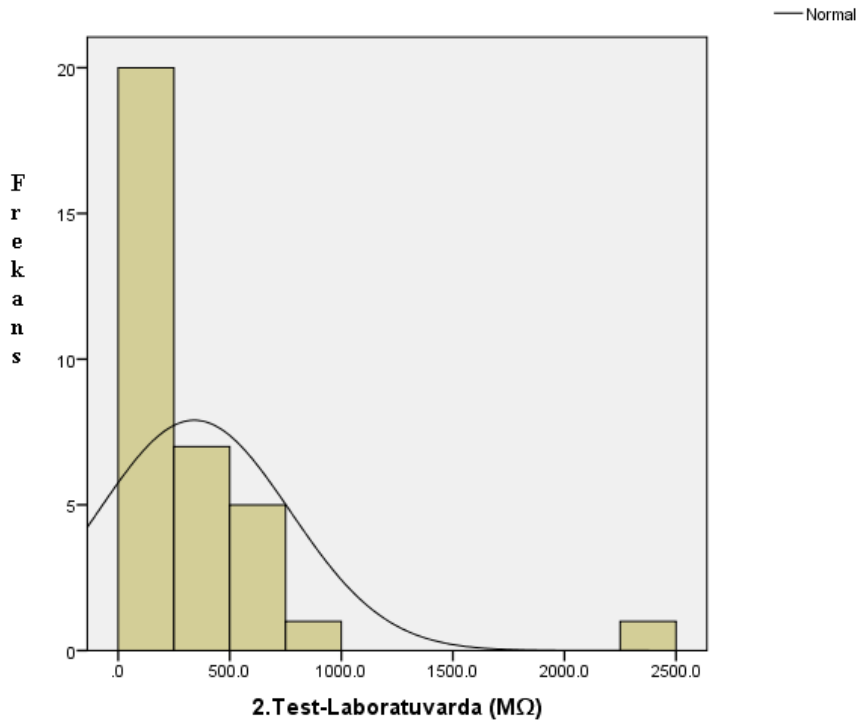
Grafik 4.8.Test 1 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması

1.test için normal q-q grafiği incelendiğinde(Şekil 4.8.) verinin normal dağılıma uyumunu gösterir. Normal dağılıma tam uyum durumunda tüm gözlem değerleri (ölçümler) 45 derecelik köşegen üzerinde yer alır. 1. Test gözlemleri tam olarak köşegen üzerinde yer almamakla birlikte bir miktar uyum görülmektedir. Bu grafikten ölçüm değerlerinin birbirine yakın olduğu anlaşılmaktadır

Tablo 4.5. Test 2 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler

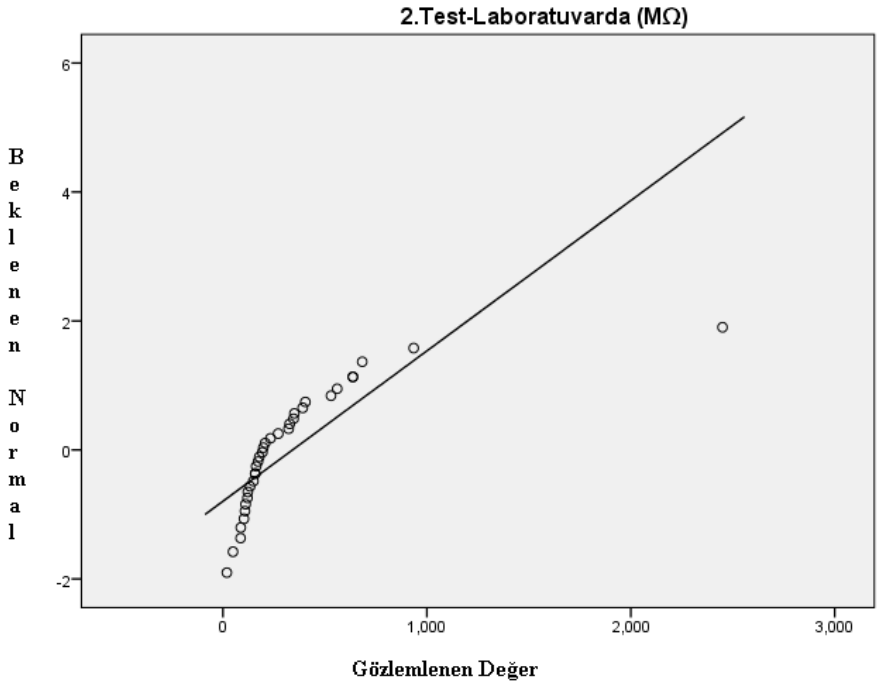
			İstatistik	Standart Hata
2.Test-Laboratuvarda (MΩ)	Ortalama		340,918	73,5708
	Ortalama için %95 Güven aralığı	Alt Sınır	191,237	
		Üst Sınır	490,599	
	%5 Kırpılmış Ortalama		275,595	
	Ortanca		195,500	
	Varyans		184030,495	
	Standart Sapma		428,9878	
	Minimum		19,2	
	Maksimum		2450,0	
	Aralık		2430,8	
	Çeyreklikler Arası Aralık		272,8	
	Çarpıklık		3,873	0,403
	Basıklık		18,166	0,788

2.test için oluşturulan betimleyici istatistikler tablosu yukarıdaki Tablo 4.5.‘de verilmiştir. Görüldüğü gibi gözlemlerin ortalaması 340,918’dir. Ortalama için oluşturulan güven aralığına göre, test 2’deki gözlemlerin %95’inin 191,237 ile 490,599 değerleri arasında yer alması beklenir. Ortalama etrafındaki değişimin ölçüleri olan varyans ve standart sapma diğer testlere göre daha düşük çıkmıştır, sırasıyla 184030,49 ve 428,98 olarak bulunmuştur. Test 2’de yer alan ölçümlerin aldığı minimum değer 19,2 iken maksimum değer 2450’dir. Çarpıklık değeri incelendiğinde sıfırdan büyük (3,873) bir değer aldığı için dağılımın oldukça sağa çarpık yani sağ kuyruğunun uzun olduğunu söyleyebiliriz. Basıklık değeri sıfırdan çok büyük (18,166) bir değer aldığı için dağılımın sivri olduğu söylenebilir.



Grafik 4.9. Test 2 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması

Şekil 4.9.’da görülen histogram grafiğinde 2. testte elde edilen ölçüm değerlerinin dağılımı görülebilir. Görüldüğü üzere dağılım oldukça sağa çarpıktır. Bu çarpıklık biçimi, Sağ tarafta 2000 MΩ’dan büyük aşırı bir değerin varlığından kaynaklanmaktadır. Sivri bir dağılım mevcuttur. Bunun nedeni ölçüm değerlerinin dağılımının 250 MΩ’dan daha düşük değerlerin olduğu bölgede yoğunlaşmasıdır. Ölçüm değerleri birbirlerinden belli oranda farklılık göstermektedir. Normal dağılıma tam uyum gözlemlenmemekle birlikte, bu varsayım istatistiksel test sonuçlarıyla desteklenecektir.



Grafik 4.10. Test 2 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması

2.test için normal q-q grafiği incelendiğinde(Şekil.4.10.) test gözlemleri 45 derecelik köşegenden oldukça yüksek sapma göstermektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılıma uymadığını söylemek mümkündür. Bu grafikten ölçüm değerlerinin birbirine göre bir miktar farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.6.Test 2 için sağ ve sol ayakkabı teklerinin ortalama ve standart sapma değerleri

2.Test-Laboratuvarda (MΩ)

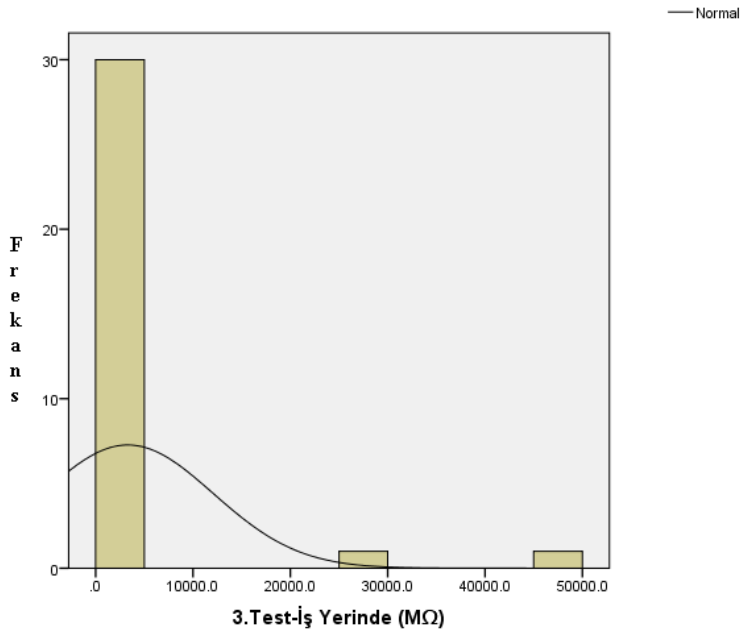
Çift	Ortalama	Sayı	Standart Sapma
Sağ	484,800	17	563,2236
Sol	197,035	17	135,4624
Total	340,918	34	428,9878

Doğal olarak nemli şartlarda iletkenlik arttığından direnç daha düşük, kuru şartlarda iletkenlik düşeceğinden direnç daha büyük olması beklenir. Tablo 4.6.'da görüldüğü üzere, sağ tek ayakkabıların elektrik direnci kuru şartta şartlandırıldıkları için daha yüksek, sol tek ayakkabıların ise nemli şartta şartlandırıldıkları için, beklendiği üzere dirençleri daha düşük çıkmıştır. Bu da laboratuvar koşullarında yapılan testin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.7. Test 3 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler

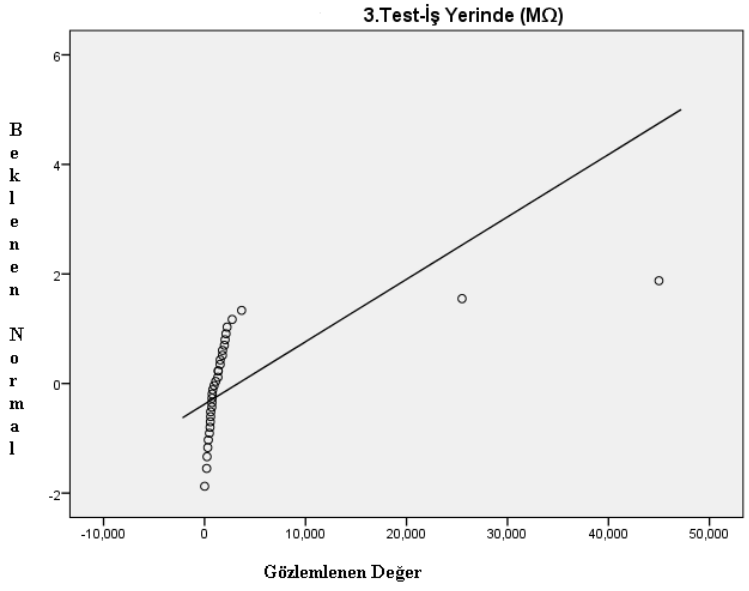
			İstatistik	Standart Hata
3.Test-İş Yerinde (MΩ)	Ortalama		3302,097	1551,5468
	Ortalama için %95 Güven aralığı	Alt Sınır	137,696	
		Üst Sınır	6466,497	
	%5 Kırpılmış Ortalama		1570,542	
	Ortanca		1022,000	
	Varyans		77033517,623	
	Standart Sapma		8776,8740	
	Minimum		10,1	
	Maksimum		45000,0	
	Aralık		44989,9	
	Çeyreklikler Arası Aralık		1336,8	
	Çarpıklık		4,226	0,414
	Basıklık		18,243	0,809

3.Test için oluşturulan betimleyici istatistikler tablosu yukarıdaki Tablo 4.7.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi gözlemlerin ortalaması 3302,097'dir. Ortalama için oluşturulan güven aralığına göre, Test 3'deki gözlemlerin %95'inin 137,696 ile 6466,497 değerleri arasında yer alması beklenir. Ortalama etrafındaki değişimin ölçüleri olan varyans ve standart sapma sırasıyla 77033517,623 ve 8776,8740 olarak bulunmuştur. Test 3'de yer alan ölçümlerin aldığı minimum değer 10,1 iken maksimum değer 45 000'dir. Çarpıklık değeri incelendiğinde sıfırdan oldukça büyük (4,226) bir değer aldığı için dağılımın oldukça sağa çarpık yani sağ kuyruğunun uzun olduğunu söyleyebiliriz. Basıklık değeri de yine sıfırdan çok büyük (18,243) bir değer aldığı için dağılımın sivri olduğu söylenebilir.



Grafik 4.11. Test 3 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması

Şekil 4.11.'deki test 3 histogram grafiğinden görüldüğü üzere dağılım oldukça sağa çarpıktır. Bu durum 20 000 MΩ'dan büyük çok aşırı iki değerin bulunmasından kaynaklanmıştır.Sivri bir dağılım mevcuttur.Bu durum değerlerin grafiğin solunda, belli bir bölge toplanmasından kaynaklanmaktadır. Ölçüm değerleri birbirlerinden farklıdır. Normal dağılıma uyum gözlemlenmemekle birlikte, bu varsayım istatistiksel test sonuçlarıyla desteklenecektir.



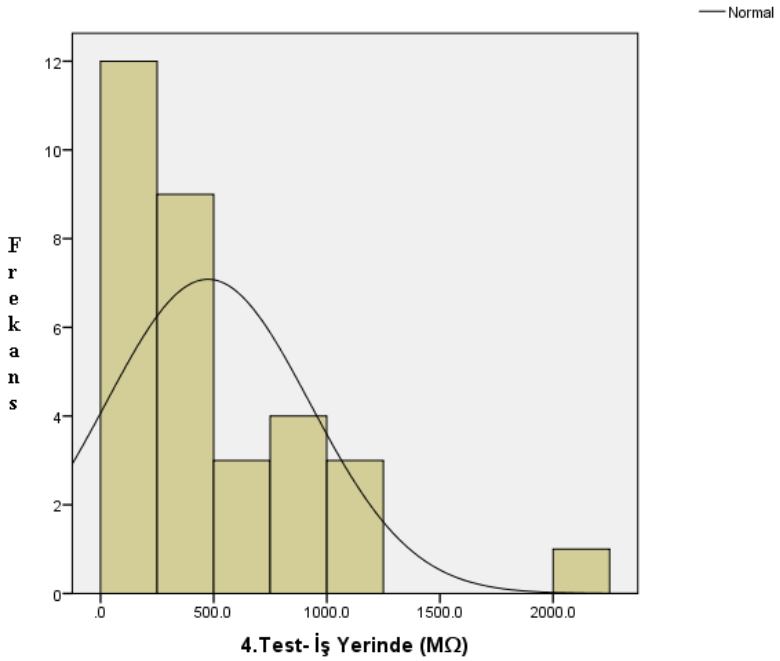
Grafik 4.12.Test 3 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması

3.test için normal q-q grafiği(Şekil.4.12.) incelendiğinde test gözlemleri 45 derecelik köşegenden oldukça yüksek sapma göstermektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılıma uymadığını söylemek mümkündür. Bu grafikten ölçüm değerlerinin birbirine göre oldukça farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.8. Test 4 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler

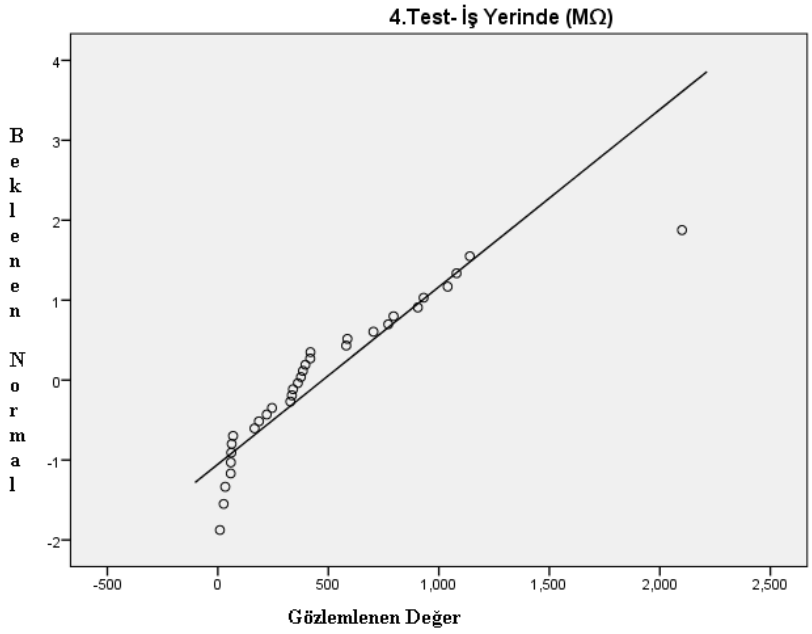
			İstatistik	Standart Hata
4.Test- İş Yerinde (MΩ)	Ortalama		474,647	79,6442
	Ortalama için %95 Güven aralığı	Alt Sınır	312,211	
		Üst Sınır	637,082	
	%5 Kırpılmış Ortalama		429,841	
	Ortanca		369,000	
	Varyans		202982,566	
	Standart Sapma		450,5359	
	Minimum		9,5	
	Maksimum		2100,0	
	Aralık		2090,5	
	Çeyreklikler Arası Aralık		661,0	
	Çarpıklık		1,699	0,414
	Basıklık		4,104	0,809

4.test için oluşturulan betimleyici istatistikler tablosu yukarıdaki Tablo 4.8.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi gözlemlerin ortalaması 474,647'dir. Ortalama için oluşturulan güven aralığına göre, Test 4'deki gözlemlerin %95'inin 312,211 ile 637,082 değerleri arasında yer alması beklenir. Ortalama etrafındaki değişimin ölçüleri olan varyans ve standart sapma sırasıyla 202982,566 ve 450,5359 olarak bulunmuştur. Test 4'de yer alan ölçümlerin aldığı minimum değer 9,5 iken maksimum değer 2090'dır. Çarpıklık değeri incelendiğinde sıfırdan büyük (1,699) bir değer aldığı için dağılımın sağa çarpık yani sağ kuyruğunun uzun olduğunu söyleyebiliriz. Basıklık değeri de yine sıfırdan büyük (4,104) bir değer aldığı için dağılımın sivri olduğu söylenebilir.



Grafik 4.13. Test 4 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması

Şekil 4.13.'deki histogram grafiğinden görüldüğü üzere test 4'ün dağılımı sağa çarpıktır. Bu durum 2000 MΩ'dan büyük aşırı bir değerin varlığından kaynaklanmaktadır. Sivri bir dağılım mevcuttur. Bu durum değerlerin 500 MΩ'dan küçük olan bölgede yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Ölçüm değerleri birbirlerinden farklıdır Normal dağılıma uyum gözlemlenmemekle birlikte, bu varsayım istatistiksel test sonuçlarıyla desteklenecektir.



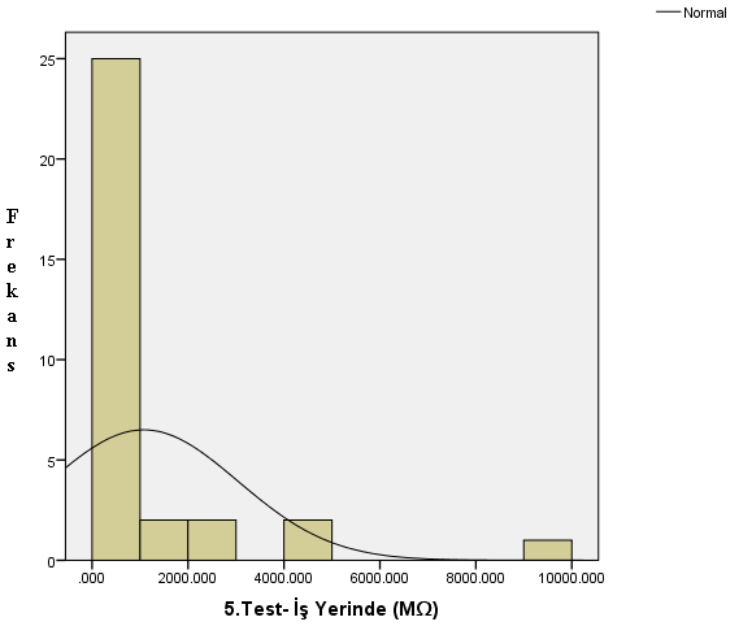
Grafik 4.14. Test 4 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması

4.test için normal q-q grafiği incelendiğinde(Şekil.4.14.) test gözlemleri 45 derecelik köşegenden bir miktar sapma göstermektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılıma uymadığını söylemek mümkündür. Bu grafikten ölçüm değerlerinin birbirine göre bir miktar farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 4.9. Test 5 için elde edilen betimleyici istatistiksel veriler

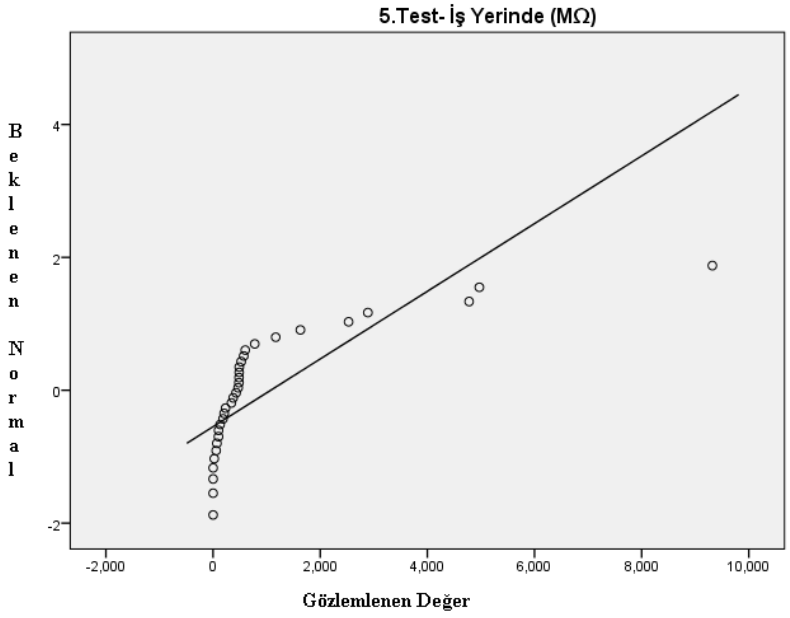
			İstatistik	Standart Hata
5.Test- İş Yerinde (MΩ)	Ortalama		1076,24891	347,048574
	Ortalama için %95 Güven aralığı	Alt Sınır	368,43867	
		Üst Sınır	1784,05914	
	%5 Kırpılmış Ortalama		768,63229	
	Ortanca		449,00000	
	Varyans		3854166,808	
	Standart Sapma		1963,203201	
	Minimum		0,830	
	Maksimum		9320,000	
	Aralık		9319,170	
	Çeyreklikler Arası Aralık		632,500	
	Çarpıklık		3,019	0,414
	Basıklık		10,041	0,809

5.test için oluşturulan betimleyici istatistikler tablosu yukarıdaki Tablo 4.9.'da verilmiştir. Görüldüğü gibi gözlemlerin ortalaması 1076,24891'dir. Ortalama için oluşturulan güven aralığına göre, Test 5'deki gözlemlerin %95'inin 368,43867 ile 1784,05914 değerleri arasında yer alması beklenir. Ortalama etrafındaki değişimin ölçüleri olan varyans ve standart sapma sırasıyla 3854166,8 ve 1963,2 olarak bulunmuştur. Test 4'de yer alan ölçümlerin aldığı minimum değer 0,83 iken maksimum değer 9319,170'dir. Çarpıklık değeri incelendiğinde sıfırdan büyük (3,019) bir değer aldığı için dağılımın oldukça sağa çarpık yani sağ kuyruğunun uzun olduğunu söyleyebiliriz. Basıklık değeri de yine sıfırdan oldukça büyük (10,041) bir değer aldığı için dağılımın sivri olduğu söylenebilir.



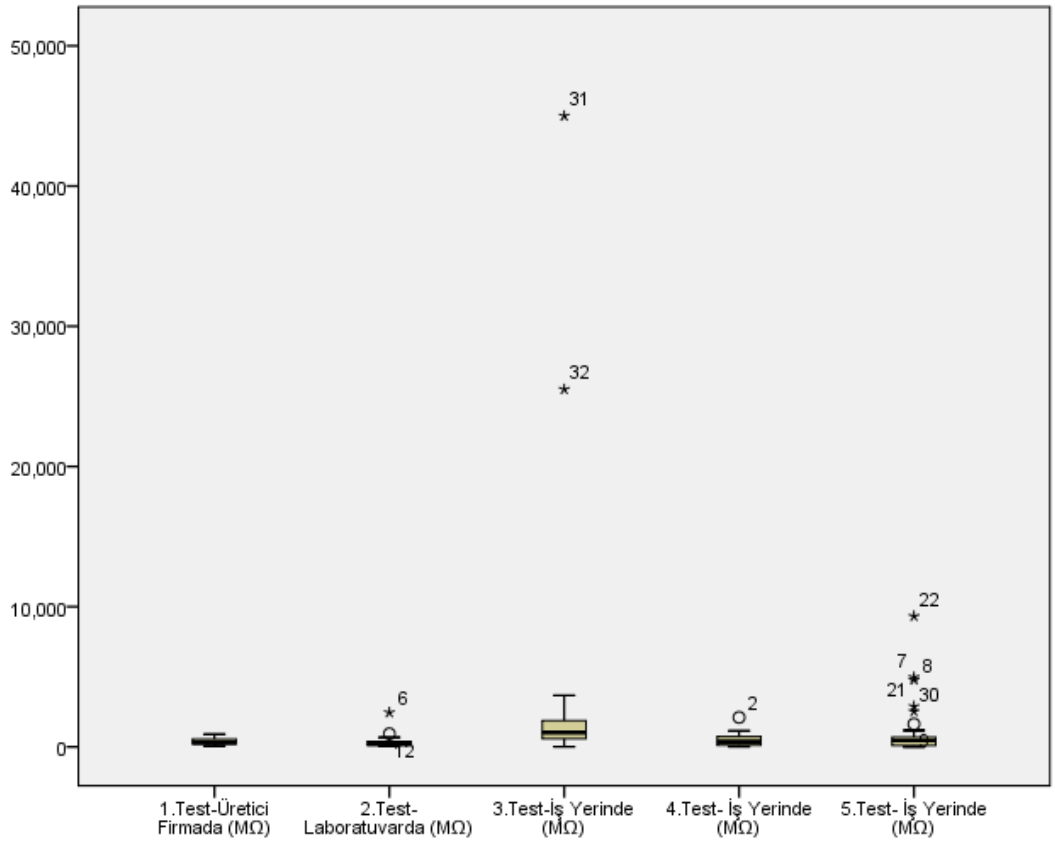
Grafik 4.15. Test 5 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile grafiksel karşılaştırılması

Şekil 4.15'deki histogram grafiğinden görüldüğü üzere test 5'in dağılımı sağa çarpıktır. Bu durum 4000 MΩ'un üstünde üç aşırı değerin olmasından kaynaklanmaktadır. Sivri bir dağılım mevcuttur. Bu durum bazı aşırı değerlerin yanında çoğu değerin 1000 MΩ'dan küçük değerlerin olduğu bölgelerde yoğunlaşmasından kaynaklanmaktadır. Ölçüm değerleri birbirlerinden farklıdır. Normal dağılıma uyum gözlemlenmemekle birlikte, bu varsayım istatistiksel test sonuçlarıyla desteklenecektir.



Grafik 4.16. Test 5 için elde edilen ölçüm sonuçlarının normal dağılım ile geometrik karşılaştırılması

5.test için Normal q-q grafiği incelendiğinde(Şekil 4.16.) test gözlemleri 45 derecelik köşegenden büyük miktarda sapma göstermektedir. Dolayısıyla verilerin normal dağılıma uymadığını söylemek mümkündür. Bu grafikten ölçüm değerlerinin birbirine göre oldukça farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.



Grafik 4.17.Tüm testlerde elde eldilen aykırı ve uç değerlerin grafiksel gösterimi

5 farklı test birlikte incelendiğinde Şekil 4.17.'deki kutu grafikleri elde edilmektedir. Burada her bir kutunun içinden geçen kalın çizgi o teste ilişkin ortalamayı gösterir. Kutu grafiklerinde aynı zamanda testte gözlemlenen minimum ve maksimum değerler ile aykırı değerler ve uç değerler görülebilir. Asteriks ile gösterilen veriler uç değerler, yuvarlak ile gösterilenler ise aykırı değerlerdir. Görüldüğü üzere veride birçok noktada uç ve aykırı değerler mevcuttur. Bu değerlerin varlığı normallik varsayımını büyük ölçüde bozmaktadır. Özellikle 3. ve 5. testlerde bu tarz uç/aykırı değerlere sıklıkla rastlanmaktadır. Bunun nedeni her bir ayakkabının kullanımına bağlı olarak farklı fizikel şartlara maruz kalmasıdır.

Tablo 4.10.Tüm testler için istatistiksel normallik verileri

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	df	Sig.	İstatistik	df	Sig.
1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	0,179	34	0,007	0,915	34	0,012
2.Test-Laboratuvarda (MΩ)	0,236	34	0,000	0,578	34	0,000
3.Test-İş Yerinde (MΩ)	0,432	32	0,000	0,344	32	0,000
4.Test- İş Yerinde (MΩ)	0,205	32	0,001	0,843	32	0,000
5.Test- İş Yerinde (MΩ)	0,346	32	0,000	0,568	32	0,000

Normallik testleri olan Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro-Wilk istatistiklerine bakıldığında(Tablo.4.10.), yokluk hipotezi olan H_0: veriler normal dağılımlı bir kitleden gelir hipotezi test edilecektir. Her iki test için de tüm sig. Değerleri 0,05'den küçük çıkmıştır, dolayısıyla yokluk hipotezi reddedilir. Bu da beş testin dağılımının da normal dağılıma tam manada uymadığına işaret eder.

Sonuç olarak, uygulanan beş test içerisinden normal dağılıma en uygun dağılım 1. testte gözlemlenmektedir. Bunun sebebi, birinci testin laboratuvar koşullarında ve 23 C^0 ve %50 nem oranı altında iki gün boyunca sabit şartlarda tutulduktan sonra ölçümlerin alınmasıdır. 1. testten sonra normal dağılıma görsel kontrollerde en çok uyan ölçüm sonuçları 2. testte gözlemlenmiştir. Yine bunun sebebi 2. testin de 7 gün süreyle sabit şartlandırma koşullarından sonra yapılması fakat 1. testten farklı olarak ayakkabıların sağ teklerinin kuru şart (20 derece ve %30 nem), sol teklerinin de yaş şart (20 derece ve %85 nem) olduğundan dolayı, 1. Teste göre normal dağılıma daha az uymaktadır.

İşyerlerinde yapılan testler (3, 4 ve 5. testler) ise kullanıma bağlı olarak işyerlerinde farklı ve çok değişken şartlar olmasından dolayı sabit bir şartlandırma ortamı olmadığından 1. Ve 2. testlere göre normal dağılımdan daha büyük sapma gösterir. Testlerin ortalamadan sapma ölçüleri olan varyans ve standart sapma değerleri incelendiğinde de özellikle 3. ve 5. testlerin varyans ve standart sapma değerleri çok yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlara göre işyeri koşullarında çok değişken koşulların oluşabileceğine işaret etmektedir.

4.2.EŞLEŞTİRİLMİŞ ÖRNEKLEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Öncelikli olarak testlerin ikili gruplar olarak birbirinden farklı olup olmadığını test etmek için "Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi" prosedürü kullanılacaktır. Burada her bir test bir diğer testle karşılaştırılarak H_0 yokluk hipotezi olan "iki testin ortalamaları arasında fark yoktur" hipotezi %90 güven düzeyinde test edilecektir. Buna göre toplamda 11 adet ikili grup ortalaması karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 4.11.1.test ve 2. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	374,76	34	222,007	38,074
2.Test-Laboratuvarda (MΩ)	340,918	34	428,9878	73,5708

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)&2.Test-Laboratuvarda (MΩ)	34	0,649	0,000

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar Alt	Üst			
Eşleştirme: 1. Test Üretici Firmada (MΩ) & 2. Test Laboratuvarda (MΩ)	33,8471	331,2732	56,8129	-81,7396	149,4337	0,596	33	0,555

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.11.) 1. testte (üretici firma laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 374,76, standart sapması 222 olarak bulunmuştur. 2. testte

(ISGÜM KKD laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 340,918, standart sapması 428,98 olarak bulunmuştur. Her iki testte de 17 çift ayakkabı yani toplamda 34 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=34 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 1.Test ve 2. Test değerleri arasında 0,649'luk istatistiksel olarak anlamlı (sig.=0,000) pozitif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki test arasında aynı yönlü güçlü bir ilişki olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,555> 0,10 olduğu için H_0 hipotezi Kabul Edilir. %90 güven düzeyinde Test 1 ve Test 2 arasında fark olmadığını söylemek mümkündür. Buna göre üretici laboratuvarı ve ISGÜM KKD laboratuvarında yapılan elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark yoktur ve ölçümler tutarlıdır.

Tablo 4.12.1.test ve 3. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	353,47	32	210,410	37,196
3.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	3302,097	32	8776,8740	1551,5468

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)&3.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	32	-0,062	0,736

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar				
				Alt	Üst			
Eşleştirme: 1. Test Üretici Firmada (MΩ) & 3. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-2948,6281	8792,4176	1554,2945	-6118,6327	221,3765	-1,897	31	0,067

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.12.) 1. testte (üretici firma laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 353,47, standart sapması 210,41 olarak bulunmuştur. 3. testte (işyerlerindeki ilk ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 3302,097, standart sapması 8776,87 olarak bulunmuştur. Her iki testte de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 1. Test ve 3.Test değerleri arasında -0,062'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,736) negatif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerleri ile üretici laboratuvarında yapılan ilk elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,067<0,10 Ho hipotezi Reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 1 ve Test 3 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre üretici laboratuvarı ve işyerlerindeki ilk elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı

değildir. Bunun sebebi de üreticide yapılan ölçümler ile gerçek işyerlerindeki kullanıma bağlı olarak yapılan ölçüm değerlerinin farklılık göstermesidir.

Tablo 4.13.1.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	353,47	32	210,410	37,196
4.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	474,647	32	450,5359	79,6442

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)&4.Test-İş Yerlerinde(MΩ)	32	0,092	0,617

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar Alt	Üst			
Eşleştirme: 1. Test Üretici Firmada (MΩ) & 4. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-121,1781	479,4225	84,7507	-294,0284	51,6721	-1,430	31	0,163

Verilen çıktıya göre(Tablo 4.13.) 1. testte (üretici firma laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 353,47, standart sapması 210,41 olarak bulunmuştur. 3. testte (işyerlerindeki ikinci ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 474,647, standart sapması 450,53 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 1. Test ve 4. Test değerleri arasında 0,092'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,617) pozitif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerleri ile üretici laboratuvarında yapılan ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,163> 0,10 Ho hipotezi Kabul Edilir. %90 güven düzeyinde Test 1 ve Test 4 arasında fark olmadığını söylemek mümkündür. Buna göre üretici laboratuvarı ve işyerlerindeki ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark yoktur ve ölçümler tutarlıdır.

Tablo 4.14.1.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)	353,47	32	210,410	37,196
5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	1076,24891	32	1963,203201	347,048574

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 1.Test-Üretici Firmada (MΩ)&5.Test-İş Yerlerinde(MΩ)	32	-0,028	0,879

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar				
				Alt	Üst			
Eşleştirme: 1. Test Üretici Firmada (MΩ) & 5. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-722,7801	1980,277750	350,066956	-1436,7464	-8,813891	-2,065	31	0,047

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.14.) 1. testte (üretici firma laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 353,47, standart sapması 210,41 olarak bulunmuştur. 5. testte (işyerlerindeki üçüncü ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 1076,24, standart sapması 1963,20 olarak bulunmuştur. Bu ortalama ve standart sapma değerleri, diğer ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre oldukça yüksektir. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 1. Test ve 5. Test değerleri arasında -0.028'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,879) negatif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerlerindeki üçüncü elekrik direnci testi ölçümleri ile üretici laboratuvarında yapılan elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,047<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 1 ve Test 5 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre üretici laboratuvarı ve işyerlerindeki üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı

değildir. Bu durum, işyerlerindeki üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri verilerinin standart sapmasının yüksek olması yani kendi içerisinde değişkenliğin yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 4.15.2.test ve 3. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 2.Test-Üretici Laboratuvarda (MΩ)	277,194	32	219,2322	38,7552
3.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	33302,097	32	8776,8740	1551,5468

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 2.Test-Laboratuvarda (MΩ)&3.Test- İş Yerlerinde (MΩ)	32	-0,141	0,441

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar Alt	Üst			
Eşleştirme: 2. Test Laboratuvarda (MΩ) & 3. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-3024,9031	8810,4938	1557,4900	-6201,4249	151,6186	-1,942	31	0,061

Verilen çıktıya göre(Tablo4.15.) 2. testte (İSGÜM KKD laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 277,194, standart sapması 219,23 olarak bulunmuştur. 3. testte (işyerlerindeki ilk ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise

3302,097, standart sapması 8776,87 olarak bulunmuştur. Bu ortalama ve standart sapma değerleri, diğer ölçümlerin ortalama ve standart sapma değerlerine göre oldukça yüksektir. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 2. Test ve 3. Test değerleri arasında 0,141'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,441) negatif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da İSGÜM KKD laboratuvarında yapılan ölçümlerlerle işyerlerinde yapılan ilk elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,061<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 2 ve Test 3 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre İSGÜM KKD ve işyerlerindeki ilk elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı değildir. Bu durum, işyerlerindeki ilk elektrik direnci testi ölçümleri verilerinin standart sapmasının yüksek olması yani kendi içerisinde değişkenliğin yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Tablo 4.16.2.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 2.Test-Üretici Laboratuvarda (MΩ)	277,194	32	219,2322	38,7552
4.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	474,647	32	450,5359	76,6442

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 2.Test-Laboratuvarda (MΩ)&4.Test- İş Yerlerinde (MΩ)	32	0,080	0,663

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar				
				Alt	Üst			
Eşleştirme: 2. Test Laboratuvarda (MΩ) & 4. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-197,4531	484,9898	85,7349	-372,3106	-22,5957	-2,303	31	0,028

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.16.) 2. testte (İSGÜM KKD laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 277,194 standart sapması 474,64 olarak bulunmuştur. 4. testte (işyerlerindeki ikinci ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 474,64, standart sapması 450,53 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 2. Test ve 4. Test değerleri arasında 0,080'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,663) pozitif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da İSGÜM KKD laboratuvarında yapılan ölçümlerlerle işyerlerinde yapılan ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,028<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 2 ve Test 4 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre İSGÜM KKD ve işyerlerindeki ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı değildir. Bunun sebebi de laboratuvar ölçümleri ile gerçek işyerlerindeki kullanıma bağlı olarak yapılan ölçüm değerlerinin farklılık göstermesidir.

Tablo 4.17.2.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 2.Test-Üretici Laboratuvarda (MΩ)	277,194	32	219,2322	38,7552
5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	1076,24891	32	1963,203201	347,048574

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 2.Test-Laboratuvarda (MΩ)&5.Test- İş Yerlerinde (MΩ)	32	0,031	0,866

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar Alt	Üst			
Eşleştirme: 2. Test Laboratuvarda (MΩ) & 5. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-799,0551	1968,602532	348,003050	-1508,8120	-89,298257	-2,296	31	0,029

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.17.) 2. testte (İSGÜM KKD laboratuvarı) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 277,194 standart sapması 474,64 olarak bulunmuştur. 5. testte

(işyerlerindeki üçüncü ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 1076,24, standart sapması 1963,20 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 2. Test ve 5. Test değerleri arasında 0,031'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,866) pozitif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da İSGÜM KKD laboratuvarında yapılan ölçümlerlerle işyerlerinde yapılan üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,029<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 2 ve Test 5 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre İSGÜM KKD ve işyerlerindeki üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı değildir. Bunun sebebi de laboratuvar ölçümleri ile gerçek işyerlerindeki kullanıma bağlı olarak yapılan ölçüm değerlerinin farklılık göstermesidir.

Tablo 4.18. 3.test ve 4. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 3.Test-Üretici İş Yerlerinde (MΩ)	3302,097	32	8776,8740	1551,5468
4.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	474,647	32	450,5359	79,6442

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 3.Test-İş Yerlerinde (MΩ)&4.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	32	-0,110	0,550

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar				
				Alt	Üst			
Eşleştirme: 3. Test İş Yerlerinde (MΩ) & 4. Test İş Yerlerinde (MΩ)	2827,4500	8837,6341	1562,2877	-358,8569	6013,7569	1,810	31	0,080

Verilen çıktıya göre(Tablo 4.18.) 3. testte (işyerlerindeki ilk ölçümler) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 3302,097 standart sapması 8776,87 olarak bulunmuştur. 4. testte (işyerlerindeki ikinci ölçümler) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 474,647, standart sapması 450,53 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 3. Test ve 4. Test değerleri arasında -0,110'luk istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,550) negatif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerlerinde yapılan ilk elektrik direnci testi ölçümleri ile ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,080<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 3 ve Test 4 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre işyerlerinde yapılan ilk elektrik direnci testi ölçümleri ile ikinci elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı değildir. Bunun sebebi Test 4'de elde edilen elektrik direnci testi ortalamasının, Test 3'de elde edilen ortalamadan önemli şekilde farklı olmasıdır.

Tablo 4.19. 3.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 3.Test-Üretici İş Yerlerinde (MΩ)	3302,097	32	8776,88740	1551,5468
5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	1076,24891	32	1963,203201	347,048574

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 3.Test-İş Yerlerinde (MΩ)&5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	32	-0,101	0,581

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar Alt	Üst			
Eşleştirme: 3. Test İş Yerlerinde (MΩ) & 5. Test İş Yerlerinde (MΩ)	2225,847969	9186,095676	1623,887636	-1086,0927	5537,788638	1,371	31	0,180

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.19.) 3. testte (işyerlerindeki ilk ölçümler) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 3302,097 standart sapması 8776,87 olarak bulunmuştur. 5.

testte (işyerlerindeki üçüncü ölçüm) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 1076,24, standart sapması 1963,20 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 3. Test ve 5. Test değerleri arasında -0,101'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,518) negatif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerlerinde yapılan ilk elektrik direnci testi ölçümleri ile üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,180> 0,10 Ho hipotezi Kabul Edilir. %90 güven düzeyinde Test 3 ve Test 5 arasında fark olmadığını söylemek mümkündür. Buna göre işyerlerindeki ilk elektrik direnci ölçümleri ve işyerlerindeki üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark yoktur ve ölçümler tutarlıdır.

Tablo 4.20.4.test ve 5. testte elde edilen elektrik direnci testi ortalamalarının karşılaştırılması:

Eşleştirilmiş Örneklemler İstatistiği

	Ortalama	Sayı	Standart sapma	Standart Hata Ortalama
Eşleştirme: 4.Test-Üretici İş Yer lerinde (MΩ)	474,647	32	450,5359	79,6442
5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	1076,24891	32	1963,203201	347,048574

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu

	Sayı	Korelasyon	Sig.
Eşleştirme: 4.Test-İş Yerlerinde (MΩ)&5.Test-İş Yerlerinde (MΩ)	32	0,231	0,204

Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi

	Eşleştirilmiş Farklar					t	df	Sig. 2 Yönlü
	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata Ortalama	%95 Güven Aralığında Farklar				
				Alt	Üst			
Eşleştirme: 4. Test İş Yerlerinde (MΩ) & 5. Test İş Yerlerinde (MΩ)	-601,6020	1910,272041	337,691579	-1290,3285	87,124484	-1,782	31	0,085

Verilen çıktıya göre(Tablo.4.20.) 4. testte (işyerlerindeki ikinci ölçümler) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması 474,64 standart sapması 450,53 olarak bulunmuştur. 5. testte (işyerlerindeki üçüncü ölçümler) elde edilen elektrik direnci ölçümlerinin ortalaması ise 1076,24, standart sapması 1963,20 olarak bulunmuştur. Her iki ölçüm de 16 çift ayakkabı yani toplamda 32 tek ayakkabıdan oluşan bir örneklem üzerinden elde edilmiştir. Bu değer tablolarda Sayı=32 şeklinde verilmiştir.

Eşleştirilmiş Örneklemler Korelasyonu tablosuna bakıldığında, 4. test ve 5. test değerleri arasında 0,231'lik istatistiksel olarak anlamsız (sig.=0,204) pozitif korelasyon (ilişki) mevcuttur. Bu iki ölçüm arasında güçlü bir ilişki olmadığını gösterir. Bu da işyerlerinde yapılan ikinci elektrik direnci testi ölçümleri ile üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında bir ilişki olmadığını ve birbirinden bağımsız ölçümler olduğunu gösterir.

Son olarak Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi tablosuna bakıldığında aşağıdaki hipotezler test edilecektir:

H_0: test ortalamaları arasında fark yoktur

H_1: test ortalamaları arasında fark vardır

sig. (2 yönlü) = 0,085<0,10 Ho hipotezi reddedilir. %90 güven düzeyinde Test 4 ve Test 5 arasında fark olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre işyerlerinde yapılan ikinci elektrik direnci testi ölçümleri ile üçüncü elektrik direnci testi ölçümleri arasında fark vardır ve ölçümler tutarlı değildir. Bunun sebebi Test 4'de elde edilen elektrik direnci testi ortalamasının, Test 5'de elde edilen ortalamadan önemli şekilde farklı olmasıdır.

Elde edilen ikili karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında, laboratuvar ölçümleri olan test 1 (üretici laboratuvarı) ve test 2 (İSGÜM laboratuvarı) ortalamalarının kendi içinde tutarlı olduğu görülmektedir. Bu laboratuvar ortalamaları, gerçek işyeri koşulları altında alınan testler ile uyumlu değildir, yani ortalamalar arasında farklılıklar görülmüştür. Gerçek işyeri koşulları altında yapılan testler olan test 3, test 4 ve test 5 içerisinden, test 4 ortalama olarak test3 ve test 5'den farklılık göstermiştir. Ancak test 3 ve test 5'in kendi içinde tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir. Test 4'ün Test 3 ve Test 5'den farklılaşması, gerçek işyeri koşullarında alınan sonuçların rasgelelik gösterdiğine işaret etmektedir. Yani farklı kullanım koşullarına ve kullanım süresine göre elektrik direnci testler içerisinde de değişkenlik gösterebilmektedir. Bu da uygulamada tahmin edilen bir sonuçtur.

4.3.DENEK-İÇİ DİZAYNLAR: TEKRARLI ÖLÇÜMLER ANOVA SONUÇLARI

Bir üreticinin aynı seride ürettiği bir dizi ayakkabı içerisinden (kitle), farklı numalarda 17 çift (34 tek) ayakkabıdan oluşan bir örneklem seçilmiştir. Bu ayakkabılara laboratuvarda ve işyerlerinde farklı zaman dilimlerinde beş farklı test uygulanarak test sonuçları kaydedilmiştir. Kaydedilen ölçümler açısından, test sonuçlarının birbirinden farklı olup olmadığı test edilecektir. Bu karşılaştırmaları yapmak için ANOVA: denek-içi tasarımlar (tekrarlı ölçümler) ANOVA metodu kullanılacaktır. Tekrarlı ölçümler ANOVA metodu, bilindik ANOVA (Varyans Analizi) metodunun özelleştirilmiş bir formudur ve her bir denek/gözlem için farklı zamanlarda birçok farklı ölçüm alınır. Bu çalışma kapsamında da 34 farklı ayakkabı için beş farklı test yani ölçüm alınmıştır. Bu ayakkabıların çekildiği kitlede bu beş test açısından farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Eğer testler arasında farklılık bulunursa, uygulanan testlerin sonuçlarının da farklılık gösterdiğine karar kılınabilir. Bu durumda, daha geniş anlamda laboratuvar testleri ve işyerlerinde yapılan testler arasında farklılıklar olduğu kanıtlanmış olmaktadır.

Tekrarlı ölçümler ANOVA metodu, birçok varyans analizi metodunda da geçerli olan bir takım varsayımlara sahiptir. Genel anlamda hata terimlerinin normal dağılıma uygun olması ve buna bağlı olarak da varyansların homojenliği (denek-içi) varsayımlarının sağlanması gereklidir. Normallikten sapmalar, büyük örneklemlerde (n>30) sorun teşkil etmemektedir[18],[19]. Ayrıca testlerin çoğunda dağılımlar birbirine benzer yapı göstermektedir. Bu nedenle de normallik varsayımının ihlali çok büyük problem tesşkil etmez. Buna ek olarak beş test için de örneklem büyüklükleri birbirine eşit olduğundan ANOVA testi uygulanması açısından uygundur.

Bu standart varsayımlara ek olarak tekrarlı ölçümlere özgü olarak ikiden fazla düzey olduğunda (bu çalışmada beş düzey mevcuttur) genel farklılıkları test etmek için küresellik varsayımı da test edilir. Küresellik, denekler arası varyansların, diğer bir deyişle beş farklı test arasındaki varyansın homojen olduğunu varsayar.

Tekrarlı ölçümler ANOVA metodunun uygulanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıdaki gibidir. Öncelikle modelde tanımlanmış faktörler olan beş testin sıralandığı tablo Tablo 4.21.'de görülen Denekler Arası Faktörler tablosunda verilmiştir.

Tablo 4.21.Denekler Arası Faktörler

Ölçü: ÖLÇÜ_1

Test	Bağlı Değişken
1	Test_1
2	Test_2
3	Test_3
4	Test_4
5	Test_5

İkinci olarak çok değişkenli istatistikler tablosu elde edilmiştir. Ancak öncelikle küresellik varsayımının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilecek, eğer sağlanmazsa bu test sonuçları kullanılacaktır. Çünkü çok değişkenli testler küresellik varsayımı sağlanmadığı durumlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Tablo 4.22.Mauchly küresellik testi verileri

Denekler arası Etki	Mauchly W	Yaklaşık Ki-Kare	df	Sig.	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Alt Sınır
Testler	0,000	375,549	9	0,000	0,273	0,276	0,250

Tablo 4.22.'de denekler arası varyansların homojenlik testi olan Mauchy küresellik testi sonuçları görülmektedir. Yokluk hipotezi küreselliğin sağlandığı yönündedir. Sig. =0,000 <0,10 olduğundan yokluk hipotezi reddedilir. Yani %90 anlamlılık düzeyinde küresellik varsayımı sağlanmamaktadır. Her bir testin kendi içerisindeki ölçüm koşulları diğerlerininkinden çok farklı olduğundan varyansın homojen dağılmaması dolayısıyla küresellik varsayımının sağlanmaması beklenen bir durumdur. Bu durumda çok değişkenli test sonuçlarına bakılacaktır.

Tablo 4.23.Çok değişkenli testlerde elde edilen veriler

Etki		Değer	F	Hipotez df	Hata df	Sig.
Test	Pillai's Trace	0,409	4,841	4,000	28,000	0,004
	Wilks' Lambda	0,591	4,841	4,000	28,000	0,004
	Hotelling's Trace	0,692	4,841	4,000	28,000	0,004
	Roy's Largest Root	0,692	4,841	4,000	28,000	0,004

Tablo.4.23.'de küreselliğin sağlanmaması durumunda kullanılacak olan çok değişkenli testler verilmiştir. Tabloda geçen çok değişkenli testlerin tamamı H_0: kitlede testler(gruplar) arasında farklılık olmadığı hipotezi altında yapılır. Her bir testte sig. 0,004<0,10 olduğu için %90 güven düzeyinde yokluk hipotezi reddedilir. Yani uygulanan beş test arasında farklılık vardır.

Tablo.4.24.'de verilen Denek İçi Etkiler Testi sonuçlarına bakıldığında, küresellik varsayımı sağlanmadığı için en üst satırda yer alan Küresellik Kabul sonuçları kullanılamamaktadır. Bunun yerine Greenhouse-Geisser veya Huynh-Feldt testlerinden birini kullanmamız gerekir. Hangi testi kullanacağımıza karar vermek için Mauchly Küresellik Testi tablosundaki Epsilon değerine bakarız. Eğer $\varepsilon > 0,75$ ise Huynh-Feldt düzeltmesi, $\varepsilon < 0,75$ ise Greenhouse-Geisser

düzeltmesi kullanılır. Mauchly Küresellik Testi tablosundaki epsilon değeri 0,273 ile 0,276 değerlerini aldığı için Greenhouse-Geisser düzeltmesi kullanılır. Buna göre sig. 0,082 < 0,10 olduğundan %90 güven düzeyinde beş test arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.24. Denek içi etkiler testi verileri

Ölçü: ÖLÇÜ_1

Kaynak		Tip III Karelerin Toplamı	df	Ortalamaları n Karesi	F	Sig.
Test	Küresellik Kabul	207204060,601	4	51801015,15	3,146	0,017
	Greenhouse-Geisser	207204060,601	1,093	189597739,1	3,146	0,082
	Huynh-Feldt	207204060,601	1,102	187946197,6	3,146	0,082
	Alt Sınır	207204060,601	1,000	207204060,6	3,146	0,086
Hata(test)	Küresellik Kabul	2041954841,07	124	16467377,75		
	Greenhouse-Geisser	2041954841,07	33.87	60272517,49		
	Huynh-Feldt	2041954841,07	34.17	59747497,68		
	Alt Sınır	2041954841,07	31.00	65869511,00		

Şekil 4.17.'de beş farklı testin ortalamalarının nasıl değiştiği görülmektedir. Ortalama değeri 2. testte en düşük olarak, 3. testte ise en yüksek olarak bulunmuştur. Bu grafik de testler

5.TARTIŞMA

Bu bölümde literatürde tez konusuyla ilgili çalışmalar bulunarak tez çalışmasıyla benzerlikleri ve farklılıkları incelenmiş ve aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

Reçine endüstrisinde Tolson ve Beet[20] tarafından yapılmış ve işyerinde antistatik ayakkabı testleri tartışılmıştır. Çalışma kapsamında antistatik ayakkabıların tabanlarının reçine endüstrisinde kullanılan çözücülerden ne kadar etkilendiği test edilmek istenmiştir. Bu çalışmada, PVC, kauçuk ve poliüretan tabanlı, iki üreticiden elde edilmiş toplam 70 çift ayakkabı test edilmiştir. Testler iki farklı reçine firmasında belli aralıklarla toplamda 4 test uygulanmıştır. Bu ayakkabılar çalışma ortamında çözücülere en çok maruz kaldığı düşünülen çalışanlara verilmiştir.

Yukarıdaki araştırmada elektrik direnci ölçümleri kişiler ayakkabıları giyerken yapılmıştır. İlk test laboratuvarda yapılmıştır. Sonraki testlerde ölçüm aparatları çalışma alanı konumlandırılmış ve işyerlerinde ölçümler alınmıştır. Ölçümler için çalışanlar ayakkabıları giyinik halde metal bir plakanın üstüne çıkmış ve 660 V uygulanarak test edilmiştir.

Tolson ve Beet[20] bu ölçümler sonunda ayakkabı tabanlarındaki direnç değerlerinin kullanım ömürleri boyunca tehlikeli olabilecek bir seviyeye yükselmediğini gözlemlemişlerdir. Test yapılan işyerlerinde vardiya sistemine bağlı olarak çok uzun süre kullanılan ve çamurlu yüzeye maruz kalan ayakkabılarda direnç değeri diğerlerinden daha düşük çıkmaktadır. Bununla birlikte yapılan ölçümlerde 1000 MΩ'dan büyük değere rastlanmamıştır. Sonuç olarak reçine endüstrisinde kullanılan ayakkabılar antistatik özelliklerini korumuşlardır.

Bu tez kapsamında yapılan araştırmada ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Bulgular kısmında da irdelendiği üzere, test sonuçlarında büyük değişkenlikler gözlemlenmiştir. Antistatiklik özelliklerini zaman içinde kaybeden ayakkabılara rastlanmıştır. Bu iki araştırmanın vardığı sonuçlar arasındaki fark aşağıda sıralanan nedenlerden kaynaklanabilir:

1. Tolson ve Beet'in[20] araştırması sadece reçine endüstrisindeki iki sektörde yapılmıştır. Bu tez kapsamındaki araştırma ise hiçbiri reçine sektöründe faaliyet göstermeyen 5 farklı sektördeki 5 farklı işyerinde gerçekleştirilmiştir.

2. Her iki araştırma kapsamında yapılan ölçümlerde kullanılan gerilim değerleri farklıdır. Tolson ve Beet'in[20] ölçümlerinde 660 V, bu tez kapsamındaki ölçümlerde ise 100 V gerilim değeri kullanılmıştır.
3. Her iki araştırma kapsamındaki ölçümlerin metodları ve kullanılan cihazlar birbirlerinden radikal şekilde farklıdır. Ayrıca iki araştırmada kullanılan ölçüm cihazları arasındaki teknoloji farkını dikkate almak gerekmektedir.
4. Tolson ve Beet'in[20] ölçümleri zamanının İngiliz Standart'ı dikkate alınarak, bu tez kapsamındaki ölçümler ise günümüzün Türk Standart'ını dikkate alarak gerçekleşmiştir.
5. Tolson ve Beet'in[20] araştırması İngiltere'de gerçekleşmiştir. Coğrafi ve iklimsel farklılıklar ölçüm sonuçlarını etkileyebilir.

Antistatik ayakkabı ölçümlerini içeren bir başka araştırma Demirkul'a[21] ait olan İSG uzmanlık tezi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 22 firmadan temin edilen antistatik özellikli numuneler elektrik direnci tayini testine tabi tutulmuştur. Her markanın ayakkabılarından üçer çift birer kez test edilmiş ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Yapılan elektrik direnci testi ile 8 firmanın elektriksel direncinin 1000 MΩ üzerinde olduğu ve antistatik özelliğinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca antistatik özelliği bulunan 14 firmaya ait numunenin 100 MΩ ile 1000 MΩ arasında yoğunlaştığı, 100 kΩ ile 100 MΩ arasında elektrik direncine sahip numune bulunmadığı görülmektedir. Elektrik direnci testinden başarı oranının % 64 olduğu anlaşılmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışma ile Demirkul[21] tarafından yapılan yapılan araştırma arasında şu farklılıklar vardır;

1. Demirkul'un araştırmasında birden fazla firmaya ait olan antistatik ayakkabılar aynı şartlar altında test edilmiştir. Bu araştırmada ise aynı firmanın aynı serisinden olan ayakkabılar her biri birbirinden farklı şartlar altında test edilmiştir.
2. Demirkul'un[21] araştırmasında her antistatik ayakkabı için tek ölçüm yapılmıştır. Dolayısıyla sabit bir başarı yüzdesi gözlemlenmiştir. Bu araştırmada ise her ayakkabıya farklı şartlarda beşer ölçüm yapılmıştır. Bu yüzden başarı yüzdeleri testten teste değişmektedir.
3. Demirkul'un[21] araştırmasının amacı farklı firmaların ürettiği antistatik ayakkabıların ölçüm değerlerinin karşılaştırılmasıdır. Bu araştırmanın amacı aynı

firmanın ürettiği ayakkabıların farklı koşullarda ve kullanım sürelerinde ölçülen değerlerinin kendi içinde karşılaştırılmasıdır.

Yurtdışı menşeili üretici firmalar tarafından yayımlanan "Antistatik Ayakkabı Kullanım Kılavuzunda"[22],[23] antistatik ayakkabıların kullanımı ile ilgili tavsiyelerde bulunulmuştur. Antistatik ayakkabıların işyerinde kullanımı esnasında elektriksel özelliklerinin değişebileceği vurgulanmıştır. İşyerlerindeki çeşitli çalışma koşullarında (örneğin ayakkabının esnemesi, kirlenmesi ve nemlenmesi durumunda, ıslak ortamda çalışma esnasında, çalışanın belli voltaja maruz kalması sonucunda) antistatik ayakkabıların koruyuculuk özelliğini yitirebileceği söylenmektedir.

Görüldüğü üzere bu araştırma sonucu elde edilen sonuç kullanım kılavuzunda[22],[23] yazan uyarılar ile uygunluk göstermektedir. Bu çalışma sonucunda da çeşitli kullanım koşulları altında antistatik ayakkabıların elektriksel özellikleri değişmektedir. Ayrıca kullanım klavuzunda kullanılacak antistatik ayakkabıların kullanım öncesi belli aralıklarla ve düzenli olarak test edilmesi tavsiye edilmiştir.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Statik elektriğin yol açabileceği iş kazalarına karşı korunma kapsamında KKD kullanımı en son çare olarak düşünülmelidir. Bu tür iş kazalarına karşı öncelikle toplu korunma yöntemleri düşünülmeli, bu tür tedbirler alındıktan sonra çalışanların KKD kullanması sağlanmalıdır. Bununla birlikte kullanılan KKD'ler ile ilgili koruyucu önlemler de alınabilir.

KKD'ler ile ilgili önlemler yanında statik elektriğin yol açabileceği risklere karşı toplu korunma önlemleri de alınabilir.Bunlar; iki veya daha fazla iletken malzemenin iletken bir kablo veya tel vasıtasıyla birbirine bağlanması, iletken malzemenin bir kablo veya tel ile toprağa bağlanılması yani topraklama işlemi, ortamın neminin %65 veya daha fazla bir miktara getirilmesinin sağlanmasıyla statik elektriğin kontrolünün sağlanması,iyonizasyon adı verilen avanın iletkenliğinin elektriksel olarak yüklenmiş iyonlar oluşturarak artırılması işlemi, iletken olmayan yüzeylerin iletkenleştirilmesi ve iyi yüzeyin temas eden arayüzey alanının azaltılması gibi yöntemler olabilir.

Aynı grup içindeki ölçümler arasında gün farkı bulunmaması ve ölçümlerin aynı gün içinde yapılabilmesi amacıyla araştırma beş işyerinde gerçekleştirilmiştir. İleride araştırmanın kapsamı birden çok kişi ile daha fazla işyerinde yapılarak genişletilebilir. Ayrıca iletken ayakkabılar gibi farklı elektriksel özelliklere sahip KKD'ler için de bu çalışmanın benzerleri yapılabilir.

Bu araştırma sonucunun bir çıktısı olarak hazırlanan "Koruyucu Ayakkabıların Seçimi" isimli broşür ekler kısmında gösterilmiştir.

Bu araştırmanın yöntemi ve sonuçları dikkate alınarak antistatik ayakkabıların elektriksel özelliklerinin korunması ve iyileştirilmesi hususunda, test standardı ile ilgili öneriler, üreticiyle ilgili tedbirler, kullanıcıyla ilgili tavsiyeler aşağıda belirtilmiştir;

- Kullanılan ayakkabıların ömrünün dikkate alınması gerekmektedir. Kullanımda, yalıtım elemanları ayakkabıların iç tabanı ile giyen kişinin ayağı arasında yer almamalıdır. İç taban ile ayak arasına ek parça konulmuşsa, ayakkabı/ek parça birleşimi elektrik özellikleri bakımından kontrol edilmelidir
- Mostralar ayakkabıların antistatik özelliği için önemli bir parçadır. Mostralarda bulunan iplik örgüler antistatiklik özelliğini artırmaktadır. Bundan dolayı ayakkabıların aynı üretici tarafından üretilen mostraları ile birlikte kullanılmalıdır.

- Antistatik ayakkabıların kullanılmadıkları zaman uygun koşullarda saklanması kullanım ömrü ve antistatik özelliklerin korunması açısından önem arz etmektedir. Ayakkabılar normal sıcaklık koşulları dışındaki sıcaklıklara maruz kalmayacak şekilde saklanmalıdır. Ayakkabıların kendi özel dolapları bulunmalı ve burada muhafaza edilmelidir.
- Üretici ürettiği antistatik ayakkabılar için uyguladığı kalite kontrol prosedürünü gözden geçirmelidir. Bu kapsamda örneğin yapılan kalite kontrol testleri sıklaştırılabilir. Ayrıca kullanıcının işyerinde çalışma şartlarında, belli aralıklarda ölçüm yapmalıdır.
- Üretici yapacağı ölçümler sonucunda antistatik ayakkabılarda elektriksel özellik bakımından sapmalara rastlar ise ölçüm sonucuna göre antistatikliği artıracak veya azaltacak uygun katkı malzemeleri kullanarak üretim prosesini yenilemelidir.
- İlgili TS EN ISO 20344 standardı gözden geçirilmedir. Bu kapsamda test metodu kullanıcının ayakkabıyı giydiği sırada ölçüm yapmaya elverişli hale getirilebilir. Böylece gerçek kullanım şartlarını daha iyi temsil edebilecek laboratuvar şartları oluşturulabilir. Şartlandırma koşulları gözden geçirilip çeşitlendirilebilir. Farklı şartlandırma koşulları için farklı direnç değer aralıkları belirlenebilir.

KAYNAKLAR

[1] *TS EN ISO 20344*,Türk Standartları Enstitüsü, Sayfa:20, 2014

[2] Kılıç, N., *İş kazaları ve istatistikleri,* İstanbul Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Koordinatörlüğü, Sayfa:60, İstanbul, 2013

[3] Kletz, T., *What went wrong? case histories of process plant disasters and how they could hare been avoided (5. Baskı),* Elsevier Inc, Sayfa:263-270, London, 2009

[4] Vijayaraghavan, G., Brown M., Barnes M.. *Practical grounding, bonding, shielding and surge protection(1.Baskı),* Elsevier Ltd, Sayfa:55-61, London, 2004

[5] Wilson, N. ve Lüttgens G., *Electrostatic Hazards(1.Baskı),* Elsevier Ltd, Sayfa:14-38, London, 1997

[6] Pavey, D., Electrostatic hazards in the process industries, *Process Safety and Environmental Protection,*Sayı:82, Sayfa:132-141, U.K., 2004

[7] Occupational safety and health service department of labour, *Guidelines for the control of static electricity in industry(2.Baskı),* New Zealand Department of Labour, Sayfa:4-16, Wellington, 1990

[8] Gibson, N., *Static electricity an industrial hazard under control?,* Journal of Electrostatics,Sayı:40, Sayfa:21-30, U.K., 1997

[9] Hearn, G., *Static electricity: concern in the pharmaceutical industry?,* Pharmaceutical Science & Technology Today, Sayı:7,Sayfa:286-287, U.K., 1998

[10] Martin, W ve Walters, J., *Safety and health essentials for small businesses(1.Baskı)*, Elsevier Inc.,Sayfa:202-233,London 2001

[11] Florczak, C. ve Roughton, J., *Hazardous waste compliance(1.Baskı),* Elsevier Inc.,Sayfa:107-110, London, 2001

[12] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, *Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkındaki Yönetmelik*, Resmi Gazete, Sayı: 28695, Ankara, 2013

[13] Erickson, P., *Emergency response planning for corporate and municipal managers(1.Baskı)* , Elsevier Inc.,Sayfa:171-173, London, 1999

[14] *TS EN ISO 20345*,Türk Standartları Enstitüsü, Sayfa:1-3, 2012

[15] *TS EN ISO 20346*,Türk Standartları Enstitüsü, Sayfa:4-6, 2014

[16] *TS EN ISO 20347*,Türk Standartları Enstitüsü, Sayfa:1-2, 2013

[17] https://oshwiki.eu/wiki/Protective_footwear_-_requirements_selection_and_ergonomy

[18] http://www.math.uah.edu/stat/sample/CLT.html

[19]http://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/MPH-Modules/BS/BS704_Probability/BS704_Probability11.html

[20]Tolson, P. Ve Beet L., The use of antistatic footwear in the resin manufacturing industry, *Journal of Occupational Accidents*,Sayı:8, Sayfa: 251-260, Amsterdam, 1987

[21]Demirkul, E., *Yerli üretim koruyucu ayakkabı sektörünün mevcut durumunun tespiti, ürün güvenliği ve isg uygulamaları yönünden incelenmesi*, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Sayfa: 47-65, Ankara, 2014.

[22] http://store.capeclogs.com/ccassets/SafetyShoes.pdf

[23] https://www.arco.co.uk/103/content/factsheets/SAFETYFOOTWEAR.PDF

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

SOYADI, adı : NURAN, Canberk

Doğum tarihi ve yeri : 18.04.1982, Kadıköy/İstanbul

Telefon : [redacted]

E-Posta : Canberk.nuran@csgb.gov.tr

Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet tarihi
Lisansüstü	Yıldız Teknik Üniversitesi/MBA	2009
Lisans	İstanbul Üniversitesi/Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	2007
Lise	Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi	2000

İş Deneyimi

- 2010-2011 arasında Tefaş Oto Sanayii'nde kalite Mühendisi ve kaynakhane Sorumlusu
- 2011 yılında Çelebi Yer Hizmetleri'nde operasyon memuru
- 2011-2012 arasında Bilginet Bilişim'de teknik destek ve IT elemanı
- 2013- İSGÜM KKD birimi deney personeli ve sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2015: 97,5)

Yayınlar

Sebze ve Meyvelerin İşlenmesi ve Saklanması Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi

EKLER

EK 1: TERAZİ LABORATUVAR ÇALIŞMA FORMU

İSGÜM	TERAZİ LABORATUVAR ÇALIŞMA FORMU					
SIRA NO	TARTIM TARİHİ	MALZEME ADI	TARTIM (mg)	TARTIM YAPAN	KONTROL EDEN	LABORATUVAR KOŞULLARI (SICAKLIK-NEM)
1	03.11.2015	Gelik Bilgen	4004,1 gr	Cenberle Nuran	Alper Yasin Özçelik	—
2	27.11.2015	Gelik Bilgen	3997,4 gr	Cenberle Nuran	Alper Yasin Özçelik	—
3	28.12.2015	Gelik Bilgen	3990,8 gr	Cenberle Nuran	Alper Yasin Özçelik	—
4	29.01.2016	Gelik Bilgen	3983,3 gr	Cenberle Nuran	Alper Yasin Özçelik	—

FR. 64 İlk Yayın Tarihi: 27.04.2009 Rev. No/Tarihi: 02/ 15.11.2012

EK 2: İÇ ELEKTROT APARAT KONTROL FORMU

İSGÜM	CİHAZ/APARAT KONTROL FORMU

Cihaz/Aparat Adı		Elektrik Direnci Test Cihazı ile Elektrot Aparatı			Cihaz Kalibrasyon-Bakım Kartı No			KKD 23 Aparatı	
Sıra No	Tarih	Referans Cihaz/Malzeme	Referans Değer (Varsa Düzeltme)	Tolerans	Ölçülen Değer (Varsa Düzeltme)	Sonuç	Ölçümü Yapan / İmza	Kontrol Eden / İmza	
1	03.11.2015	Kalibre çelik çetvel	≥ 2 cm²	–	20,16 cm²	Uygun	Cenberle Nuran	Alper Yaşın Özçelik	
2	27.11.2015	Kalibre çelik çetvel	≥ 2 cm²	–	20,16 cm²	Uygun	Cenberle Nuran	Alper Yaşın Özçelik	
3	28.12.2015	Kalibre çelik çetvel	≥ 2 cm²	–	20,16 cm²	Uygun	Cenberle Nuran	Alper Yaşın Özçelik	
4	29.01.2016	Kalibre çelik çetvel	≥ 2 cm²	–	20,16 cm²	Uygun	Cenberle Nuran	Alper Yaşın Özçelik	

FR.180 İlk Yayın Tarihi Tarihi: 15.10.2014 Rev. No/Tarihi: 00/-

EK 3: ELEKTRİK DİRENCİ CİHAZ APARAT FORMU

İSGÜM	CİHAZ/APARAT KONTROL FORMU

Cihaz/Aparat Adı		Elektrik Direnci Test Cihazı			Cihaz Kalibrasyon-Bakım Kartı No		KKD23	
Sıra No	Tarih	Referans Cihaz/Malzeme	Referans Değer (Varsa Düzeltme)	Tolerans	Ölçülen Değer (Varsa Düzeltme)	Sonuç	Ölçümü Yapan / İmza	Kontrol Eden / İmza
1	03.11.2015	Multimetre	100 Volt	+/-2 volt	99,5 volt	Uygun	Cemberle Nuran Alper	Alper Yayın Özcanlı
2	27.11.2015	Multimetre	100 Volt	+/-2 volt	99,5 volt	Uygun	Cemberle Nuran Alper	Alper Yayın Özcanlı
3	28.12.2015	Multimetre	100 Volt	+/-2 volt	99,5 volt	Uygun	Cemberle Nuran Alper	Alper Yayın Özcanlı
4	29.01.2016	Multimetre	100 Volt	+/-2 Volt	99,5 volt	Uygun	Cemberle Nuran Alper	Alper Yayın Özcanlı

FR.180 İlk Yayın Tarihi Tarihi: 15.10.2014 Rev. No/Tarihi: 00/-

EK 4: TERAZİ LABORATUVAR KONTROL FORMU

İSGÜM	TERAZİ LABORATUVAR KONTROL FORMU

Terazinin Markası / Modeli	
Bulunduğu Yer	İKD Laboratuvar Z11

Kontrol Tarihi	Tartılan Referans Ağırlık	Terazide Okunan Ağırlık	Sapma (*)	Sonuç	Yapan (İmza)
03.11.2015	4000 gr	4000,1 gr	0,1 gr	Uygun	
27.11.2015	4000 gr	4000,1 gr	0,1 gr	Uygun	
28.12.2015	4000 gr	4000 gr	0 gr	Uygun	
29.01.2016	4000 gr	4000 gr	0 gr	Uygun	

(*) Sapma 3mg (0,003g) geçer ise terazi kullanılmaz.

FR.83 İlk Yayın Tarihi Tarihi: 27.04.2009 Rev. No/Tarihi: 00/

EK 5: KORUYUCU AYAKKABILARIN SEÇİMİ BROŞÜRÜ

KORUYUCU AYAKKABILARIN SEÇİM KISTASLARI

- ✓ Kişisel koruyucu donanım seçimi yapılmadan önce işyerindeki risklerin ne olduğu açık ve net bir şekilde değerlendirilmelir.
- ✓ Seçimi yapılacak kişisel koruyucu donanım Kişiyi yeterli düzeyde korumalıdır. Yetersiz koruma sağlayan KKD'ler seçilmemelidir.
- ✓ Seçilecek kişisel koruyucu donanımın çalışanın yaptığı işe mani olmamasına veya yaptığı işte kendisine fazladan zorluk çıkarmamasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Seçilecek kişisel koruyucu donanımın standartlara uygun üretilmesi ve üzerlerinde uygun işaretlemelerin bulunmasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Seçilecek kişisel koruyucu donanımda kaliteden ödün verilmemelidir, maliyet kalite dengesi sağlanmalıdır.

ÖNEMLİ!

Koruyucu ayakkabıların tipleri ve özellikleri *TS EN ISO 20345, TS EN ISO 20346* ve *TS EN ISO 20347* standartlarında tanımlanmaktadır.

AYAK KORUYUCU ÖZELLİKLERİ VE İŞARETLEMELERİ

- ➢ Nüfuziyet Direnci: P
- ➢ İletken Ayak Giyecekleri: C
- ➢ Antistatik Ayak Giyecekleri: A
- ➢ Komple Tabanın Sıcağa Karşı Yalıtımı: HI
- ➢ Komple Tabanın Soğuğa Karşı Yalıtımı: CI
- ➢ Ayak Topuğunun Yere Basma Bölgesinin Enerji Absorpsiyonu: E
- ➢ Su Direnci: WR
- ➢ Bilek Koruması: AN
- ➢ Kesilme Direnci: CR
- ➢ Su Nüfuziyeti ve Absorpsiyonu: WRU
- ➢ Sıcak Temas Direnci: HRO
- ➢ Fuel Oil Direnci: FO
- ➢ Seramik Zemine Karşı Kayma Direnci: SRA
- ➢ Çelik Zemine Karşı Kayma Direnci: SRB
- ➢ SRA+SRB: SRC

DİKKAT!

Koruyucu ayakkabıların özelliklerini öğrenmek için ayakkabının kutusuna, diline ve ayakkabının dış tabanına bakınız.