T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çeşitli Tarım Makinalarında Değişik Amaçlarla Kullanılan Elektrik Kablolarında Korozyonun İncelenmesi

Mücella CİHAN
Yüksek Lisans Tezi
TARIM MAKİNALARI ANA BİLİM DALI

2006
TEKİRDAĞ

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çeşitli Tarım Makinalarında Değişik Amaçlarla Kullanılan Elektrik Kablolarında Korozyonun İncelenmesi

Elek. Öğr. Mücella CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Bülent EKER

2006

TEKİRDAĞ

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ TARIM MAKİNALARINDA DEĞİŞİK AMAÇLARLA KULLANILAN ELEKTRİK KABLOLARINDA KOROZYONUN İNCELENMESİ

Elek. Öğr. Mücella CİHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 26 / 06 / 2006 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

Prof. Dr. Selçuk ARIN	Prof. Dr. Bülent EKER	Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN
ÜYE	DANIŞMAN	ÜYE

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çeşitli Tarım Makinalarında Değişik Amaçlarla Kullanılan Elektrik Kablolarında Korozyonun İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma

Elek. Öğr. Mücella CİHAN

T. C.
Trakya Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bülent EKER

2006 , Sayfa: 53

Jüri: Prof. Dr. Selçuk ARIN
Jüri: Prof. Dr. Bülent EKER(Danışman)
Jüri: Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN

Son yıllarda malzeme bilimindeki gelişmeler, her sektör için varolan kaynakların doğru olarak tanımlanması ile yeni bir arayış içindedir. Bu arayışla tarım

makinelerindeki elektrik ve elektronik uygulamalar incelemeye alınmıştır. Tarım makinelerinde değişik amaçlarla kullanılan elektrik kablolarının, kullanım ortamına bağlı olarak bazı sorunları gündeme gelmiştir. Bu sorunlar içinde özellikle, kaliteli ve doğru elektrik kablosunun kullanılmaması ve bununla birlikte ortaya çıkacak sorunlar araştırılmaya başlanmıştır. İşte gerek yanlış tasarım gerekse kullanım sırasındaki hataların oluşturduğu etkiler sonucu, tarım makinelerinde kullanılan elektrik kablolarında yapısal sorunların oluşmasına neden olmuştur. Bu yapısal sorunlardan biri olan korozyonun, elektrik kabloları üzerindeki etkisinin azaltılması gerekmektedir. Bu araştırmada bu amaçla, başta traktör olmak üzere tarım makinelerinde kullanılan elektrik kablolarının; genel özellikleri, malzeme ve kullanım yerlerine göre değişik tiplerde deneyleri ve korozyon denemeleri yapılmıştır.

Bir traktörde yada tarım makinelerinde kullanılan elektrik kabloları, Türk Standardı 1435 (TS 1435) Taşıt Kabloları yada Alman Standardına (FLRY-B) göre yapılmaktadır. Bu iki standart arasında bazı farklılar söz konusudur. TS 1435 standardında yapılan kabloların özelliği; +90ºC 'ye kadar dayanabilirken, izolasyonu (PVC – yalıtımı), FLRY-B standardına göre daha kalındır. FLRY-B standardındaki kabloların özelliği; -40 ile +105ºC 'ye kadar dayanıklı olması ve izolasyonunun (PVC), TS 1435 standardına göre daha ince olmasıdır. Bu iki standardın arasındaki bu farka göre; deneylerde FLRY-B standardına göre yapılmış, bakır iletkenden çok telli ve izolasyon (PVC) özellikleri aynı olan kablo numuneleri kullanılmıştır.

Numuneler Çağatay Kablo San.ve Tic. Ltd. Şti.' nin kablo üretim kısmından gerekli inceleme ve kontroller sonucu alınıp, kalite – kontrol laboratuarında TS 1435 standardına göre deneylere tabi tutulmuştur. Bu standardın dışında, atmosferik ortam şartlarındaki korozyonun incelenmesi de yapılmıştır.

Bu deneylerde elde edilen sonuçlara göre; bir elektrik kablosunda telin cinsi, adeti, çapı, izolasyon malzemesi ve izolasyon kalınlığı, kablonun kullanıldığı yere göre deformasyona uğramıştır. Bu olumsuz etkileri önlemek için; iletken ve izolasyon malzemesinin kaliteli ve standartlara uygun şekilde yapılarak, uygun ortam şartlarına göre elektrik kabloları kullanılması sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Korozyon, Tarım Makinaları, Elektrik Kablosu, Türk Standardı

ABSTRACT

Master of Sciences Thesis

A Search on The Study of Corrosion in Electrical Cables Used for Different Purposes in Various Agricultural Machineries

Mücella CİHAN

Trakya University
The Institute of Naturel and Applied Sciences
Agricultural Machinery Mainscience Section

Supervisor: Prof. Dr. Bülent EKER

2006 , Page: 53

Jury: Prof. Dr. Selçuk ARIN
Jury: Prof. Dr. Bülent EKER (Supervisor)
Jury: Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN

In recent years, new developments in material sciences are mostly interested in correct understanding of the existing resources for every sector. This interest starts the

research of electrical and electronic applications of agricultural machines. Some problems depending on service environment come up in the agricultural machines about the electric cables which are used for the different purposes. These problems, such as not using the high quality and right cables which cause appearing new problems are started to research. Structural problems appear on the electric cables in the agricultural machines due to the effects of insufficient design and wrong using at service. Corrosion is the one of these structural problems. In this research, corrosion tests and different types of experiments are made. These tests and experiments are mainly interested in general properties, materials and service places of the electric cables in the agricultural machines, particularly in tractors. The aim is to decrease the effects of corrosion on the electrical cables.

The electric cables used in agricultural machines or in a tractor are produced in respect of Turkish Standards 1435 (TS 1435) Vehicle Cables or German Standards (FLRY-B). There are some differences between these two standards. The cables that are produced in respect of Turkish Standards 1435, can resist until +90ºC and their PVC isolation is thicker than the cables produced in respect of German standards (FLRY-B). However, the cables of FLRY-B standards can resist between –40ºC and +105ºC, and their isolation is thinner than the cables of TS 1435. As a result of these differences, the cable samples of FLRY-B standards with the same properties of copper multi-fiber conductor and PVC isolation are used in the experiments.

After doing necessary examinations and controls, samples are taken from cable production department of Çağatay Kablo San. ve Tic. Ltd. Şti. and tested in respect of TS 1435 in quality-control laboratory. Apart from this standard, examination of corrosion in atmospheric environment is also done.

As a result of these test and experiments, The parameters such as kind of fibers, number of fibers, diameter, kind of isolation material and isolation thickness effected the electric cable and caused deformation. To prevent these negative effects, electric cables made of high quality conductor and isolation materials with suitable standards should be used in convenient environment.

Key Words: Corrosion, Agricultural Machinery, Power Cable, Turkish Standards.

ÖNSÖZ

Doğada bulunan ve insanların kullanımına sunulan malzemelerin sayıları gittikçe azalmaktadır. Özellikle malzemelerde, yapısal sorunlara neden olan etkenler tespit edilerek çözümlemelerde başarı şansı arttırılabilmektedir.

Tarım alet ve makinelerinin kullanımı ile tarımsal aktivitelerde meydana gelen hızlı, olumlu yöndeki değişim tarım alet ve makineleri imalat sanayinde de daha modern ve teknolojik alet ve makinelerin imal edilmesine sebep olmaktadır. Özellikle gerek sistem çalışmalarını gerek kontrol noktalarını denetim altına alabilmek içinde elektrik ve elektronik yapı elemanlarından yararlanılmaktadır. Mekanizasyondan otomasyona geçiş aşamasında, tarım alet ve makinelerinde bu sistemlere mümkün olduğunca yer vermek artık zorunlu olmaktadır. İşte bu sistemlerin çalıştırılmasında, elektriksel gücü taşıyan elektrik kablolarının ayrı bir önemi vardır. Ancak uygulamada görülen tasarım ve kullanım hataları, bu kablo sistemlerini ya devre dışı bırakmakta yada kablo sistemleri üzerinde etkisi olan korozyon vb. etkilerin çoğalmasına ve neticede sistemin bozulmasına yol açmaktadır.

Bilindiği gibi korozyon; malzemeler üzerindeki elektrokimyasal değişimdir. Her alan için ayrı önemi olan, ancak elektriksel gücün iletilmesinde gerçekten önemli sorunlara neden olan korozyonun mutlaka kaynakları ve etkilerinin doğru olarak saptanması gerekmektedir.

Bu amaçla yapılan araştırmada; tarım alet ve makinelerinde kullanılan elektrik kablolarında korozyonun olumsuz etkilerini önlemek için sertlik, uzama, genleşme vb., benzin ve atmosferik ortam şartlarındaki deneyler sonucunda temel veriler elde edilmeye çalışılmıştır. Elde edilen bulgular; Çağatay Kablo San.ve Tic. Ltd. Şirketi., T.Ü. Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu olanaklarından yararlanılarak yapılmıştır.

Araştırmanın yürütülmesindeki değerli katkılarından ötürü, yukarıda anılan birimlerdeki yetkili kişilere ve yardımcı olan herkese ayrıca teşekkür ederim.

14.02.2006
TEKİRDAĞ
Ögr.Gör.Mücella CİHAN

İÇİNDEKİLER

Konu	Sayfa No
ÖZET	I
ABSTRACT	III
ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	VI
ŞEKİL DİZİNİ	VIII
ÇİZELGE DİZİNİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrik Kablolarının Yapısı ve Genel Özellikleri	1
1.2. Elektrik Kablolarında Korozyonun Önemi	4
1.3. Araştırmanın Amacı	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
2.1. Kablo Konusunda Yapılan Çalışmalar	6
2.2. Korozyon Konusunda Yapılan Çalışmalar	17
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Kablo malzemeleri	23
3.1.2. Deneylerde kullanılan ölçü aletleri ve cihazlar	24
3.2. Yöntemler	32
3.2.1. Düşük sıcaklıkta sarma deneyi	32
3.2.2. Isı ile büzülme deneyi	32
3.2.3. Damarın tutulması deneyi	33
3.2.4. Alev yayılmasına karşı dayanım deneyi	34
3.2.5. Aşırı sıcaklığa dayanım deneyi	34
3.2.6. Düşük sıcaklıkta darbe deneyi	35
3.2.7. Yağa karşı dayanıklılık deneyi	36
3.2.8. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyi	36
3.2.9. Benzine karşı dayanıklılık deneyi	37
3.2.10. Yüksek gerilim deneyi	38

3.2.11. Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyi 40
3.2.12. Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyi 41
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI 42
4.1. Düşük sıcaklıkta sarma deneyinin sonuçları 42
4.2. Isı ile büzülme deneyinin sonuçları 42
4.3. Damarın tutulması deneyinin sonuçları 42
4.4. Alev yayılmasına karşı dayanım deneyinin sonuçları 43
4.5. Aşırı sıcaklığa dayanım deneyinin sonuçları 43
4.6. Düşük sıcaklıkta darbe deneyinin sonuçları 43
4.7. Yağa karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları 44
4.8. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinin sonuçları 44
4.9. Benzine karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları 45
4.10. Yüksek gerilim deneyinin sonuçları 46
4.11. Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyinin sonuçları 47
4.12. Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyinin sonuçları 47
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 49
KAYNAKLAR 51
ÖZGEÇMİŞ 52
TEŞEKKÜR 53

ŞEKİL DİZİN

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
1.1.	YVŞV (NYFGbY) Kablosunun iç yapısı	3
2.1.	Çevre asitlerinin korozyon hızına etkisi	18
3.1.	Denemelerde kullanılan taşıt kabloları	23
3.2.	Etüv cihazı	24
3.3.	Termometre	25
3.4.	Yüksek gerilim test cihazı	26
3.5.	Mili ohmmetre	27
3.6.	Derin dondurucu	28
3.7.	Su havuzu	28
3.8.	Mandrel aparatı	29
3.9.	Yanma deneyinde kullanılan aparat	29
3.10.	Darbe deney aparatı	30
3.11.	Mega ohmmetre cihazı	30
3.12.	Kumpas	31
3.13.	Hassas terazi	31
3.14.	Deneylerde kullanılan ağırlıklar	31
3.15.	Düşük sıcaklıkta sarma deneyinin yapıldığı ortam	32
3.16.	Isı ile büzülme deneyinin yapıldığı ortam	33
3.17.	Damarın tutulması deneyinin yapıldığı ortam	33
3.18.	Alev yayılmasına karşı dayanım deneyinin yapıldığı ortam	34
3.19.	Aşırı sıcaklığa dayanım deneyinin yapıldığı ortam	35
3.20.	Düşük sıcaklıkta darbe deneyinin yapıldığı ortam	35
3.21.	Yağa karşı dayanıklılık deneyinin yapıldığı ortam	36
3.22.	Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinin yapıldığı ortam	37
3.23.	Benzine karşı dayanıklılık deneyinin yapıldığı ortam	38
3.24.	Pabuçsuz kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin yapıldığı ortam	39
3.25.	Pabuçlu kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin yapıldığı ortam	39
3.26.	Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyinin yapıldığı ortam	40
3.27.	Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyinin yapıldığı ortam	41

ÇİZELGE DİZİNİ

No	Çizelge Adı	Sayfa No
1.1.	Kablolarda kullanılan sembol ve harfler	3
2.1.	Alüminyum ve bakırın fiziksel özellikleri	9
2.2.	Bakır ve alüminyum çıplak iletkenin fiziksel karşılaştırılması	9
2.3.	Kalın yalıtımlı kablolar için boyutlar	15
2.4.	İnce yalıtımlı kablolar için boyutlar	15
2.5.	Ana yalıtkan malzeme cinsleri	16
2.6.	Metallerin çeşitli atmosferlerde saptanan ortalama korozyon hızları	22
3.1.	Denemelerde kullanılan taşıt kablolarına ait bazı özellikler	23
4.1.	Isı ile büzülme deneyi sonuçları	42
4.2.	Alev yayılmasına karşı dayanım deneyinin sonuçları	43
4.3.	Aşırı sıcaklığa dayanım deneyinin sonuçları	43
4.4.	Yağa karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları	44
4.5.	Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinde kullanılan ağırlıklar	44
4.6.	Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinin sonuçları	45
4.7.	Benzine karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları	45
4.8.	Pabuçsuz kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları	46
4.9.	Pabuçlu kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları	47
4.10.	Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyinin sonuçları	47
4.11.	Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyinin sonuçları	48

1. GİRİŞ

1.1. Elektrik Kablolarının Yapısı ve Genel Özellikleri

Elektrik enerjisinin iletimi ve dağıtımında kablolar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Hava hattı ve yeraltında kullanılmak üzere iki bölüm kablo çeşidi bulunmaktadır. Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında kullanılan kablolarda, iletkenleri birbirinden izole eden ve dış ortama karşı koruyan çeşitli yalıtkan kimyasal bileşimler kullanılmaktadır. Bu yalıtkan bileşimler, PE (Polietilen), PVC (Polivinil Klorür) ve XLPE (Çapraz bağlı polietilen) gibi sentetik karışımlardan oluşan yalıtkanlardır.

Elektrik kabloları değişik esaslara göre sınıflandırılırlar.

İşletme gerilimlerine göre kablolar;

-Alçak gerilim kabloları (1 kV kadar.)

-Orta gerilim kabloları (1 kV – 35 kV)

-Yüksek gerilim kabloları (380 kV kadar)

Kullanılan yalıtkan-sentetik bileşimlere göre kablolar;

-Kağıt izolasyonlu kablolar,

-PVC (Polivinilklorid) kablolar,

-PE (Polietilen) kablolar,

-XLPE (Çapraz bağlı polietilen) kablolar.

İletkenin yapıldığı malzemeye göre kablolar;

-Bakır iletkenli kablolar,

-Alüminyum iletkenli kablolar şeklinde sınıflandırılabilir.

Kabloların gruplandırılmasında bazı ortak tanımlar kullanılmaktadır. Bu tanımlamalar TSE (Türk Standartları Enstitüsü) ile VDE (Alman Standartları) göre gruplandırılmaktadır. Kablolarda kullanılan bazı temel kavramlar aşağıda belirtildiği gibidir.

Kablo: Elektrik enerjisini ileten, elektriğe karşı yalıtılmış bir veya birden fazla damardan oluşan bir malzemedir.

Damar: Kablonun yalıtılmış her bir iletkenidir. İletken kısım ile bunu çevreleyen yalıtkandan oluşur.

İletken: Elektrik enerjisini iletmeye yarayan yalıtılmamış tel veya tel demetidir.

Kılıf: İletkeni yalıtmak, mekanik etkilerden korumak amacı ile kullanılır. İletkeni damar veya damarları içine alan, yalıtkan veya metalden yapılmış bir gömlektir.

Yalıtkan kılıf: Çıplak iletkenlerini yalıtan ilk kılıftır. Bu kılıfta kullanılan malzemenin cinsine bağlı olarak kablo, PVC izolasyonlu, kağıt izolasyonlu, lastik izolasyonlu olarak adlandırılır.

Ortak kılıf: Çok damarlı kablolarda damarları kaplayan yalıtıcı ve doldurucu bir kılıftır. Damar demetine istenilen çevre biçimini vermeye yarayan ve yalıtkan kılıfın üstüne gelen ikinci bir kılıf olarak adlandırılır.

Koruyucu dış kılıf: Çok damarlı kablolarda kabloya silindir biçimi vermek amacı ile dolgu malzemesinden yapılan, kabloyu dış etkilere karşı koruyan ortak kılıftır.

Ekran: Elektrik kablolarını, yüksek gerilime karşı korumak veya haberleşme tesislerine olan etkisini azaltmak amacı ile kullanılan metal sargıdır. Genellikle her damar üzerine helisel şekilde sarılan bakır şeritlerden oluşur.

Konsantrik iletken: Bir damarlı kabloda yalıtkan kılıfın, çok damarlı kabloda ortak kılıfın üzerine gelen bakır telden yapılmış sargıdır. Bu sargı nötr iletkeni olarak kullanılır.

Zırh: Kabloyu mekanik etkilerden koruyan, yuvarlak tel veya yassı metal şeritlerden yapılmış, örgü veya sargı şeklinde ortak kılıf üzerine sarılır.

Termoplastik yalıtkan: Polivinil Klorür (PVC), polietilen (PE) gibi ısıtılarak şekillendirilen ve zamanla ilk sertliği değişmeyen polimer (plastik) maddelerdir.

Lastik yalıtkan: Sentetik veya doğal kauçuğa veya bunların karışımına bazı katkı maddeleri katılması ile elde edilen hamurun vulkanize edilmiş durumudur.

Kabloların üzerinde bir takım sembol ve harfler kullanılmaktadır. Bunlar Çizelge 1.1. de verilmiştir.

Çizelge 1.1 . Kablolarda kullanılan sembol ve harfler (ANONYMOUS, 2006).

TSE 212	VDE 0271	Anlamı
Y	**N**	Ağır işletme şartlarına dayanıklı, sabit tesislerde kullanılan kablo.
A	**A**	İletken malzemesinin alüminyum olduğunu gösterir. Harf yoksa kablo bakır iletkenlidir.
V	**Y**	Yalıtkan kılıfı PVC maddesinden yapıldığını gösterir.
V	**Y**	Koruyucu dış kılıfın PVC maddesinden yapıldığını gösterir.
M	**C**	Konsantrik iletken anlamına gelir.
MH	**E**	Her damar üzerine ekran sarıldığı anlamına gelir.
Ş	**F**	Zırh anlamına gelir.
O	**R**	Zırh yuvarlak kesitlidir.
ÇÇ	**Gb**	Zırh kesitinin dikdörtgen olduğunu gösterir.Galvanizli çelik şerit.
	S	Sper anlamına gelir.
	SE	Her bir damarda ayrı, ayrı bulunan bakır şeritin oluşturduğu ekran.
	r_e	Dolu kesit
	r_m	Yuvarlak çok telli kesit
	s_e	Sektör dolu kesitli
	s_m	Sektör çok telli



Şekil 1.1. YVŞV (NYFGbY) Kablosunun iç yapısı (siemens)

Şekil 1.1. ’de ağır işletme koşullarında toprak altında veya su altında kullanılan bir kablonun yapısı verilmiştir.

PVC ve lastik yalıtımlı kabloların diğer kablolardan üstünlükleri;

Çalışma ısıları yüksektir ve yanmazlar, çünkü alevi iletmezler.

Malzemenin akma tehlikesi yoktur.

Mekaniksel sağlamlığı ve bükülebilirliği artarken, neme karşı duyarlılığı azalmıştır.

1.2. Elektrik Kablolarında Korozyonun Önemi

Elektrik kablosu içinde bulunan iletkenler vasıtasıyla, elektrik akımı diğer elektriği kullanan makine parçalarına iletilir. Bu akım iletiminin verimli olabilmesi, iletken tellerin dış ortam şartlarından ve korozyonun olumsuz etkisinden kurtulması için gerekli yalıtımın iyi yapılması gerekir. Yalıtımın iyi yapılmadığı bir elektrik kablosu, traktör gibi bir tarım makinesinde kullanıldığında dış ortam şartlarına maruz kalacaktır. Elektrik akımı en kolay yolu seçmek isteyeceğinden kayıp artacaktır. Tellerdeki elektrik akımının iletimi azalacağından, bu verimsiz çalışma diğer elektrikle çalışan sistemleri de etkileyecektir.

Teorik olarak iletkenler, akkor hale gelene kadar akım taşıma kabiliyetine sahiptirler. Kablolarda yalıtım malzemesinin zarar görmemesi için, kablo iletkeninin taşıyabileceği akım değerine göre kesitin belirlenmesi gerekmektedir. Kablolar kullanılacağı yerdeki mekanik koşullar göz önüne alınarak seçilmelidir. Mekanik zorlanma olan yerlerde, buna dayanıklı kablo cinsleri seçilmelidir.

Metaller üzerinde etkili olan korozyonun bu olumsuz etkisi üzerine, elektrik akımının iletimini yapan elektrik tellerinin izolasyonunun kullanılacağı ortam şartlarına dayanıklı olması gerekir. Ayrıca seçilecek iletken tellerin çeşidi, fiziksel ve elektriksel özelliği, akım taşıma kapasitesi gibi özelliklerine de dikkat edilmelidir. Bununla birlikte elektrik tellerinin dış ortamdan yalıtımını sağlayan ve temasa karşı çevreyi koruyan izolasyon malzemesinin, kullanıldığı tüm ortamdaki olumsuzluklara cevap vermesi istenir.

1.3. Araştırmanın Amacı

Son yıllarda görülen malzeme bilimindeki gelişmeler vasıtasıyla, elektrikli sitemlerdeki verim artmaktadır. Tarım makinelerinde değişik amaçlarla kullanılan elektrik kablolarının, kullanım ortamına bağlı olarak bazı sorunları ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar özellikle, yanlış elektrik kablosu kullanımı ve bu kullanım ile ortaya çıkan verimsiz çalışma, korozyon kayıpları gibi olumsuz etkiler olarak görülmüştür.

Bu araştırmanın amacı, tarım makinelerinde değişik amaçlarla kullanılan elektrik kablolarının elektriksel ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi, bu kablolarda meydana gelen korozyonun nedenleri ve etkilerini saptamaktır. Bu sayede tarım makinelerinde kullanılacak uygun kablo tipleri, özellikleri ile daha uzun ömürlü bir çalışma sağlanacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kablo Konusunda Yapılan Çalışmalar

ATEŞ A.,1997 ; Elektrik kabloları, elektrik akımını iletmeye yarayan dışı plastik bir yalıtkanla kaplanmış genellikle bakır özel birkaç çeşidine ise alüminyum iletkenlerden meydana gelen dairesel kesitli teller olduğundan söz etmiştir. Elektrik kabloları ihtiva ettikleri iletken sayısına göre tekli veya çoklu kablolar, iletkenin yalıtkan içindeki konumuna göre paralel veya koaksiyel (eşmerkezli) kablolar olarak türlere ayrıldığı gibi kullanıldığı yerlere göre de alçak orta ve yüksek gerilim kabloları olarak da türlere ayrıldığını belirtmiştir. Yine aynı çalışmada, elektrik ve elektronik cihazların yaygınlaşması elektrik kablosuna olan talebi arttırmakta olduğunu, elektrik kablolarının çok özel bir iki çeşidi hariç bütün çeşitlerinin ülkemizde üretildiğinden bahsetmektedir. Türkiye elektrik kabloları üretiminin yaklaşık %95'ini sektörün liderleri durumunda bulunan 15 büyük işletmenin gerçekleştirmekte olduğunu vurgulamıştır. Ülkemizde elektrik kabloları üretiminde bulunan işletmeler İstanbul'da yoğunlaşmış olmakla birlikte Kocaeli, Bursa, Bolu, Denizli, Tekirdağ, Kayseri ve Tokat'ta da kablo üretimi yapan işletmelerin mevcut olduğuna da değinmiştir.

ANONYMOUS, 2006 ; Bir iletkendeki yüklerin hareket edebilmesi için iletkenin uçları arasına bir elektrik alanı uygulanmalıdır. İletken içinde böyle bir elektrik alan batarya , akümülatör, dinamo gibi kaynaklarla sağlanır. Elektrik akımının oluşması için, enerji sağlayan bu elektrik kaynaklarına üreteç yada elektromotor kuvvet (EMK) denir. Elektrik, durağan yada devingen yüklü parçacıkların yol açtığı fiziksel olgudur. Elektrik yükü, maddenin ana niteliklerinden biridir ve temel parçacıklardan kaynaklanır. Elektrik olgusunda rol oynayan temel parçacık yükü, negatif işaretli olan elektrondur. Elektriksel olgular çok sayıda elektronun bir yerde birikmesiyle yada bir yerden başka yere hareket etmesiyle ortaya çıkar. Elektrik yükünün elektronlarca taşındığı bir tel içindeki akım, birim zamanda telin herhangi bir noktasından geçen yük miktarının ölçüsüdür. Elektrik yükünün elektronlarca taşındığı bir tel içindeki akım , birim zamanda telin herhangi bir noktasından geçen yük miktarının ölçüsüdür. Elektrik devresi; elektrik akımının iletilmesini sağlayan, iletken yada iletkenler zinciri ve öğeler dizisidir. Bir elektrik devresinde, akımı oluşturan yüklü parçacıklara enerji veren pil

yada üreteç türü bir aygıt ile lambalar; elektrik motoru yada elektronik bilgisayar gibi akım kullanan aygıtlar ve bağlantı telleri yada iletim hatları bulunur.

Elektrik akımının iletilmesini sağlayan iletken malzemeler, genel olarak alüminyum ve bakırdan üretilmektedir.

Alüminyum, yeryüzünde oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü element olmasına rağmen, endüstriyel çapta üretimi 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlanması ile gerçekleşmiştir. Alüminyum, diğer çok kullanılan metaller olan demir, kurşun ve kalay gibi, doğada bileşikler halinde bulunur.

Alüminyumun genel özellikleri:

Sembol: Al

Atom Numarası: 13

Atom Ağırlığı: 27

Yoğunluk: 2,7 gr/cm3

Ergime Derecesi: 660 ° C

Kaynama Derecesi: 2300 ° C

Isı İletkenliği (K): 2,37 W/cm/K (25° C'de

Elektrik iletkenliği: 64,94%IACS (Saf Al,2° C'de)

Alüminyum i letkenler: Bakırdan daha hafif olan alüminyum, elektrik enerjisinin nakledilmesinde büyük avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle günümüzde enerji nakil hatları alüminyumdan yapılmaktadır.

Çelik özlü alüminyum iletkenler: Yüksek voltajlı elektrik nakil hatlarında tercih edilen tek malzeme olmuştur. Alüminyum, yer altı kablolarında, elektrik borularında ve motor bobin sarımında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Elektronikte, alüminyum kullanım yerleri arasında, şaseler, yongalar, transistör soğutucuları, data kayıt diskleri ve elektronik cihazların kasaları bulunmaktadır. Alüminyum iletkenler, elektrik enerjisinin naklinde kullanıldığından, kaliteleri ayrı bir önem taşır.

Makine elemanları uygulamalarında, yüksek dayanım/ağırlık oranı, korozyona dayanımı ve işleme kolaylığı, alüminyumun üstün özellikleridir. Hassas toleranslarda işleme kolaylığı sayesinde, standart birimlerden büyük parçaların yapılması mümkün olur.

Vites kutuları, motor blokları ve silindir kafaları kolaylıkla alüminyum döküm ile yapılır. Son uygulamalarda krank mili yataklarında alüminyum kullanılması, bu parçaların uzun ömürlü olmasını sağlamıştır. Son yıllarda otomotiv piyasasında

yanlışlıkla "çelik jant" denilen gösterişli, parlak, boya ve bakım gerektirmeyen "hafif alaşımlı" jantlar "alüminyum"dur. Uzay araçları dahil olmak üzere hava taşıtları, daha iyi binalar ve köprüler, elektrik nakil hatları, diğer mühendislik uygulamaları için alüminyum vazgeçilmez malzemedir.

Yakın zamana kadar, elektrik enerji iletim ve dağıtımında, bakır, uygun özellikleri nedeni ile bu alandaki ana iletken malzemesi olmuştu. Bakır, yüksek elektrik geçirgenliği, işlenebilme ve mekaniksel özellikleri iyi olan bir metaldir.

Bakır ve Alüminyumun Karşılaştırılması: Bakır, yüksek elektrik geçirgenliği, işlenebilme ve mekaniksel özellikleri iyi olan bir metaldir. Pek çok ülkede, alüminyumun iletim ve dağıtım sistemlerinin tüm elemanları için bakırın yerine, ana iletken malzemesi olarak kabul edilmesinde pek çok neden bulunmaktadır. Alüminyum bakıra göre çok hafiftir, alüminyumun yoğunluğu, yaklaşık olarak bakırın % 30'u kadardır. Özellikle, hava hattı direk konstrüksiyonlarında hafiflik çok önemlidir, çünkü ağır iletkenler, ağır direk yapılarına ihtiyaç gösterir. Ayrıca, alüminyum iletkenlerin taşınması, işlenmesi ve montajı, ağır bakır iletkenlere göre daha kolaydır. Alüminyumun hafifliği, ağır bakır iletkenlere göre birçok avantaj sağlamaktadır. Alüminyum cevheri, yer yüzü kabuğunda en çok bulunan bir metaldir, yaklaşık yer yüzünün % 8' ini kapsamaktadır.

Günümüzde bakır cevherleri çok azalmış ve sınırlı olması sonucu bakır fiyatları yüksek ve yükselme eğilimindedir. Alüminyum ucuzluğun, hafifliğin ve özelliklerinin verdiği avantajları nedeni ile alüminyum çıplak iletken ve kablo fiyatları, bakır çıplak iletken ve kablo fiyatlarının çok altındadır.

Bakır ve Alüminyumun Teknik Değerlendirilmesi:

Alüminyum veya Bakır çıplak iletkenli hava hatlarının, yer altı kablolarının montajı, tesisi, kullanılan bağlantı parçaları, ek ve kablo uçları genelde büyük farklılık göstermez. Ancak alüminyum ve bakırın fizik ve mekanik özellikleri bakımından iki ayrı metal olduğu unutulmamalıdır. Aşağıdaki çizelgede, iletken ve kabloların müşterek malzemesi olan E-Cu (Elektrolitik bakır), E-Al (Elektrolitik Alüminyum) ile bazı hava hatları ve kablolarda da kullanılan alüminyum alaşım AlMgSi' yumun fiziksel özellikleri bulunmaktadır.

Çizelge 2.1. Alüminyum ve bakırın fiziksel özellikleri (Anonymous, 2006).

Özellikler	Birim	E-Cu Bakır	E-Al Alüminyum	AlMgSi Al Alaşım
Özgül Ağırlık	kg/dm^3	8,9	2,7	2,7
Çekme Gerilmesi (sert...tavlı)	kg/mm^2	450...240	180...80	310
Kopma uzaması (sert...tavlı)	%	1...35	2...35	3
Elastisite Modülü	kN/mm^2	120	70	70
Ergime sıcaklığı	^0C	1083	658	658
Isı genleşme katsayısı	$10^{-6} / ^0C$	16,6	23,8	23,0
+20 ^{0}C'de direnç ısı değişim katsayısı	$1/ ^0C$	0,0039	0,0040	0,0036
+20 ^{0}C'de iletkenlik	IACS %	97...100	61...62	53
+20 ^{0}C' de özgül direnç	mm^2/m	0,01786	0,02857	0,03280

Bakır iletken değerleri 1 olarak kabul edilmek şartı ile eşdeğer alüminyum çıplak yuvarlak iletkenin fiziksel karşılaştırılması:

Çizelge 2.2. Bakır ve alüminyum çıplak iletkenin fiziksel karşılaştırılması (Anonymous,2006).

Şartlar	Bakır	Alüminyum
Eşit Kesit	1	1
* Ağırlık	1	0,3
* İletkenlik	1	0,625
* Akım Taşıma Kapasitesi	1	0,8
Eşit İletkenlik	1	1
* Kesit Alanı	1	1,6
* Çap	1	1,3
* Ağırlık	1	0,49
Eşit Sıcaklık Artışı	1	1
* Kesit Alanı	1	1,4
* Çap	1	1,17
* Ağırlık	1	0,42

Elektriksel eşitlik sağlanmak şartı ile bir tesis için gerekli bakır iletken ağırlığının yarısı ağırlığında alüminyum iletkene ihtiyaç vardır. Bakır ve alüminyum birim fiyatları (TL/kg) eşit olarak kabul edilmek şartı ile diğer bir deyişle aynı tesis, bakır için gerekli yatırımın yarısı ile alüminyum iletken kullanılarak gerçekleştirilebilir.
Bir tesiste kablo seçimini etkileyen başlıca yapısal etkenler aşağıda özetlenmiştir:

- En yüksek işletme gerilimi,
- Yalıtım seviyesi,
- Frekans,
- Taşınacak yük,
- Günlük yük eğrisi,
- Oluşabilecek aşırı yüklerin süre ve büyüklüğü,
- Kısa devre akımlarının süre ve büyüklüğü,
- Sistemin nötr noktası detayı (yalıtılmış, doğrudan topraklı, Petterson bobinli),
- Kablonun hava hattı ile bağlantısı,
- Kullanılan teçhizatın yalıtımı (çıplak iletken izolatörleri, parafudrlar, vs.)
- Gerilim düşümü,
- Hattın uzunluğu,
- Hattın profili,
- Tesis edilme şekli (doğrudan toprak içi veya kanal, havada, tünel içinde vs.),
- Toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri (taş, kum, balçık, kuru, nemli, korozif vs.),
- Havanın ve toprağın en az ve en çok çevre sıcaklığı (sıcak su borularına yakınlığı),
- Uyulması gereken yönetmenlik ve şartnameler.

GÜNAYDIN, S. ; Kablo tipini seçmek için aşağıda belirtilen değişkenleri kullanmak gerektiğinden bahsetmiştir.

İletkenin malzemesi (bakır veya alüminyum); iletken malzemesinin seçimi maliyet, boyut, ağırlık ve korozif (aşındırıcı) ortamlara karşı dayanım (kimyasal ve oksitlendirici maddelerin varlığı) kriterlerine göre yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Genel olarak, bakır iletkenin akımı taşıma kapasitesi, aynı kesitli alüminyum iletkene göre %30 daha fazla ve ayrıca bakır iletken kesitindeki, bir alüminyum iletkenin elektrik direncinin %60 daha fazla olduğunu açıklamıştır.

Yalıtkanın malzemesi (PVC, XLPE, EPR); yalıtkan malzemenin cinsi, normal çalışma ve kısa devre koşullarında oluşan maksimum sıcaklığı etkilediğini ve bununda iletkenin kesitini etkin olarak belirlediğini belirtmiştir.

İletken tipinin (çıplak, kılıfsız tek damarlı, kılıflı tek damarlı , çok damarlı); mekanik dayanım, yalıtkanlık derecesi ve tesisat zorluğu (dönüşler, tesisat boyunca olabilecek ekler, engeller) gibi tesisat yönteminin gereklerine göre seçilmesi gerektiğinden bahsetmiştir.

ANONYMOUS, (2000) ; Elektrik Kuvvetli Akım Tesisler Yönetmeliği'nde yer alan, elektrik kabloları ile ilgili bazı tanım ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Madde 43. İletkenler-a) Çıplak iletkenler:

1) İletkenlerin özellikleri ve kullanılması:

i) İletkenler bakır, tam alüminyum, çelik özlü alüminyum yada sağlamlık ve kimyasal dayanıklılık bakımından bunlara eşdeğer olan alaşımlardan yapılmalıdır. İletkenler ilgili standartlara uygun olacaktır.

ii) Bir telli (som) yada örgülü çelik iletkenler, ancak kullanıldıkları yerde oluşabilecek korozyon etkilerine karşı sürekli olarak dayanabilecek şekilde metal örtü ile kaplandıkları takdirde kullanılabilir.

iii) Kesitleri ve cinsleri ne olursa olsun hava hatlarında kullanılan alüminyum iletkenler ile, kesitleri 16 mm²'den (16 mm² dahil) büyük bakır iletkenler örgülü olmalıdır.

iv) Bir merkezin çıkışı ile ilk mesnet noktası olan direk arasında ve direk üstündeki köprüleme ve atlamalarda bir telli iletken de kullanılabilir.

v) Yüksek gerilimli hava hatlarında yalnız örgülü iletkenler kullanılır.

vi) İletkenlerin kopma kuvveti, alçak gerilimli hatlarda en az 350 kg., yüksek gerilimli hatlarda ise en az 550 kg. olmalıdır.

Madde 58-Kablolar:

a) Kablo seçimi: Kablo seçiminde aranılan öteki koşulların yanında aşağıdakiler de göz önünde bulundurulacaktır:

1) Anma gerilimi: Kablolar için iki anma gerilimi kullanılır:

U: Fazlar arası gerilim,

U0: İletken ile metal kılıf yada toprak arasındaki gerilim.

2) Yük akımı: Kablo kesitleri, yük akımına bağlı olarak çeşitli kablo tiplerine, döşeme durumlarına ve ortam koşullarına göre standartlarda belirtilen yada yapımcılar

tarafından bildirilen yükleme durumlarına göre belirlenir. Kablo kesitinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulacak koşullardan bazıları aşağıdadır:

- Gelecekte yük artışları,
- İzin verilen iletken sıcaklığı (sürekli kullanmadaki iletken sıcaklığı, seçilen kablo tipi için belirtilen değerlerden büyük olmamalıdır.),
- Kabloda oluşan ısının dışarıya atılmasında etkili olan ortam koşulları (toprağın ısıl direnci vb.),
- Kablonun tek yada çok damarlı oluşu,
- Kablonun havada yada yeraltında döşenmiş olması,
- Kablonun döşenme yöntemi,
- Özgül ısı dayanımı.

Bu hesapların yapılmasında, ilgili standartlarda yer alan kablolarla ilgili çizelgelerden yararlanılacaktır.

3) Kısa devre dayanımı: Kablolar kullanılacakları şebekelerde oluşacak kısa devre akımlarına dayanmalıdır. Kabloların kısa devre dayanıklılığı hesapla gösterilmelidir. Kısa devre sonucunda kablo iletken sıcaklığı PVC yalıtkanlı kablolarda en çok 160°C, XLPE yalıtkanlı kablolarda en çok 250°C olacaktır. Özellikle tek damarlı kablolarda kablo tutturma parçaları, kısa devrenin neden olacağı kuvvetlere dayanacak boyutta seçilmeli ve aralarında yeterli açıklık olmalıdır.

4) Gerilim düşümü: Kabloların gerilim düşümü hesaplanırken omik dirençten başka endüktif empedans da göz önüne alınmalıdır. Gerilim düşümü indirici trafo merkezlerinin sekonderinden itibaren yüksek gerilim dağıtım şebekelerinde %7'yi aşmamalıdır. Ancak ring şebekeler için ayrıca arıza hallerinde ringin tek taraflı beslenmesi durumu için gerilim düşümü tahkikleri yapılmalıdır. Bu durumda gerilim düşümü %10'u aşmamalıdır. Alçak gerilim tesislerinde gerilim düşümü %5'i aşmamalıdır. Kendi transformatörü bulunan tesislerde, transformatörlerin AG çıkışından itibaren gerilim düşümü bakımından en kritik durumda olan tüketiciye kadar olan toplam gerilim düşümü aydınlatma tesislerinde %6,5 ,motor yüklerinde %8'i aşmamalıdır.

5) Etkin güç kaybı: Kablo kesiti madde 58-a/2, 3 ve 4'de belirtilen yöntemlere göre hesaplanacak en büyük kesite uygun olarak seçilir. Ancak hat kayıpları da göz önüne alınarak daha büyük kesitli (ekonomik kesit) kablolar kullanılabilir. Önemli kablo

hatlarında ekonomik hesap, kablo maliyeti, hat kayıpları, yıllık kullanma süresi, enerji fiyatı, reel faiz, amortisman süresi göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu durumda ekonomik kesite çıkılması tavsiye edilir.

6) Dielektrik kaybı: Özellikle yüksek gerilimli ve uzun kablolar kullanıldığında özel koşullar dışında dielektrik kaybı düşük olan kablolar (XLPE gibi) seçilmelidir.

7) Mekanik koşullar: Kablo, kullanılacağı yerdeki mekanik koşullar göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Mekanik zorlanma olan yerlerde, buna dayanıklı kablo cinsleri seçilmelidir.

8) Kimyasal etkiler ve dış etkiler: Kablolar döşendikleri yerlerdeki kimyasal etkilere, su, rutubet ve hava koşulları ile öteki çevre etkilerine dayanacak tipte seçilmelidir.

9) Kablolar işletme koşullarına uygun tipte seçilmelidir.

10) Yer durumu*:* Kablolar döşenecekleri yerlerin özelliklerine uygun tipte seçilmelidir. İnsanların yoğun bulunduğu, paniğin yaşanabileceği tüm yapılar, yüksek katlı binalar, hastaneler, tüneller, tiyatrolar, okullar, alış-veriş merkezleri gibi yapı ve yerlerde yangın anında az duman çıkaran, halojensiz özellikli kablolar kullanılmalıdır.

ANONYMOUS, 1994 ; Türk Standardı TS 1435 de yer alan, taşıt kabloları ve özellikle traktör kablolarına ait bazı tanım ve açıklamalar aşağıda verilmiştir.

Taşıt kabloları, taşıtların elektrik tesisatında kullanılan kablolardır.

-Yüksek Gerilim Taşıt Kablosu: Karayolu taşıtı motor ateşleme sistemlerinde kullanılan ve ateşleme için gerekli yüksek gerilim darbelerine dayanabilen ekranlanmamış kablodur.

-Alçak Gerilim Taşıt Kablosu: Karayolu taşıtlarının 50 volta kadar olan gerilimdeki sistemlerinde ve akü bağlantılarında kullanılan ekranlanmamış kablodur.

Bu standart, karayolu taşıtlarının motor ateşleme sistemlerinde kullanılan ekranlanmamış yüksek gerilim kabloları ile 50 volta kadar olan gerilimdeki elektrik sistemlerinde ve akü bağlantılarında kullanılan ekranlanmamış alçak gerilim kablolarını kapsar.

Bu standardın kapsamına giren taşıt kabloları kullanıldıkları gerilime göre;

-Yüksek gerilim taşıt kablosu,

-Alçak gerilim taşıt kablosu olmak üzere iki sınıftır.

Yüksek gerilim ve alçak gerilim taşıt kabloları, yalıtımın ısıl özelliklerine göre;

A tipi, B tipi, C tipi, D tipi, E tipi, F tipi olmak üzere 6 tipe ayrılır.

Alçak gerilim taşıt kabloları, yalıtımın kalınlığına göre;

-Kalın yalıtımlı,

-İnce yalıtımlı olmak üzere 2 tipe ayrılır.

Bu standardın kapsamına giren 6 tip yüksek gerilim taşıt kablolarının her biri;

-Bakır iletkenli kablolar (Tür 1),

-Çelik iletkenli kablolar (Tür 2),

-Omik kablolar (Tür 3),

-Reaktif kablolar (Tür 4) olmak üzere 4 türe ayrılır.

Alçak gerilim taşıt kablolarının her biri ise;

-Tek damarlı,

-Çok damarlı olarak 2 türe ayrılır.

Alçak Gerilim Taşıt Kabloları: Bütün kablo tiplerinin iletkenleri, demetlenmiş veya örülmüş yumuşak tavlanmış bakır tellerden meydana gelmelidir. İletken kesitleri ve boyutları Çizelge 2.3. ve Çizelge 2.4. 'e uygun olmalıdır. Bütün kablo tiplerinde yalıtımın kalınlığı, herhangi bir noktada anma değerinden, anma değerinin %10'u + 0,1mm'den daha küçük olmamalıdır. Kablonun çevresi boyunca çeşitli noktada yapılan 6 ölçme ile belirlenen ortalama değer en azından anma değere eşit olmalıdır. Yalıtım homojen olmalı ve iletken etrafına eş merkezli olarak yerleştirilmelidir. Yalıtım iletkenlere sıkıca yapışmalı, ancak, bağlantı işlemi için uygun durumda ve temiz olarak iletkenlerden kolayca soyulmalıdır. İmalatı tamamlanmış kablonun anma yalıtım kalınlığı ve maksimum dış çapı Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4 'e uygun olmalıdır.

Taşıt kablo yalıtımları için tercih edilen renkler; siyah, beyaz, mavi, portakal, kahverengi, yeşil, menekşe, kırmızı, sarı, gri olmalıdır. İlave renk kodlaması gerektiğinde, çeşitli renkteki şeritler, boylamasına spiral olarak veya önceden belirtilen başka bir şekilde uygulanabilir.

Çizelge 2.3. Kalın yalıtımlı kablolar için boyutlar (TS 1435, 1994).

İletken						Yalıtım kalınlığı mm		Maksimum kablo dış çapı
Anma kesit alanı	Tellerin yaklaşık sayısı	Tek bir çapın max. çapı	İletkenin max. çapı	20°C'de iletkenin max. Direnci(m / m)				
mm²	Adet	mm	mm	Çıplak bakır	Kalaylanmış bakır	Anma	En küçük 1)	mm
0,5	16	0,21	1,1	37,1	38,2	0,6	0,44	2,3
0.75	24		1,3	24,7	25,4			2,5
1	32		1,5	18,5	19,1			2,7
1,5	30	0,26	1,8	12,7	13,0			3
2,5	50		2,2	7,60	7,82	0,7	0,53	3,6
4	56	0,31	2,8	4,71	4,85	0,8	0,62	4,4
6	84		3,4	3,14	3,23			5
10	80	0,41	4,5	1,82	1,85	1	0,8	6,5
16	126		6,3	1,16	1,18			8,3
25	196		7,8	0,743	0,757	1,3	1,07	10,4
35	276		9,0	0,527	0,538			11,6
50	396		10,5	0,368	0,375	1,5	1,25	13,5
70	360	0,51	12,5	0,259	0,264			15,5
95	475		14,8	0,196	0,200	1,6	1,34	18,0
120	608		16,5	0,153	0,156			19,7

1)En küçük yalıtım kalınlığı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.
En küçük yalıtım kalınlığı=Anma yalıtım kalınlığı-0,1mm-Anma yalıtım kalınlığının %10'u

Çizelge 2.4. İnce yalıtımlı kablolar için boyutlar (TS 1435, 1994).

İletken								Yalıtım kalınlığı mm		Maksimum kablo dış çapı
Anma kesit alanı	Yapılış 1		Yapılış 2		İletkenin max. çapı	20°C'de iletkenin max. Direnci(m / m)				
	Tellerin yaklaşık sayısı	Tek bir telin max. Çapı	Tellerin yaklaşık sayısı	Tek bir telin max. Çapı						
mm²	Adet	mm	Adet	mm	mm	Çıplak bakır	Kalaylanmış bakır	Anma mm	En küçük1) mm	mm
0,22	7	0,21	-	-	0,7	84,8	86,5	0,3	0,24	1,3
0,35	12		7	0,26	0,9	54,4	55,5			1,5
0,5	16			0,32	1,1	37,1	38,2	0,35	0,28	1,9
0,75	24		19	0,19						
1	32			0,23	1,3	24,7	25,4			2,1
1,5	30	0,26		0,26	1,5	18,5	19,1			2,3
2	28	0,31		0,32	1,8	12,7	13			2,6
2,5	50	0,26		0,37	2	9,42	9,69			2,8
3	44	0,31		0,41	2,2	7,6	7,82			3
				0,46	2,4	6	6,17	0,4	0,32	3,4
4	56		37	0,32						
5	70			0,37	2,8	4,71	4,85			3,8
6	84			0,41	3,1	3,94	4,02	0,45	0,36	4,2
										4,5
				0,45	3,4	3,14	3,23			
10	80	0,41	-	-	4,5	1,82	1,85	0,65	0,52	6
16	126		-	-	6,3	1,16	1,18			7,9
25	196		-	-	7,8	0,743	0,757			9,4

1)En küçük yalıtım kalınlığı, anma yalıtım kalınlığının %80 'i olarak hesaplanmıştır.

ALPERÖZ, N., 1987; Çok damarlı kablolarda damarlar, yalıtkanları değişik renklerde yapılarak veya üzerlerine numara basılarak birbirinden ayırt edilir. Kablonun dış koruyucu kılıfı, anma gerilimi 1 kV' a kadar olan alçak gerilim kablolarında siyah, 1 kV' dan yukarı olan yüksek gerilim kablolarında ise kırmızı renkte yapıldığını belirtmiştir. Böylece de alçak ve yüksek gerilim kablolarının dış kılıf renklerine bakılarak kolaylıkla ayırt edilebileceğinden bahsetmiştir.

YÜCEL, M. E., 2002; Kablolar, elektrik enerjisini bir yerden bir yere nakletmek için kullanılan harici tesislere ve dokunmalara karşı korunmak için üzeri yalıtkan bir malzeme ile kaplanmış iletkenlerdir olarak tanımlamıştır. Bu üzeri yalıtkan malzeme ile kaplanmış iletkenler, tek bir izole iletken olarak kullanılabildiği gibi, bir çok izole iletken bir arada ve tekrardan üzerine müşterek bir izole kılıf geçirerek çoklu bir şekilde de kullanılabileceğinden bahsetmiştir. Bu çoklu izole iletken grubunda her bir izole iletkenin damar olarak adlandırıldığından ve buna göre kabloların çok damarlı ve tek damarlı olarak isimlendirileceğinden söz etmiştir.

Çizelge 2.5. Ana yalıtkan malzeme cinsleri (Yücel, 2002).

	İşletme Sıcaklığı °C	Delinme 50Hz-kV/mm	Ateşe Dayanıklılık
Tabii Kauçuk	60-70	17-25	Zayıf
Polikloropen	70-80	10-20	Çok iyi
Butil Kauçuk	75-85	20-30	Zayıf
Silikon Kauçuk	170	10-20	Orta
Polivinilkloroid(PVC)	60-70	25-30	Çok iyi
Polietilen (PE)	70-80	17-20	Zayıf

PVC yalıtkanlı kablolarda, PVC içinde bulunan klor gazının yangın söndürme özelliğinden dolayı kablonun yanmasını önlediğine değinmiştir.
Kabloların işletme şartlarına göre aşağıda belirtildiği gibi isimlendirileceğini vurgulamıştır.

N Tipi kablolar, TS 833 ve VDE Polietilen moleküllerinin çapraz bağlanması ile elde edilen XLPE yalıtkanı ile, izole edilen kablolarda taşıma kapasitesi, işletme sıcaklığının 90°C' ye yükselmesinden dolayı PVC kablolara nazaran daha fazla olduğunu belirtmiştir. Ayrıca XLPE kabloların, PVC kablolara göre kısa devre akımlarına daha dayanıklı olduğunu, PVC kablolar için müsaade edilen kısa devre sıcaklığı 140-160°C iken, XLPE kablolarında bu sıcaklık 250°C olduğunu açıklamıştır.

VDE 0250’ ye göre sabit tesislerde, hafif ve normal işletme şartları altında kullanılan kablolardır. Kablo tiplerine örnek olarak NYA, NYAF, NYFAF, NYFAZ, NYM tipi kabloları gösterebiliriz.

F Tipi kablolar, TS 936 ve VDE 0250’ ye göre daha çok hareketli tesislerde, normal ve hafif işletme şartlarında kullanılır. Bu kablo tipine örnek olarak NYLH, NYMH tipi kabloları gösterebiliriz.

Y Tipi kablolar, TS 212, TS 2742 ve VDE 0271, IEC 502’ye göresabit tesislerde ağır işletme şartları altında kullanılan alçak ve yüksek gerilimli kablolardır. Bu kablolara örnek olarak 1kV’ da NYY, NYCY, YRY, NYFGby, XLPE ve yüksek gerilimde FLCY, NYFGby, XLPE tipi kablolar gösterilebilir.

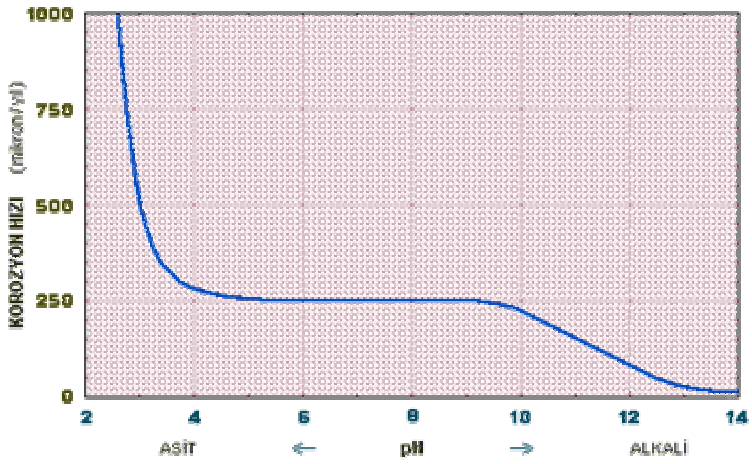
Gemi Tipi kablolar, VDE 0158-160, IEC 92-3’ e göre her türlü hava ve iklim şartlarında bütün deniz araçlarında kullanılacak kablolardır.

Lastik kablolar, TS 916-936, VDE 0250’ ye göre 0,4-20kV arasında hareketli ve sabit tesislerde enerji kablosu olarak, ağır işletme şartlarında ve aynı zamanda kaynak kablosu olarak da kullanılır.

2.2. Korozyon Konusunda Yapılan Çalışmalar

TANYERİ, İ., 2005; Korozyon, metal ve alaşımlarının bulundukları ortamın kimyasal ve elektro kimyasal reaksiyonlar sonucunda metalik özelliğini kaybederek amacına hizmet edememesidir olarak tanımlamıştır. Diğer bir tanımla korozyon, bir metalin kimyasal veya elektro kimyasal reaksiyonlarla iyon haline gelerek metalik özelliğini kaybetmesi (doğadaki ilk haline dönüşmesi) ve termodinamik dengesini yitirmesi olayı olarak açıklamıştır.

Yaptığı çalışmada korozyonun çevre asitlerine olan etkisini aşağıdaki eğri ile açıklamıştır.



Şekil 2.1. Çevre asitlerinin korozyon hızına etkisi (Tanyeri, 2005).

Oksitlenme ve asit gibi kimyasal eriyiklerin neden olduğu "Doğrudan Korozyon" ile dış ortamın etkisinde sürekli oluşan "Elektro kimyasal Korozyon"a karşı;

-Malzemenin kullanım amacı ve biçimi,

-Etkili kimyasal maddenin sıvı veya gaz olması, etki süresi ve aralıkları,

-Bulunduğu konum (yeraltı / yerüstü) ve ortamın koşulları ile,

-Kabloyu etkileyen mekanik yüklerin tür ve büyüklüklerinin bilinmesi gerektiğine değinmiştir.

Metallerin, elektro kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak kullanılmaz hale gelmesine yol açan korozyon, tesis ve donanımların tasarımını ve işletilmesini kontrol eden önemli faktörlerden birisidir, olarak açıklar.

Korozyon sonucunda hem iletken kablo hasar görür, hem de iletkenden akan elektrik gücünün verimi düşer. İletken kablonun korozyonu ile tellerden geçen elektrik akımı da en kolay yolu takip etmek isteyerek kayıplar oluşturur. Böylece korozyona uğrayan kabloda, güç tüketimi verimli kullanılmayarak gereksiz yere enerji harcanmış olur.

TEMEL, A., 2001; Korozyon; malzeme yüzeyinden başlayan ve malzeme derinliklerine doğru kimyasal ve elektro kimyasal bir reaksiyonla tesir oluşturarak bir malzemenin değişikliğe uğraması yada aşınması olayı olarak tanımlamıştır. Korozyon olayının, metallerin üretim işleminin ters yönlüsü olduğundan, tabiatta soy metaller hariç, metallere arık olarak rastlanmadığından söz etmiştir. Bir çoğuna oksit, sülfür yada

karbonat şeklinde maden cevheri biçiminde rastlandığına, bunlardan enerji verilmek suretiyle teknik yöntemlerle arık metaller elde edildiğine değinmiştir. Bu durumdaki her metal, tekrar ilk madensel cevher şekline dönme şartını aradığını ve belli şartlarda da bu durumlarına geçtiğini ve bu reaksiyona korozyon adı verildiğini açıklamıştır. Kontak potansiyeli farklı olan iki metal arasında nemli bir ortam olduğu zaman meydana gelen elektroliz olayından doğan çok süratli bir aşınma (korozyon) tipi, elektro kimyasal korozyon tipi olduğuna, demir - bakır, alüminyum - bakır, alüminyum - paslanmaz çelik gibi malzemelerde korozyonu önlemenin çok zor olduğuna değinmiştir. Ayrıca bu çalışmasında korozyonu etkileyen faktörleri aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

- Suyun sertliği,
- PH,
- Su içinde bulunan element ve tuzlar,
- Çalışan sistemdeki farlı metal malzemeler,
- Sistem çalıştırma sıcaklığı,
- Su içinde erimiş gazlar.

Sistemde bulunan bakırın, korozyonda önemli bir faktör olduğunu, bakır yerine sistemde alüminyum olması halinde kısa sürede malzemenin oyuklaşmasına neden olduğunu açıklamıştır.

ANONYMOUS, 2006 ; Metal ve alaşımların çevrelerinin, kimyasal ve elektro kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulmaları korozyon deyimi olarak tanımlanmaktadır. Korozyon deyimi sadece metalik malzemeleri kapsar ve oluşumunu sağlayan reaksiyonun cinsine göre iki cins korozyon türü vardır. Bunlar;

1) Kimyasal korozyon: Bir metal arada her hangi bir aracı olmadan, kimyasal bileşikler meydana getirerek aşınırsa buna kimyasal korozyon denir. Kimyasal korozyonun meydana gelebilmesi için yüksek sıcaklıklara gereksinim vardır. Bu nedenle kimyasal korozyon, iş parçalarının dövülmesi, tavlanması yada sertleştirilmesi sırasında oluşur. Etkilerini metal yüzeyinden kabuk halinde parçalar kalkmasıyla gösterir.

2)Elektro kimyasal korozyon: Metallerin elektrik akımı ile aşınması olayıdır. Ancak korozyonun meydana gelmesi için tek başına elektrik akımının olması yeterli değildir. Elektro kimyasal korozyonun meydana gelebilmesi için bir elektrolit, bir de iletken malzeme olması gereklidir. Elektrolit iyonlarına ayrılabilen asit, baz ve tuzların suda ki eriyikleridir. Bu nedenle iyon içeren sulu çözeltilere elektrolit adı verilir. Esas olarak

sulu çözeltiler için kullanılan elektrolit terimi kapsamına zemin, beton vb. rutubet içeren bazı malzemelerde girer. Bu yüzden metaller zemin, beton gibi malzeme içinde de korozyona uğrayabilir. İletken malzeme ise çoğunlukla korozyona uğrayan malzemedir.
Korozyon bir yüzey olayıdır ; yani metal ile ortamın temas yeri olan ara yüzeyde oluşur. Metal ile ortamın temas etmediği bölgelerde meydana gelen değişiklikler korozyon olarak nitelendirilemez ; fakat metal - ortam ara yüzeyinde oluşan bazı korozyon ürünleri metalik bünyeye yayılarak orada metal - ortam ara yüzeyinden uzak bir bölgede tahribata , örneğin kırılmaya neden olabilirler.
Korozyon, metal ile ortam arasında ara yüzeyde oluşan bir olay olduğuna göre korozyondan korunma yöntemleri de şunlardır :
a)Malzeme yapısını seçmek,
b)Üretim ve dizayn,
c)Koruyucu kaplama,
d)Ortamın değiştirilmesi,
e)Elektro kimyasal metotlar.

ANONYMOUS, 2006 ; Başka bir tanıma göre ise, ortamın kimyasal ve elektro kimyasal etkilerinden dolayı metalik malzemelerde meydana gelen hasara korozyon denir. Korozyon, esasında metalik malzemelerin içinde bulundukları ortamla reaksiyona girmeleri sonucunda, dışarıdan enerji vermeye gerek olmadan, doğal olarak meydana gelir. İçinde su bulunan ortamlarda meydana gelen korozyona "sulu ortam korozyonu" denilir. Atmosferde, toprak altında, su içinde veya her türlü sulu kimyasal madde içerisinde meydana gelen korozyon buna örnek olarak gösterilebilir. Yüksek sıcaklıklarda gaz ortamlarında metalik malzemelerde meydana gelen korozyona ise "kuru veya yüksek sıcaklık korozyonu" denir. Kazanların alevle veya sıcak gazlarla temas eden bölgelerinde meydana gelen korozyon da bu tip korozyona örnek olarak verilebilir.

Korozyon büyük zararlara yol açarak önemli israf kaynaklarından birini oluşturur. Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme, enerji ve emek kaybının yıllık değeri, ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin (GSMG) yaklaşık % 5' i düzeyindedir. Bu değer ciddi bir ekonomik kayıp demektir. Korozyon, metalik malzeme kullanılan her alanda meydana gelen doğal bir olaydır. Korozyon maddi kayıplardan başka, çevre kirliliğine de yol açar. Bu nedenle, korozyon ve korozyonu önleme ilkelerinin metal

malzeme kullanan her kesim ve özellikle teknik elemanlar tarafından bilinerek uygulanmasında büyük yararlar vardır. Korozyonu önleme yöntemlerini doğru uygulamak suretiyle korozyon kayıpları %20 ile 40 arasında azaltılabilir.

Korozyonu önlemek veya korozyondan korunmak için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir;

a) Saf metal kullanımı,

b) Alaşım elementi katma,

c) Isıl işlem,

d) Uygun tasarım,

e) Katodik koruma,

f) Korozyon önleyicisi (inhibitör) kullanımı ve

g) Yüzey kaplama şeklinde sıralanabilir.

ANONYMOUS, 2006 ; Atmosferik Korozyona Karşı Direnç İçin Malzemelerin Seçimi:

Korozif etkinin ihtimalini kontrol eden en önemli faktör, geçerli hava şartlarındaki nemin yoğuşması ile sağlanan sulu bir elektrolit ile olup olmadığıdır. Temiz bir atmosferin, sülfür dioksit içeren bir endüstri atmosferi veya tuz içeren bir deniz atmosferi ile mukayesesi gibi, sıcak, kuru veya soğuk, buzlu şartlar, nemli atmosferden daha az saldırı yaparlar. İşlem görmeyen çelik, nemli ortamlara genel olarak atmosferik kirleticilerin seviyesine bağlı oranda paslanmaya çok eğilimlidir. Etkinin başlangıç hızı aynıdır, fakat daha az etkili ortamlarda temizleyicide azalır. Sahiller özellikle sıcak iklimler etki oranını belirli seviyede artırabilir. Dövme demirin süper korozyon direncinin, yüzeyde bakır ve nikelin birikimi ile sağlandığı söylenmiştir. Az alaşımlı çeliklerde ve karbonda bulunan krom, silisyum ve fosfor, özellikle bakır ile olan bileşimde korozyon mukavemetini artıracağı düşünülebilir. Ağır olan dökme demir yavaşça korozyona uğrar paslanma bir problem değildir. Alüminyum alaşımları genel olarak iyi davranırlar, fakat çökelti içeren alaşımlarda ilk yıllarda, bazı yüzeylerde noktasal korozyon görülmüştür. Kurşunda, elektriği iyi iletir ve üretilen koruyuculu korozyon ürünleri iyi hizmet sağlar. Çinko 'da, iyi hizmet verir fakat, daha çok reaktiftir.

Toprakta Korozyona Karşı Mukavemet İçin Malzeme Seçimi:

Toprağın etkisi önemli şekilde değişebilir. İlk olarak toprağın bünyesi, aşındırıcı için gerekli olan havanın girişini kontrol eder, ikinci olarak suyun varlığı topraktaki

mineralin iyonlaşma ve metal yüzeydeki oksidasyon ürünü için sağlanır. Suyun miktarı ayrıca oksijenin mevcudiyetini de etkiler. Genelde yüksek elektrik mukavemeti olan kuru, kumlu ve kireçli topraklar en az, ağır killi ve tuzlu topraklar ise en çok korozyona uğrar.

Aşağıdaki Çizelge 2.6.'da bazı metallerin çeşitli atmosferlerde saptanan ortalama korozyon hızları (10 – 20 yıl ortalaması) verilmiştir.

Çizelge 2.6. Metallerin çeşitli atmosferlerde saptanan ortalama korozyon hızları (10 – 20 yıl ortalaması)(Anonymous, 2006).

Metal	**Şehir – Endüstri Atmosferi**		**Deniz Atmosferi**		**Kırsal atmosfer**	
	10yıl	**20yıl**	**10yıl**	**20yıl**	**10yıl**	**20yıl**
Al	0,8	0,73	0,70	0,63	0,025	0,075
Cu	1,18	1,35	1,30	1,25	0,575	0,425
Pb	0,43	0,38	0,40	0,53	0,475	0,325
Sn	1,18	1,30	2,28	2,80	0,450	-
Ni	3,20	3,70	0,10	0,15	0,150	0,225
Monel	1,33	1,55	-	-	-	-
Zn (%99.9)	5,05	5,65	-	-	-	-
Zn (%90.0)	4,83	5,45	-	-	-	-
Karbon çeliği	12,0	-	-	-	-	-
Düşük alaşımlı çelik	2,25	-	-	-	-	-

3.MATERYAL VE YÖNTEM

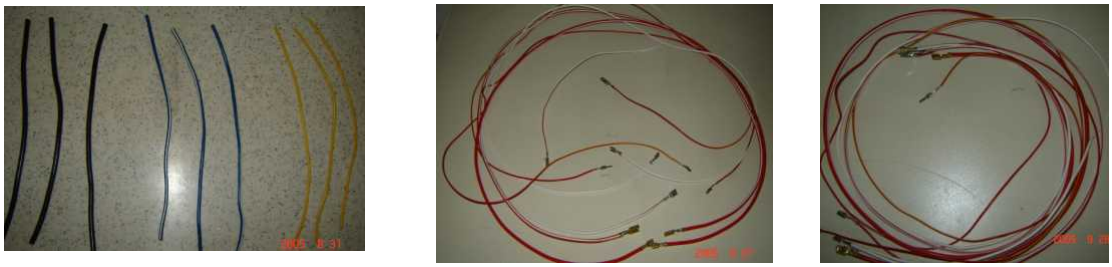
3.1. Materyal

3.1.1. Kablo malzemeleri

Araştırmada A tipi FLRY-B standardındaki taşıt kabloları kullanılmıştır. Deney tiplerine dayanılarak bu kablolar içersinden 1mm² - 2 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² - 25 mm² - 35 mm² ve 50 mm² kesitli kablolar seçilmiştir. Bu kabloların bazı özellikleri Çizelge 3.1.' de verilmiştir. (Şekil 3.1.)

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan taşıt kablolarına ait bazı özellikler

Kesit (mm²)	Tel adeti ve çapı (mm)	20ºC'de iletkenin max. direnci (mΩ/m) Çıplak Bakır tel	FLRY-B standardındaki dış çapı D(mm)
1 mm²	32x0,20	18,5	1,90 – 2,10
2 mm²	28x0,30	9,42	-
2,5 mm²	50x0,25	7,60	2,70 – 3,00
6 mm²	84x0,30	3,14	4,00 – 4,30
25 mm²	200x0,40	0,743	8,50 – 9,00
35 mm²	280x0,40	0,527	11,3 – 11,6
50 mm²	400x0,40	0,368	-



Şekil 3.1. Denemelerde kullanılan taşıt kabloları

3.1.2. Deneylerde kullanılan ölçü aletleri ve cihazlar

Yapılan bu araştırmada deneylerde kullanılan ölçü aletleri ve cihazlar aşağıda verilmiştir.

Etüv cihazı :

Programlanabilen sıcaklık ayarı, termostat ile ayarlanan sıcaklıkta iyi bir hassasiyetle çalışma imkanı sağlayan bir fırındır. Max. sıcaklığı 250 ºC – 44 lt. kullanılır hacimde, kurulu gücü 800 W. – 220 V. – 50 Hz. çalışma değerine sahiptir. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Etüv cihazı

Sıcaklık çalışma sınırları	: min. 100ºC / max. 250ºC
Sıcaklık hissedicisi	: Fe-Const.
Termostat ayar hassasiyeti	: 1ºC
Termostat çalışma hassasiyeti	: ±1ºC
Termometre okuma hassasiyeti	: 1ºC
Sıcaklık dağılımı	: ±2ºC
Zaman ayarı	: 1500 dk.
Zamanlama	: Ayar sıcaklığına ulaşınca
Emniyet sitemi	: Gaz genişlemeli termostat (50-300ºC)

Güç değerleri	: 220 V. – 50 Hz.
Kurulu güç/Kullanılır hacim	: 800 W. – 44 lt.
Raflar (delikli sacdan)	: 2 adet
İç yüzey yapısı	: Eloksalli alüminyum levha
Dış yüzey yapısı	: Boyalı çelik saç
İç ve dış ölçüler (mm)	: 420x320x360 / 700x420x540
Net ağırlık	: 29 kg.

Termometre :

Denemelerde kullanılan termometreye ait özellikler aşağıda verilmiştir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Termometre

Ölçüm kademesi	: -200ºC ile 1300ºC
Çözünürlük	: 0.1ºC
Doğruluk	: ±0.1ºC
Termokupl	: J tipi (-200ºC ile 1370ºC) , K tipi (-200ºC ile 760ºC)
Giriş koruması	: 60 V. D.C. veya 24 V. A.C.rms
Giriş konnektörü	: Standart minyatür temokupl konnektör
Pil gerilimi / Pil ömrü	: 9 Volt / 800 saat
Boyutlar	: 166x75x28 mm
Ağırlık	: 280 gr.

Yüksek gerilim test cihazı :

Diğer ifade ile izolasyon test cihazı (MEGER) olarak adlandırılır. Cihazın 0 ile 6 kV. arasındaki değerleri, ayarlı bir potansiyometre ile sağlanmaktadır. Giriş gerilimi 220 V. – 50 Hz. A.C. ‘dir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4. Yüksek gerilim test cihazı

İzolasyon ölçümü:	Gerilim kademesi	: 250V., 500V., 1000V.
	İzolasyon direnci	: 20MΩ, 200 MΩ, 2000MΩ
	Doğruluk	: 20MΩ :±1.5%+2
		200 MΩ : ±2.5%+2
		2000MΩ : ±5.0%+3
Açık devre gerilimi		: 250V., 500V., 1000V.
Kısa devre akımı		: 3 mA.
Rezistans: Kademe		: 20-200-2000Ω
Açık devre gerilimi		: 5V.
Buzzer		: 20/200/2000Ω kademelerinde 8/10/40Ω altında çalışır.
AC gerilim: Kademe		: 0-750V.
Doğruluk		: ±1.5%2
Empedans		: 10MΩ

Genel özellikler:Ekran : $3^{1/2}$ Digit LCD

Besleme : 6x1.5 V. Pil

Boyutları : 163x100x52 mm

Mili ohmmetre :

Diğer bir ifade ile mikrometre olarak bilinir. (Şekil 3.5)



Şekil3.5. Mili ohmmetre

Kademe:	Çözünürlük:	Doğruluk:	Test Akımı:
20mΩ	0.01mΩ	0.2%+6	1A.
200mΩ	0.1mΩ	0.2%+4	1A.
2Ω	1mΩ	0.2%+4	100mA.
20Ω	10mΩ	0.2%+4	10mA.
200Ω	100mΩ	0.2%+4	1mA.
2kΩ	1Ω	0.2%+4	100 μ A.
20kΩ	10Ω	0.2%+4	10 μ A.

Genel özellikleri:

Ölçüm yönetimi: : 4 telli

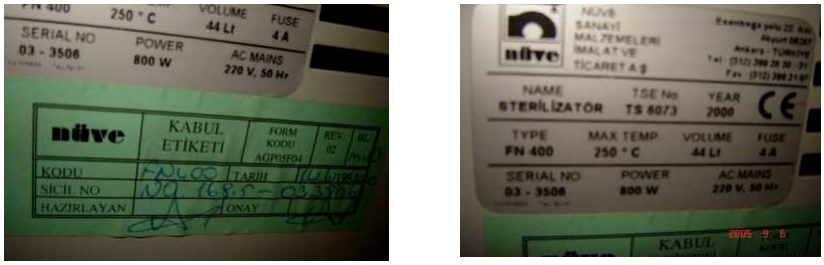
Ekran : 3.5 Digit LED

Besleme : 220V. A.C., 25 VA.

Boyutları / Ağırlık : 230x95x280 mm / 2 kg.

Derin dondurucu :

Çalışma gerilimi 220 V. -50 Hz. A.C. ‘dir. Çift kondanse sisteme tabidir. Motora rahat çalışma ve daha çok soğutma sağlar. Dondurucu içindeki izolasyon 60 mm kalınlığında poliüretanla (ısı üretim katsayısı = 0,020 K.cal/mhk) izole edilmiştir. Böylece ısı geçirgenliği minimuma indirilmiştir. Dondurucu ısısı otomatik olarak termostat tarafından ayarlanır. -10 ile -30 ºC arasında termostat ile sıcaklık ayarı yapılır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Derin dondurucu

Su havuzu :

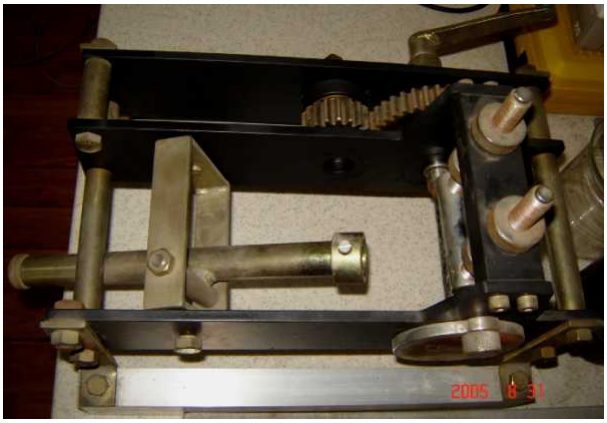
Çalışma gerilimi 220 V. -50 Hz. A.C., maximum sıcaklık ayarı 80 ºC ‘dir. Su havuzu içinde bir ısıtıcı (rezistans) vardır. Su havuzunun boyu 580 mm, eni 500 mm‘dir. (Şekil 3.7)



Şekil 3.7. Su havuzu

Mandrel aparatı :

Aparatların hepsi TSE ‘den alınmıştır. Bu aparat sarma deneyleri için kullanılır. İki adet dişliden oluşur. Mandrel aparatında kullanılan belirli ağırlıklar da mevcuttur. Aparatın boyu: 400 mm, eni: 285 mm, yüksekliği: 340 mm ‘dir. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Mandrel aparatı

Yanma deneyinde kullanılan aparat :

Boyu: 650mm., eni: 315 mm’ dir. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9. Yanma deneyinde kullanılan aparat

Darbe deney aparatı :

Boyu: 450 mm, eni: 300 mm,ağırlığın bırakıldığı max. yükseklik:390 mm ‘dir. Bu aparatta kullanılan ağırlıklar iletken kesitine göre değişir. (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. Darbe deney aparatı

Mega ohmmetre :

Yalıtım direncinin ölçülmesinde kullanılan bir ölçü aletidir. Kısaca meger olarak da ifade edilir. Alternatif gerilimdeki bir iletkenin M - K - (ohm) cinsinden yalıtkanlık direncini ölçer. (Şekil 3.11)



Şekil 3.11. Mega ohmmetre cihazı

Kumpas :

Elektrik kablolarının izolasyon kalınlığını, iletken telin çapını mm cinsinden ölçmek için kullanılan bir ölçü aletidir. (Şekil 3.12)



Şekil 3.12. Kumpas

Ağırlıklar :

Deneylerde kullanılan gerekli ağırlıklar aşağıdaki gibidir. (Şekil3.13)



Şekil 3.13. Deneylerde kullanılan ağırlıklar

Hassas terazi:

Elektrik kablolarının ağırlığını ölçmek için % 0,1 hassasiyete sahip bir terazidir. Kapasitesi: 2000 gr. , okunabilirlik: 0.01 gr, güç bilgileri ±17 V.D.C., 230 mA.. (Şekil 3.14)



Şekil 3.14. Hassas terazi

3.2. Yöntem

3.2.1. Düşük sıcaklıkta sarma deneyi

Bu deney, anma kesiti 16 mm² ve daha küçük olan tek damarlı kablolar ile dış çapı 13,5 mm ve daha küçük olan çok damarlı kablolar için uygulanır.

1 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli iletkenlerden, boyu yaklaşık olarak 400 mm olan üçer deney numunesi alınmıştır. Numunelerin bir ucuna, 1 mm² – 2,5 mm² iletkenler için mandrel çapı 6mm ; 6 mm² iletkenler için mandrel çapı 30 mm olan mandrel cihazı üzerine bağlanmıştır. İletkenin kalan serbest uçları ise, 1 mm² – 2,5 mm² iletkenler için 0,5kg ; 6 mm² iletkenler için 10kg 'lık ağırlıklar bağlanmıştır. Kablo tipi FLRY-B olan için, (-25+3) ºC 'lik bir donma hücresi içinde düşey biçimde asılarak 4 saat süreyle muhafaza edildi. Eğer deney cihazı önceden soğutulmuş ise, 2 saatlik donma süresi yeterlidir. Süre sonunda deney numuneleri , sarma hızı saniyede 1 ve 0,5 hızla mandrel cihazına en az 3 tur sarılır. (Şekil 3.15)



Şekil 3.15. Düşük sıcaklıkta sarma deneyinin yapıldığı ortam

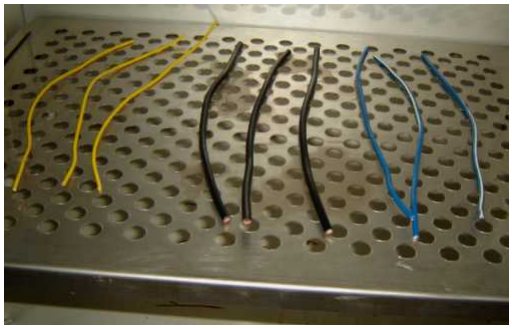
3.2.2. Isı ile büzülme deneyi

Bu deney tek damarlı ve çok damarlı kablolara uygulanmalıdır. 1mm² - 2,5mm² - 6mm² kesitli iletkenlerden, yaklaşık olarak 200mm uzunluğunda üçer numune alındı. Ortam sıcaklığı (+150) ºC olan ETÜV cihazına yatay olarak yerleştirilip 15 dk.

bekletildi. Numuneler, ETÜV' den çıkarılıp oda sıcaklığına kadar soğutulup uzunlukları tekrar ölçüldü. (Şekil 3.16)

% yalıtım büzülmesi = 100 * (ilk değer – son değer) / ilk değer ……. (1)

formülü ile hesaplandı.



Şekil 3.16. Isı ile büzülme deneyinin yapıldığı ortam

3.2.3. Damarın tutulması deneyi

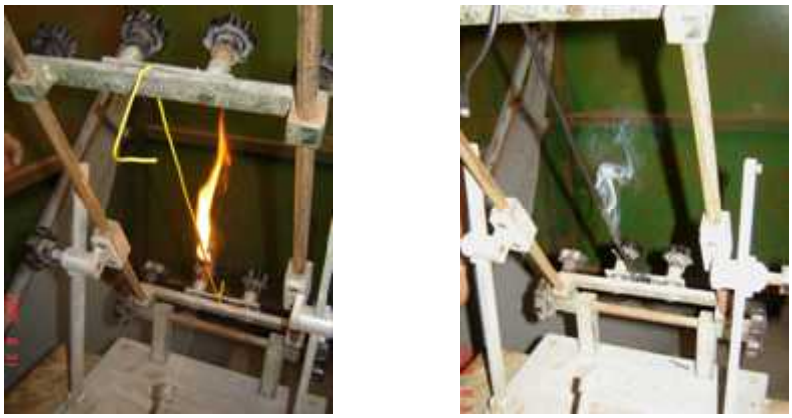
Bu deney sadece 0,5 mm² ile 2,5 mm² arasındaki kablolara uygulanmalıdır. 1 mm² ve 2,5 mm² kesitli iletkenlerden 150 mm boyunda üçer numune alındı. Numunelerin bir ucundaki, 100 mm boyundaki yalıtım çıkartıldı. + 23 ºC 'lik oda sıcaklığındaki çıplak iletken tutularak, yalıtımlı kısma 1250 gr. 'lık kütle bağlanıp 30 sn süre ile asılı tutuldu. (Şekil 3.17)



Şekil 3.17. Damarın tutulması deneyinin yapıldığı ortam

3.2.4. Alev yayılmasına karşı dayanım deneyi

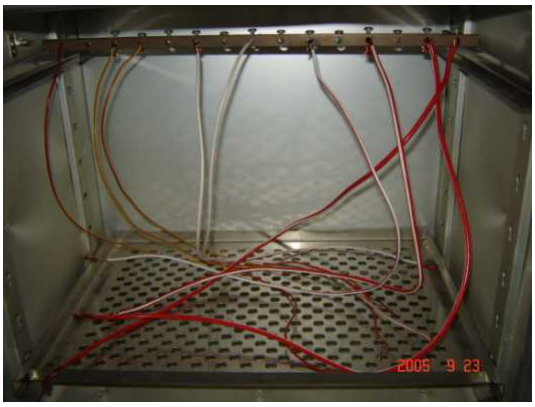
Bu deney, tek damarlı ve çok damarlı kablolara uygulanmalıdır. 1 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli,boyu yaklaşık olarak 500 mm 'lik deney numuneleri; deney alevi 90º dik olarak kabloya gelecek şekilde, bunsen beki aparatına (yanma aparatına) bağlanır. Alev tutma süresi 30 sn 'dir. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18. Alev yayılmasına karşı dayanım deneyinin yapıldığı ortam

3.2.5. Aşırı sıcaklığa dayanım deneyi

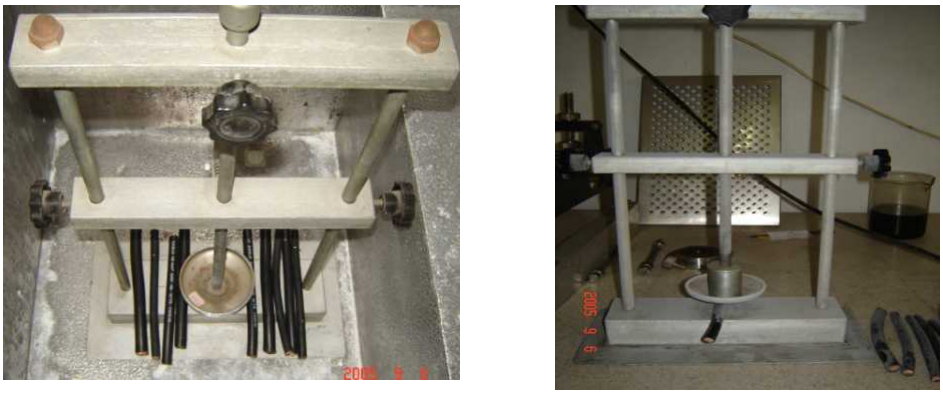
Bu deney, tek damarlı ve çok damarlı kablolara uygulanmalıdır. 1 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, yaklaşık olarak 500 mm boyundaki deney numuneleri, doğal hava dolaşımlı sıcak havalı etüv cihazı içinde düşey olarak 48 saat (2 gün) süre ile asılmalıdır. Kullandığımız A tipi kablolar için deney sıcaklığı (105±2) ºC olmalıdır.(TS 1435 - Çizelge 31) Numuneler etüvden çıkartılıp, (23±5) ºC 'lik oda sıcaklığına kadar soğutulur. Daha sonra numuneler TS 1435 – EK B – Çizelge B1 'den seçilen uygun mandrele sarılır. Numune uçlarına 1 mm² ve 2,5 mm² için 0,5 kg , 6 mm² için 10 kg 'lık kütleler bağlanır. Kablo numuneleri ayrı ayrı bir ucu dönebilen bir mandrele bağlanıp, diğer ucunada kütleler bağlanır. Numuneler, her bir yönde sıkıca sarılmış sarımlar halinde min. 4 tur olarak, mandrel üzerine saat yönünde ve saatin tersi yönde sarılır. (Şekil 3.19)



Şekil 3.19. Aşırı sıcaklığa dayanım deneyinin yapıldığı ortam

3.2.6. Düşük sıcaklıkta darbe deneyi

Bu deney, akü kabloları gibi, anma kesiti 16 mm² ‘den büyük tek damarlı kablolara uygulanır. 25 mm² - 35 mm² - 50 mm² kesitli, 150 mm boyundaki üç adet kablo numunesi ve darbe deney cihazı (TS 1435 EK-B madde B.5) ile birlikte önceden (-15±3) ºC ‘ye kadar soğutulmuş derin dondurucuda 4 saat bekletilir. Süre sonunda, darbe deney cihazındaki çekiç, numuneye dik gelecek şekilde belirli kütleler ile birlikte 100 mm yükseklikten düşürülür. 25 mm² ve 35 mm² kesitli tek damarlı kablolar için çekiç kütlesi 300 gr, 50 mm² için 400 gr. ‘dır. (Şekil 3.20)



Şekil 3.20. Düşük sıcaklıkta darbe deneyinin yapıldığı ortam

3.2.7. Yağa karşı dayanıklılık deneyi

Bu deney, tek damarlı ve çok damarlı kablolara uygulanmalıdır. 1 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli yaklaşık olarak 500 mm boylarındaki kablolardan üçer numune alındı. Numunelerin kablo uçları yağın yüzeyi üzerine 50 mm çıkıntı yapacak şekilde, yağın içine yerleştirilir. (TS 3563 'te belirtilen yağ No:1/ASTM No:1) Hazırlanan bu numuneler önceden ısıtılmış (90±2) ºC sıcaklıktaki Etüv cihazında 48 saat (2 gün) bekletilir. Süre sonunda numuneler yağdan çıkartılıp, temizlenir ve (25±5) ºC 'lik oda sıcaklığına kadar soğutulmaya bırakılır. Numuneler TS 1435 – EKB – madde B.3 'teki gibi mandrele sarılır. Mandrele sarılan numunelerin bir ucuna 1 mm² - 2,5 mm² için 0,5 kg , 6 mm² için 10 kg 'lık ağırlıklar bağlanır. (Şekil 3.21)
Yalıtım kalınlığındaki değişim(%) =100*(ilk değer – son değer)/ilk değer……(2) formülü ile hesaplandı.



Şekil 3.21. Yağa karşı dayanıklılık deneyinin yapıldığı ortam

3.2.8. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyi

Tek damarlı kablolar için, 1 mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, boyu yaklaşık olarak 100 mm olan üçer adet deney numunesi, yüksek sıcaklıkta basınç deney cihazına (EK-B madde B.2) baskı aparatının keskin ucu kabloya gelecek şekilde monte edilir. Basınç deneyi için $G = 0{,}08.\sqrt{2.D.(i-i^2)}$ formülü ile hesaplanan ağırlık kabloyu ezecek

şekilde yüklenir. Hazırlanan numuneler önceden ısıtılmış (70±2) ºC sıcaklıktaki doğal hava dolaşımlı sıcak havalı etüv cihazında 4 saat süre ile bekletilir. Numuneler deney cihazından çıkartılıp, soğuk su içine daldırılarak 10 sn. içinde soğutulur. Baskı aparatının keskin kenarı kabloya battığı yerdeki girinti miktarı, kumpas (ölçme mikroskobu) yardımıyla değişik noktalarda yapılan ölçmenin ortalaması alınarak belirlenir. (Şekil 3.22)



Şekil 3.22. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinin yapıldığı ortam

Basınç deneyi için hesaplanan kütleler:

$G = 0{,}08.\sqrt{2.D.(i - i^2)}$ ..... (3)

formülüne göre hesaplanmıştır.

G: Kütle (kg)

i: Numunenin yalıtım kalınlığının ortalama değeri (mm)

D: Numunenin dış çapının ortalama değeri (mm)

Yalıtım kalınlığındaki ezilme oranı (%) = 100*(i – ii)/ i ..... (4)

formülü kullanılarak hesaplandı.

3.2.9. Benzine karşı dayanıklılık deneyi

Bu deney tek damarlı ve çok damarlı kablolara uygulanır. 1mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, yaklaşık olarak boyu 500 mm olan kablolardan üçer numune alınır. Numunelerin kablo uçları benzinin yüzeyi üzerinde 100 mm çıkıntı yapacak şekilde,

benzin içine yerleştirilir (TS 3563'te belirtilen sıvı C). Hazırlanan bu numuneler (23±5) ºC 'lik oda sıcaklığında 30 dak. süre ile bekletilir. Numuneler sıvıdan çıkarıldıktan sonra, 30 dak. süre ile oda sıcaklığında kurumaya bırakılır. Daha sonra numuneler TS 1435 – EK B – madde B.3 'teki gibi mandrele sarılır. Mandrele sarılan numunelerin bir ucuna 1 mm² - 2,5 mm² için 1,5 kg , 6 mm² için 10 kg 'lık kütleler bağlanır. (Şekil 3.23)

Yalıtım kalınlığındaki değişim(%)=100*(ilk değer – son değer)/ ilk değer ……..(5) formülü ile hesaplandı.



Şekil 3.23. Benzine karşı dayanıklılık deneyinin yapıldığı ortam

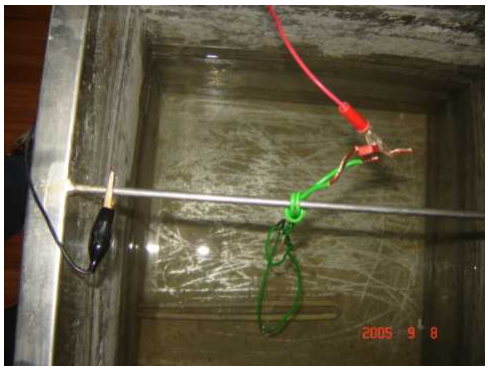
3.2.10. Yüksek gerilim deneyi

Bu denemeler pabuçsuz ve pabuçlu kablolarda ayrı yöntem kullanılarak yapılmıştır.

Pabuçsuz Kabloya Uygulanan Yüksek Gerilim Deneyi

Tek damarlı kablolardaki yüksek gerilim deneyi için; 1mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, uzunluğu yaklaşık olarak 1200 mm 'lik deney numunesi (23±5) ºC 'lik oda sıcaklığındaki tuz çözeltisi (su içinde %3 m/m 'lik NaCl bulunan) içine, uçları çözeltinin yüzeyi üzerine yaklaşık 400 mm olarak çıkacak biçimde 4 saat süre ile bekletilir. Süre sonunda 0,5 mm² ve daha büyük kesitli kablolar için; 50 Hz veya 60 Hz frekanslı deney gerilimi 1kV olan değer, illetken ile çözelti arasına 30 dk. boyunca

uygulanır. Daha sonra deney gerilimi, delinme gerilimi 5 kV oluncaya kadar saniyede 500 V ‘luk bir hızla arttırılır. (Şekil 3.24)



Şekil 3.24. Pabuçsuz kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin yapıldığı ortam

Pabuçlu Kabloya Uygulanan Yüksek Gerilim Deneyi

Tek damarlı kablolarda, 1mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, 1200 mm uzunluğunda ikişer adet olan deney numuneleri hazırlanan tuz çözeltisi (su içinde %3 m/m ‘lik NaCl bulunan) içine tamamı batırılarak 4 saat boyunca bekletildi. Sonra her bir kablo iletkenine 30 dk süre ile 1 kV’ luk deney gerilimi uygulanır. Numunelerde delinme olmamalıdır. Numunelere bu kez 5 kV olan delinme gerilimine gelinceye kadar, 500 V/sn ‘lik hızla gerilim uygulandığında numunelerde delinme görülmemelidir. (Şekil 3.25)



Şekil 3.25. Pabuçlu kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin yapıldığı ortam

3.2.11. Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyi

Bu deney sadece tek damarlı kablolara uygulanır. Deney numuneleri 1mm² - 2,5 mm² - 6 mm² kesitli, 5 m uzunluğundaki kablolar (70±2) ºC sıcaklıkta bir havuzdaki musluk suyu içine, her bir ucu suyun yüzeyi üzerine yaklaşık olarak 250 mm çıkacak şekilde, 2 saat süre ile bekletilir. İletken ve su arasına yaklaşık olarak 500 V 'luk doğru gerilim (D.C.) uygulanmalıdır. Gerilimin uygulanmasından 1 dk. sonra yalıtım direnci, mega ohmmetre ile ölçülmelidir. (Şekil 3.26)



Şekil 3.26. Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyinin yapıldığı ortam

Hacimsel özdirenç değeri

$$\delta o = 2{,}725 * \frac{L * R}{\log \frac{D}{d}} \qquad \text{.....(6)}$$

formülü ile hesaplanır.

Burada;

δo: Hacimsel özdirenç ($\Omega.mm$)

L: Numunenin suya daldırılmış kısmının uzunluğu (mm)

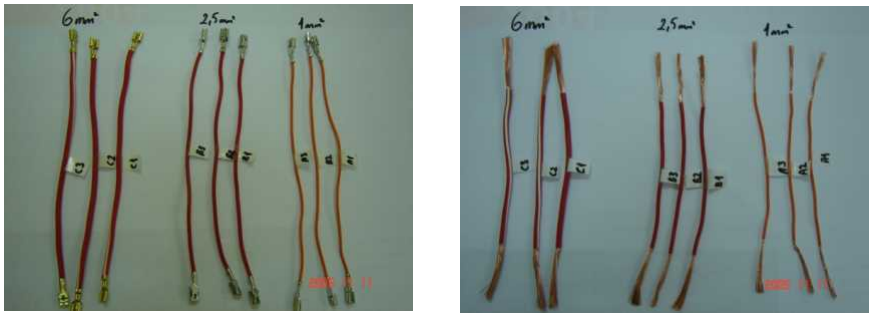
R: Yalıtım direnci (Ω)

D: Kablonun dış çapı (mm)

d: İletken çapı (mm)

3.2.12. Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyi

A tipi FLRY-B standardında, $1mm^2$ - $2,5mm^2$ - $6mm^2$ kesitli ve 200 m uzunluğundaki taşıt kablolarından pabuçlu ve pabuçsuz olmak üzere üçer numune dış ortam şartlarında 1 ay boyunca bekletildi.(Kasım- Aralık 2005). Pabuçsuz kabloların her iki ucu 40 mm olarak yalıtkanlık kısımları açıldı. Ve her hafta sonunda numunelerin ağırlık ölçümleri yapıldı. (Şekil 3.27)



Şekil 3.27. Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyinin yapıldığı ortam

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Düşük Sıcaklıktaki Sarma Deneyi Sonuçları

Yapılan bu araştırmada düşük sıcaklıktaki sarma deneyi sonuçunda 1mm² - 2,5mm² - 6mm² kesitli FLRY-B standardındaki kablolar, deney sonunda gözle kontrol edildiğinde, yalıtımda çatlama ve kırılma görülmemiştir. Ayrıca kablo damarı yalıtım kılıfından dışarı doğru çıkıntı yapmamıştır.

4.2. Isı İle Büzülme Deneyi sonuçları

Deney sonunda max. yalıtım büzülmesi %4 'ü geçmemelidir. Kablolarda hiçbir çatlama olmamıştır. Bulunan sonuçlar Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Isı ile büzülme deneyi sonuçları

	1 mm² kesit için			**2,5 mm² kesit için**			**6 mm² kesit için**		
	A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
İletkenin deney öncesi PVC boyu (mm)	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Deney sonrası PVC boyu (mm)	200	200	199,5	198	197	199	198	198	197
% yalıtım büzülmesi	%0	%0	%0,25	%1	%1,5	%0,5	%1	%1	%1,5

4.3. Damarın Tutulması Deney Sonuçları

Deney süresi sonunda, damar ile yalıtım arasında hiçbir bağıl hareket meydana gelmemelidir. A tipi taşıt kabloları, FLRY-B standardında yapılmış 1 mm² ve 2,5 mm² kesitli numuneler deney sonunda; kablo iletkeni yalıtkandan ayrılmamıştır.

4.4. Alev Yayılmasına Karşı Dayanım Deneyinin Sonuçları

Numunedeki herhangi bir yanma, deney alevinin çekilmesinden 30 sn'lik bir süre içinde kendi kendine sönmelidir.

Çizelge 4.2. Alev yayılmasına karşı dayanım deneyinin sonuçları

	1 mm² kesit için			**2,5 mm² kesit için**			**6 mm² kesit için**		
	A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
Deney alevi çekildikten sonraki yanma süresi (sn)	hemen söndü	hemen söndü	hemen söndü	2	3	3	3	2	4

4.5. Aşırı Sıcaklığa Dayanım Deneyinin Sonuçları

Çizelge 4.3. Aşırı sıcaklığa dayanım deneyinin sonuçları

	1. numune	**2. numune**	**3. numune**
1 mm² için	YOK *	YOK *	YOK *
2,5 mm² için	YOK *	YOK *	YOK *
6 mm² için	YOK *	YOK *	YOK *

* Numunelerde yapılan gözle kontrol sonucu, çatlama ve kırılma yoktur.

4.6. Düşük Sıcaklığa Darbe Deneyinin Sonuçları

Deney sonunda numuneler (23±5) ºC' lik oda sıcaklığına kadar ısınmaya bırakılıp, gözle kontrolden geçirilir. Gözle kontrol sonunda, deney numunelerine çekicin düştüğü noktadaki yalıtımda hiçbir çatlama, kırılma olmamıştır. Sadece 25 mm² kesitli kablonun yalıtımında ezilme olmuştur.

4.7. Yağa Karşı Dayanıklılık Deneyinin Sonuçları

TS 1435'e göre; deney sırasında yalıtım kaplaması kırılmamalı veya yırtılmamalı, deneyden önce belirtilen yalıtımın ortalama kalınlığındaki değişim ±%4 'ü aşmamalıdır. Deneyden sonra renk kodlaması hala ayırt edilebilir olmalıdır.

Çizelge 4.4. Yağa karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları

	1 mm² kesit için			**2,5 mm² kesit için**			**6 mm² kesit için**		
	A	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
İletkenin deney öncesi dış çapı D(mm)	1,99	1,99	2	2,90	2,89	2,88	4,25	4,26	4,22
Deney sonrası dış çapı D (mm)	1,91	1,90	1,92	2,83	2,81	2,82	4,17	4,18	4,08
Yalıtım kalınlığındaki değişim (%)	4	4,5	4	2,41	2,76	2,08	1,88	1,87	3,31
Gözle kontrol sonucu	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*	YOK*

* Çatlama ,kırılma, renk değişimi görülmemiştir.

4.8. Yüksek Sıcaklıkta Basınç Deneyinin Sonuçları

Numunelerdeki girinti derinliği yapılan ölçümler sonunda, yalıtım kalınlığındaki ezilme oranı %50 'yi aşmamalıdır.

Çizelge 4.5. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinde kullanılan ağırlıklar

	i (mm)	D (mm)	G (kg)
1 mm² için	0,47	2,03	0,1039˜ 100 gr
2,5 mm² için	0,60	2,89	0,141˜ 140 gr
6 mm² için	0,66	4,32	0,183˜ 200 gr

Çizelge 4.6. Yüksek sıcaklıkta basınç deneyinin sonuçları

	1 mm² kesit için			2,5 mm² kesit için			6 mm² kesit için		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Yalıtım kalınlığının ortalama değeri i (mm)	0,47	0,47	0,47	0,60	0,60	0,60	0,66	0,66	0,66
Ezilen kısımda ölçülen girinti miktarı ii (mm)	0,526	0,406	0,466	0,413	0,41	0,37	0,626	0,613	0,64
Yalıtım kalınlığındaki ezilme oranı (%)	-11,91	13,61	0,85	31,16	31,66	38,33	5,15	7,12	3,03

Tablodan da görüldüğü gibi, deney sonucunda numunelerdeki ezilme oranı TS 1435 standardında istenen %50 değerini aşmamıştır.

4.9. Benzine Karşı Dayanıklılık Deneyinin Sonuçları

TS 1435'e göre; deney sırasında yalıtım kırılmamalı veya yırtılmamalı, deneyden önce belirlenen yalıtımın ortalama kalınlığındaki değişim ±%6 'yı aşmamalıdır. Deneyden sonra renk kodlaması hala ayırt edilebilir olmalıdır.

Çizelge 4.7. Benzine karşı dayanıklılık deneyinin sonuçları

	1 mm² kesit için			2,5 mm² kesit için			6 mm² kesit için		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
İletkenin deney öncesi dış çapı D(mm)	1,92	1,92	1,92	2,89	2,89	2,89	4,35	4,35	4,35
Deney sonrası dış çapı D (mm)	1,89	1,86	1,89	2,82	2,80	2,79	4,26	4,26	4,22
Yalıtım kalınlığındaki değişim (%)	1,5	3	1,5	2,42	3,11	3,46	2	2	2,98
Gözle kontrol sonucu	1*)	1*)	1*)	2*)	2*)	2*)	3*)	3*)	3*)

1*)Kırılma, çatlama yok renginde matlaşma var.
2*)Hafif çatlama ve renginde açılma görüldü.
3*)Hafif çatlama ve renginde açılma görüldü.

4.10. Yüksek Gerilim Deneyinin Sonuçları

Pabuçsuz kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları

Tuz çözeltisi içinde bulunan numuneye, deney gerilimi 1kV olan değer, 30 dk. süre ile iletkene uygulandığında, kabloda delinme olmamalıdır. Daha sonra 5kV olan delinme gerilim değerine 500 V/sn 'lik hızla ulaştığında da numune bu gerilime delinme olmadan dayanmalıdır.

1 mm² kesit için: Uygulanan 1kV.'luk deney gerilimi sonunda iletkende delinme görülmemiştir.

2,5 mm² kesit için: Uygulanan 1kV.'luk deney gerilimi sonunda iletkende delinme görülmemiştir.

6 mm² kesit için: Uygulanan 1kV.'luk deney gerilimi sonunda iletkende delinme görülmemiştir.

Çizelge 4.8. Pabuçsuz kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları

	Deney gerilimi 1kV/süre 30 dk	**5 kV' luk delinme gerilim değerine 500 V/sn hızla ulaşılırsa**							
		1,5 kV	2 kV	2,5 kV	3 kV	3,5 kV	4 kV	4,5 kV	5 kV
1 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur
2 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur
6 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur

Pabuçlu kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları

Deney numuneleri, deney gerilimi (1 kV) ve delinme gerilimi (5 kV) değerlerine hiçbir delinme olmadan dayanmıştır.

Çizelge 4.9. Pabuçlu kabloya uygulanan yüksek gerilim deneyinin sonuçları

	Deney gerilimi 1kV/süre 30 dk	**5 kV' luk delinme gerilim değerine 500 V/sn hızla ulaşılırsa**							
		1,5 kV	2 kV	2,5 kV	3 kV	3,5 kV	4 kV	4,5 kV	5 kV
1 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur
2,5 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur
6 mm² için	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur	Delinme yoktur

4.11. Yalıtım Direncinin Ölçülmesi Deneyinin Sonuçları

Yapılan deney sonunda, kablonun yalıtım direnci; hacimsel özdirencin (δo) eşdeğerinden daha küçük olmamalıdır.

Çizelge 4.10. Yalıtım direncinin ölçülmesi deneyinin sonuçları

	L (mm)	**R (Ω)**	**D (mm)**	**d (mm)**	**δo ($\Omega.mm$)**
1mm² için	4500	$48{,}4 \cdot 10^{6}$	2,04	0,20	$5{,}8844 \cdot 10^{11}$
2,5 mm² için	4500	$60{,}1 \cdot 10^{6}$	2,89	0,25	$6{,}9332 \cdot 10^{11}$
6 mm² için	4500	$46{,}83 \cdot 10^{6}$	4,25	0,30	$4{,}9880 \cdot 10^{11}$

4.12. Atmosferik Ortam Şartlarında Korozyon Deneyinin Sonuçları

Pabuçlu kablo için kullanılan numunelerde, deney öncesi ölçüm ile bir hafta sonraki ilk ölçüm arasında, ağırlıkta bir miktar artış olmuştur. Sonraki haftalardaki ölçümlerde tekrar ağırlıkta azalma görülmüştür. İletkenleri saran pabuç sayesinde iletken tellerde, kopma şeklinde kayıp görülmeyip korozyon sadece pabuç üzerinde saptanmıştır.

Pabuçsuz kablo için kullanılan numunelerde, deney öncesi ölçüm ile bir hafta sonraki ölçüm arasında, ağırlıkta büyük miktarda artış olmuştur. Sonraki haftalardaki ölçümlerde tekrar ağırlıkta azalma tespit edilmiştir. Kablo uçlarındaki yalıtkanın sıyrılıp

iletken tellerin direkt olarak ortama maruz kalması sonucunda, tellerde kopma, kırılma ve korozyon kaybı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Atmosferik ortam şartlarında korozyon deneyinin sonuçları

	PAPUÇLU KABLOLAR									PABUÇSUZ KABLOLAR								
	1mm² için			2,5mm² için			6mm² için			1mm² için			2,5mm² için			6mm² için		
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
Deney öncesi ölçüm (gr)	4,316	4,335	4,310	7,885	7,888	7,892	14,669	14,810	14,719	2,148	2,192	2,194	5,090	5,142	5,100	12,219	12,178	12,181
1.ölçüm (gr)	4,355	4,381	4,346	7,995	8,050	8,012	14,697	14,839	14,756	2,161	2,202	2,219	5,145	5,190	5,157	12,257	12,238	12,258
2.ölçüm (gr)	4,328	4,366	4,342	8,001	7,974	7,976	14,675	14,854	14,802	2,141	2,170	2,182	5,107	5,158	5,115	12,253	12,274	12,239
3.ölçüm (gr)	4,317	4,337	4,312	7,887	7,890	7,895	14,669	14,809	14,721	2,144	2,168	2,181	5,090	5,143	5,100	12,222	12,198	12,187
4.ölçüm (gr)	4,315	4,337	4,311	7,890	7,890	7,898	14,669	14,810	14,722	2,143	2,138	2,180	5,090	5,143	5,102	12,221	12,194	12,184
5.ölçüm (gr)	4,316	4,339	4,314	7,892	7,889	7,895	14,679	14,808	14,718	2,144	2,157	2,180	5,089	5,144	5,101	12,220	12,194	12,182

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kablo, elektrik enerjisini ileten elektriksel olarak yalıtılmış bir veya daha fazla damardan oluşmuş bir mamuldür. Taşıt kablolarının elektriksel özelliklerinin ve bu kablolara etki eden korozyonun olumsuz etkilerinin incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuç ve öneriler şu şekilde sıralanabilir:

1.Düşük sıcaklık ortamında bulunan bir elektrik kablosunun, izolasyonunda herhangi bir çatlama, kırılma olmadığı ve damarın yalıtım kılıfından dışarı doğru çıkıntı yapmadığı gözle kontrol sonucu tespit edilmiştir.

2.Yüksek sıcaklık ortamında bulunan elektrik kablosunun, yalıtım malzemesinin büzülmesi TS 1435 standardında istenen %4 değerini geçmemiştir. İzolasyon malzemesi iletken teli sıkıca kavradığından, iletken çıkıntı yapmamıştır. Ayrıca kabloda herhangi bir çatlama, kırılma olmamıştır.

3.Elektrik kabloları bulunduğu ortam içinde bir ağırlığa maruz kaldığında, kablo iletkeninin yalıtkandan ayrılmaması gerekir.

4.Herhangi bir nedenle kablo üzerinde oluşan alevin, kablo iletkenine zarar vermemesi için en kısa süre içinde (TS 1435 standardına göre 30 sn) kendi kendine sönmelidir.

5.Elektrik kablolarının belirli bir süre ve sıcaklık değerinde (TS 1435' e göre 48 saat – 105 ºC) bulunmalarına rağmen iletkenliğinde ve yalıtımında herhangi bir sorun görülmemiştir. Özellikle izolasyon malzemesinde yüksek sıcaklıktan dolayı kırılma ve çatlama olmamıştır.

6.Aküden alınan elektrik enerjisini, diğer sistemlere aktarmak için büyük kesitli akü kablolarını kullanırız. Bu kabloların düşük sıcaklık ortamında bile, herhangi bir darbe ile karşılaştıklarında hem yalıtımında hem de iletkenlerde çatlama, kırılma olmaması gerekir.

7.Tarım makinelerinin bulunduğu ortamdan dolayı, elektrik kablolarının da bu ortamlara karşı dayanıklı olması istenir. Belirli sıcaklık ve belirli bir sürede, yağ içinde bekletilen elektrik kablosunun, yalıtımında olması gereken değişim %4 'ü geçmemelidir (TS 1435). Eğer bu değişim değerini aşıyorsa, izolasyon malzemesinin yeniden incelenmesi ve kalınlığının tekrar kontrol edilmesi gerekir. Çünkü yağlı ortam

şartlarına dayanıklı olmayan bir kablo, hem elektrikle çalışan sistemlere zarar verir hem de tarım makinesinin arızalanmasına neden olur.

8.Yüksek sıcaklıkta bulunan bir kablonun herhangi bir yerine uygulanan basınç kuvveti, kabloya baskı yaptığı noktada iletkenlere ve izolasyona zarar vermemelidir. Bu noktadaki izolasyon malzemesinde ölçülen girinti miktarındaki değişim, ilk ölçüm değerinden %50 'yi aşmamalıdır (TS1435). Bu durumda herhangi bir nedenle kabloya uygulanan basınç kuvveti, kabloya zarar vermez.

9.Benzine maruz kalan bir kablonun, yalıtımında ve iletkenlerde yırtılma, kırılma, renk değişimi görülmemiştir. Böyle bir ortamda uzun süre kalan bir kablonun yalıtım kalınlığı normal değerinden %6 oranında azalırsa, iletken tellerin yıpranıp elektriksel geçirgenliği de azalmış olur.

10.Elektrik kabloları tuzlu su içinde bekletilip, yüksek bir gerilim uygulandığında (1 -5 kV) korozyonun etkisi arttırılmış olur. Bu ortamda bulunan kablonun yalıtkanında ve iletken tellerinde herhangi bir delinme, kırılma, çatlama, kablo üzerinde ısınma olmamalıdır. Pabuçlu ve pabuçsuz kablolar için yapılan incelemede, kablonun korozyona ve yüksek gerilime dayanıklılığı; yalıtkan malzemenin kalınlığına, iletken tellerin direncine, korozyona sebep olan faktörlerin kablo üzerindeki hızına bağlıdır.

11.Sıcak su içinde bekletilen bir kablonun yalıtım hacminde bir artma olur. Bunun sonucu iletken tel, yalıtkan içinde serbest kalıp elektriksel iletkenlikteki direnci artar. Böyle bir kablo ile ortama, belli bir süre uygulanan doğru gerilim sonucu kablonun yalıtım direnci ölçülür. Bu değerinde ortam dışındaki hacimsel özdirençten büyük olması gerekir.

12.Atmosferik ortam şartlarına bir aylık süre (Kasım- Aralık ayları) ile maruz kalan kablolarda; pabuçlu kısımda ve pabuçsuz kablonun yalıtkanlığının alındığı kısımda korozyonun etkisi görülmüştür. Aynı zamandan iletken tellerin, başka bir yere bağlantı yapılması ve ortamın tellerin iletkenliğini etkilememesi için, kablo uçlarında pabuçların kullanılması şarttır. Kablolarda yapılan ağırlık ölçümleri sonucunda, özellikle ilk haftada artışlar olmuştur. Daha sonraki ölçümlerde ise, bu değerler yaklaşık olarak ilk ölçümdeki değer kadardır. İlk hafta oluşan bu değişim kablonun, ortam şartlarına uyumu ve korozyonun etkisi şeklindedir.

KAYNAKLAR

ATEŞ, A., 1997, Elektrik Kabloları, Türkiye Elektrik Kabloları San. Ve Mermer San. Araştırmaları Yayını, Ankara.

ALPERÖZ, N., 1987, Elektrik Enerjisi Dağıtımı, Nesil Matbaacılık Yayıncılık San. Tic. A.Ş., İstanbul.

ANONYMOUS, 2006, Alüminyum Nedir?, www.arslanaluminyum.com

ANONYMOUS, 2006, Niçin Alüminyum?, www.turkkablo.com.tr

ANONYMOUS, 2006, Elektrik Akımı Konusundaki Yanlış Algılamalar, www.wikipedia.org

ANONYMOUS, 2006, Kablo, www.wikipedia.org

ANONYMOUS, 2000, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisler Yönetmeliği, TSE Yayını, Ankara, www.rega.basbakanlık.gov.tr.

ANONYMOUS, 1994, TS 1435 Taşıt Kabloları, Ankara.

GÜNAYDIN, S., 2006, Tesisat, Kablolar ve İletkenlerin Boyutlandırılması, ETMD Yayını, İstanbul.

HÜRER, A., 1990, Elektrik Tesisat Bilgisi I, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.

HÜRER, A.,1990, Elektrik Tesisat Bilgisi II, Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları, İstanbul.

TEMEL, A., 2001, Korozyonun tanımı ve özellikle alüminyumun korozyonu ile nedenleri, çözüm yolları ve alüminyumun genel olarak kullanım alanları, İstanbul.

TANYERİ, İ., 2005, Çelik Borularda Korozyona karşı Katodik Koruma, İstanbul.

YÜCEL, M. E., 2002, Endüstriyel Elektrik, Grafiker Ofset Tesisleri, İstanbul.

ANONYMOUS, ____, www.cagataykablo.com.tr

ANONYMOUS, ____, www.emekkablo.com.tr

ANONYMOUS, ____ , www.odevsitesi.com

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Malkara ‘da doğdum. İlkokulu Ahievren Köyü, orta öğrenimimi Malkara Atatürk Ortaokulunda, lise öğrenimimi ise Malkara Zübeyde Hanım Teknik Lisesi ‘nde tamamladım. 1996 yılında M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği ‘ne girdim. 2000 yılında fakülteden mezun oldum.

2000 yılında T.Ü. Tekirdağ ve Malkara Meslek Yüksekokulunda Serbest Öğretim Elemanı olarak işe başladım. 2003 yılında T.Ü. Tekirdağ Meslek Yüksekokulu Elektrik Programında Öğretim Görevlisi olarak göreve başladım. Halen bu kurumda görev yapmaktayım.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarımın yürütülmesi sırasında yardımlarını gördüğüm sayın hocam Prof.Dr. Bülent EKER 'e, aydınlatıcı bilgi ve yardımlarından dolayı Prof.Dr. Poyraz ÜLGER'e, Prof.Dr. Selçuk ARIN'a, Prof.Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na, Prof.Dr. Bahattin AKDEMİR'e, Prof.Dr. Ayşegül AKDOĞAN'a ve tüm Tarım Makinaları Bölüm hocalarıma, yardımları ve desteği için Yard.Doç.Dr. Serap AKDEMİR 'e, deneylerin yapılması ve incelenmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen ve teknik destek sağlayan Çağatay Kablo San. ve Tic. Ldt. Şti. Genel Müdürü Ahmet Şemsettin KÖROĞLU 'na ve Kalite Güvence Sorumlusu Ebru TÜRK 'e çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmalarım sırasında, bana manevi desteklerini eksik etmeyen ailem ve sevgili dostlarıma sonsuz teşekkürler.