



**T.C.  
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAKIR KROM BOR (CCB) VE BORİK ASİT (BA) EMPRENYE  
MADDELERİNİN METAL BAĞLANTI ELEMANLARI ÜZERİNE  
KOROZYON ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS**

**ÇAĞLAR AKÇAY**

**OCAK 2014**

**DÜZCE**

## KABUL VE ONAY BELGESİ

Çağlar AKÇAY tarafından hazırlanan “Bakır Krom Bor (CCB) ve Borik Asit (BA) Emprenye Maddelerinin Metal Bağlantı Elemanları Üzerine Korozyon Etkisinin İncelenmesi” isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun 06/01/2014 tarih ve 2014/4 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye  
(Tez Danışmanı)  
Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU  
Düzce Üniversitesi

Üye  
(Eş Danışman)  
Yrd. Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. Yalçın ÇÖPÜR  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç. Dr. İlyas UYGUR  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir ALLI  
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 14.01.2014

### **ONAY**

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Çağlar AKÇAY’ın Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

14 Ocak 2014

Çağlar AKÇAY

*Sevgili Aileme*

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve bu tezin hazırlanmasında süresince gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocalarım Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU'na ve Yrd. Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ'ye en içten dileklerle teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen yüksek lisans öğrencisi Mine KURTAY'a teşekkür ederim. Ayrıca bu süreçte yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Muhammet ÇİL'e teşekkür ederim.

Bakır Krom Bor (CCB) empenye maddesi temini için BOLU RAMTAŞ A.Ş çalışanı Erol BİLCAN'a teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2013.2.3.139 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiş ve Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu Korozyon Araştırma Laboratuarında yürütülmüştür.

**14 Ocak 2014**

**Çağlar AKÇAY**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR SAYFASI .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	xii
ÖZET .....	1
ABSTRACT .....	2
EXTENDED ABSTRACT .....	3
1. GİRİŞ .....	5
1.1. EMPRENYE ENDÜSTRİSİNİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU.....	8
1.2. EMPRENYE MADDELERİ.....	9
1.2.1. Yağlı Emprenye Maddeleri.....	10
1.2.2. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri.....	10
1.2.3. Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri.....	11
1.3. CCB (BAKIR/KROM/BOR) EMPRENYE MADDESİ.....	11
1.3.1. CCB Emprenye Maddelerinin Özellikleri ve Kullanılış Yerleri.....	12
1.4. BORİK ASİT.....	12
1.4.1. Borik Asidin Emprenye Maddesi Olarak Kullanılabilirliği.....	13
1.5. KOROZYON.....	14
1.5.1. Korozyonun Tanımı ve Korozyonun Önemi.....	14
1.5.2. Korozyonun Oluşum Nedeni.....	15
1.5.3. Korozyon Reaksiyonları.....	15
1.6. LİTERATÜR TARAMASI.....	16

<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1. KULLANILAN ELEKTROTLARIN BİLEŞİMLERİ.....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. KULLANILAN ELEKTROTLARIN HAZIRLANMASI.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. EMPRENYE ÇÖZELTİLERİNİN HAZIRLANMASI.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. DENEYLERİN YAPILMASI.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. DENEYLERDE KULLANILAN ÇÖZELTİLERİN pH VE İLETKENLİK DEĞERLERİ.....</b>	<b>21</b>
<b>2.6. KOROZYON HIZINI ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....</b>	<b>23</b>
<b>2.6.1. Tafel Polarizasyon Yöntemi.....</b>	<b>24</b>
<b>2.6.2. EIS (Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi) Yöntemi.....</b>	<b>26</b>
<b>3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. CCB EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN EIS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.1. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. BORİK ASİT EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN EIS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.1. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi ile Belirlenmesi.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2.2. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi.....</b>	<b>41</b>
<b>3.2.3. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. CCB EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN TAFEL POLARİZASYON YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3.1. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3.2. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi .....</b>	<b>48</b>

3.3.3. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi.....	49
3.4. BORİK ASİT EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN TAFEL POLARİZASYON YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ...	50
3.4.1. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi.....	50
3.4.2. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisinin Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi.....	51
3.4.3. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi.....	52
3.5. METAL YÜZEYLERİNDE ÇEKİLEN SEM VE EDS ANALİZİ SONUÇLARI.....	53
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	74
5. KAYNAKLAR .....	76
ÖZGEÇMİŞ .....	81



## ŞEKİL LİSTESİ

		<b>Sayfa No</b>
Şekil 1.1	Ağaç malzeme içersinde metal korozyonun şematik gösterimi	6
Şekil 1.2	Borik asidin ( $H_3BO_3$ ) açık formülü.	12
Şekil 2.1	Deneyde kullanılan çalışma elektrotlarının hazırlanışı.	20
Şekil 2.2	CCB emprenye maddesinin manyetik karıştırıcıda deney öncesi elektrolit hale getirilmesi.	20
Şekil 2.3	Çalışma elektrotlarının deney öncesi yüzeylerinin zımparalanarak temizlenmesi.	21
Şekil 2.4	Karşı elektrod, çalışma elektrodu ve referans elektrotları.	22
Şekil 2.5	Deney düzeneğinin görünümü [(1) Pt tel, (2) Ag/AgCl elektrot, (3) Çalışma elektrodu]	22
Şekil 2.6	Deney düzeneğinin özet şekli	23
Şekil 2.7	Tafel ekstra polarizasyon yöntemi ile korozyon akımı ve korozyon potansiyelinin hesaplanması	25
Şekil 2.8	$Z_{Im}$ ve $Z_{Re}$ arasındaki ilişkiden Empedansın ( $Z$ ) bulunması	26
Şekil 3.1	%2 CCB emprenye maddesi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin 4000 saniye boyunca ölçülen potansiyel değişimi	28
Şekil 3.2	CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	29
Şekil 3.3	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %4 CCB emprenye maddesi çözeltisi içerisindeki korozyonunun R(QR) devresiyle eşleşmesi	29
Şekil 3.4	R(QR) devresi	30
Şekil 3.5	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %2, %4 CCB emprenye maddesi, %3,5'luk NaCl, %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki $R_{ct}$ değerleri	30
Şekil 3.6	%4 CCB emprenye maddesi içersinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin 4000 saniye boyunca ölçülen potansiyel değişimi	32
Şekil 3.7	CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	32
Şekil 3.8	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %4 CCB çözeltisi içerisindeki korozyonunun R(QR) devresi ile eşleşmesi	33
Şekil 3.9	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %2, %4 CCB emprenye maddesi, %3,5'luk NaCl, %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki $R_{ct}$ değerleri	33
Şekil 3.10	R(C(R(C(R(CR)))))) devresi	35
Şekil 3.11	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %2 CCB emprenye maddesi içerisinde zamana bağlı olarak ölçülen potansiyel değişimi	35
Şekil 3.12	CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz	36

	çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	
Şekil 3.13	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %4 CCB çözeltisi içerisindeki korozyonun R(QR) devresi ile eşleşmesi	36
Şekil 3.14	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %2 CCB, %4 CCB emprenye maddesi ve %3,5'luk NaCl'e karşı korozyon dayanımı	37
Şekil 3.15	Borik Asit emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	38
Şekil 3.16	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %2 BA çözeltisi içerisindeki korozyonun (R(Q(R(QR)))) devresi ile eşleşmesi	39
Şekil 3.17	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %1, %2 BA konsantrasyondaki emprenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki emprenye maddelerine karşı korozyon dayanımı	40
Şekil 3.18	(R(Q(R(QR)))) devresi	40
Şekil 3.19	Borik asit emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	41
Şekil 3.20	%1 BA çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonun R(QR(QR)) devresi ile eşleşmesi	42
Şekil 3.21	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %1 BA, %2 BA konsantrasyondaki emprenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki emprenye maddelerine karşı korozyon dayanımı	42
Şekil 3.22	Borik Asit emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi	44
Şekil 3.23	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin % 1 BA çözeltisi içerisindeki korozyonun R(QR)(QR)devresi ile eşleşmesi	44
Şekil 3.24	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %1 BA, %2 BA konsantrasyondaki emprenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki emprenye maddelerine karşı korozyon dayanımı	45
Şekil 3.25	R(QR)(QR) devresi	46
Şekil 3.26	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri	47
Şekil 3.27	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri	48
Şekil 3.28	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri	49
Şekil 3.29	BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi	51
Şekil 3.30	BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi	52
Şekil 3.31	BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz	53

	çelik AISI 420 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi	
Şekil 3.32	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü	54
Şekil 3.33	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS diyagramı	54
Şekil 3.34	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü	55
Şekil 3.35	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü EDS diyagramı	55
Şekil 3.36	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	56
Şekil 3.37	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı	56
Şekil 3.38	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü	57
Şekil 3.39	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı	58
Şekil 3.40	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü	59
Şekil 3.41	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı	59
Şekil 3.42	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	60
Şekil 3.43	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı	61
Şekil 3.44	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü	62
Şekil 3.45	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS diyagramı	62
Şekil 3.46	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü	63
Şekil 3.47	%4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 EDS diyagramı	64
Şekil 3.48	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	65
Şekil 3.49	%4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı	65
Şekil 3.50	%2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü	68
Şekil 3.51	%2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS diyagramı	67
Şekil 3.52	%2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS analiz sonuçları	67

Şekil 3.53	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	68
Şekil 3.54	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı	68
Şekil 3.55	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü	69
Şekil 3.56	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı	70
Şekil 3.57	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	70
Şekil 3.58	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı	71
Şekil 3.59	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü	72
Şekil 3.60	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS diyagramı	72
Şekil 3.61	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü	73

## ÇİZELGE LİSTESİ

		<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 1.1	CCB tipi emprenye maddelerinin spesifikasyonları	12
Çizelge 1.2	Borik asidin bazı özellikleri	13
Çizelge 2.1	Çalışmada kullanılan paslanmaz çeliklerin içerdikleri elementler ve bulunma yüzdeleri	19
Çizelge 2.2	Deneylerde kullanılan çözeltilerin pH ve iletkenlik değerleri	21
Çizelge 3.1	CCB emprenye maddesinin paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesine ilişkin elde edilen veriler	31
Çizelge 3.2	Paslanmaz çelik AISI 316L metaline CCB emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamının korozyon etkisinin EIS yöntemi ve R(QR) devresi ile belirlenmesi sonucu elde edilen veriler	34
Çizelge 3.3	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin R(C(R(C(R(CR)))))) devresi ile analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler	34
Çizelge 3.4	Paslanmaz çelik AISI 420 metaline CCB emprenye maddesine korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesi sonucu elde edilen veriler	37
Çizelge 3.5	Paslanmaz çelik AISI 304 metaline %1 ve %2 BA emprenye maddesinin korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesi sonucu elde edilen veriler	40
Çizelge 3.6	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları	40
Çizelge 3.7	Paslanmaz çelik AISI 316L metaline BA emprenye maddesinin korozyon etkisinin EIS yöntemiyle ve R(QR(QR)) devresi ile analiz edilmesiyle elde edilen veriler	43
Çizelge 3.8	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları	43
Çizelge 3.9	Paslanmaz çelik AISI 420 metaline BA emprenye maddesine korozyon etkisinin EIS yöntemiyle ve R(QR)(QR) devresiyle analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler	45
Çizelge 3.10	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %3,5 NaCl, %1 ve	46

	%2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları	
Çizelge 3.11	Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler.	47
Çizelge 3.12	Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler	49
Çizelge 3.13	Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler	50
Çizelge 3.14	BA emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler	51
Çizelge 3.15	BA emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler	52
Çizelge 3.16	BA emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler.	53
Çizelge 3.17	%3,5 NaCl çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 304 metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi	54
Çizelge 3.18	%4 CCB çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 304 metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi	55
Çizelge 3.19	%4 CCB emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	57
Çizelge 3.20	%4 CCB emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	58
Çizelge 3.21	%4 CCB çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 316L metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi sonuçları	60
Çizelge 3.22	%4 CCB emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	61
Çizelge 3.23	%3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS analiz sonuçları	63
Çizelge 3.24	%4 CCB emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü	64
Çizelge 3.25	%4 CCB emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	66

Çizelge 3.26	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS analiz sonuçları	67
Çizelge 3.27	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	68
Çizelge 3.28	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS analiz sonuçları	69
Çizelge 3.29	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	71
Çizelge 3.30	%2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS analiz sonuçları	72
Çizelge 3.31	%2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları	73

## SİMGELER VE KISALTMALAR

CCB	Bakır Krom Bor
BA	Borik asit
$I_{corr}$	Korozyon Akım Yoğunluğu $\mu A/cm^2$
$E_{corr}$	Korozyon Potansiyeli
$R_{ct}$	Şarj Transfer Direnci $ohm.cm^2$
$\Omega$	Ohm
$\mu A$	Mikroamper
mV	Milivolt
EIS	Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi
TP	Tafel Polarizasyon
$R_s$	Çözelti Direnci
$R_p$	Polarizasyon Direnci
Z	Empedans, ohm
$Z_{im}$	Hayali Empedans
$Z_{re}$	Gerçek Empedans
ACQ	Amonyaklı Bakır Quat
CuAz	Bakır Azole
ACZA	Amonyaklı Çinko Arsenat
ACC	Amonyaklı Bakır Sitrata
AWPA	Amerikan Ahşap Koruma Topluluğu
MPY	Mili Per Year
$R_p$	Polarizasyon direnci, $ohm.cm^2$
Q	Sabit Faz Elementi
N	Pürüzlülük
$\beta_a$	Anodik Tafel Sabiti, mv/dec
$\beta_c$	Katodik Tafel Sabiti, mv/dec



## ÖZET

### **BAKIR KROM BOR (CCB) VE BORİK ASİT (BA) EMPRENYE MADDELERİNİN METAL BAĞLANTI ELEMANLARI ÜZERİNE KOROZYON ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Çağlar AKÇAY

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Biyolojisi ve Odun Koruma Teknolojisi Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU-Yrd. Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ

Ocak 2014, 98 sayfa

Bu çalışmada yeni nesil emprenye maddelerinin metallere korozyon etkisi araştırılmıştır. Çalışmada emprenye maddesi olarak Bakır Krom Bor (CCB) ve Borik Asit (BA) kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan CCB ve borik asit çözeltilerinin uygulamada en çok kullanılan paslanmaz çelik türleri olan paslanmaz çelik AISI 304, AISI 316L ve AISI 420 üzerine korozif etkileri araştırılmıştır. Ayrıca %3,5 NaCl ortamında belirlenen konsantrasyonlardaki emprenye maddelerinin korozif davranışları incelenmiş ve sonuçları tartışılmıştır. Çalışmada elektrokimyasal korozyon ölçme yöntemlerinden olan EIS (Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi) ve Tafel ekstrapolarizasyon yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonrasında metallerin yüzeylerinde meydana gelen değişimler SEM (Scanned Electron Microscope) optik resimleri ve EDS (Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy) analizleri ile incelenmiştir. Genel olarak CCB emprenye maddesinin konsantrasyonun artışına paralel olarak metallerin dirençlerinde artış gözlenmiştir. Dolayısıyla CCB emprenye maddesi korozyon inhibitörü gibi davranmış ve metali korozyona karşı koruduğu tespit edilmiştir. Ancak borik asidin konsantrasyonunun artışına paralel olarak metallerin dirençlerinde azalma görülmüştür. Dolayısı ile borik asidin kullanılan metallere korozif etki yaptığı tespit edilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Emprenye Maddeleri, Korozyon, Metal Bağlantı Elemanları, Paslanmaz Çelik

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION THE CORROSION EFFECTS OF WOOD PRESERVATIVE CHEMICALS, COPPER CHROMIUM BORON (CCB) AND BORIC ACID (BA) ON METAL FASTENERS**

Çağlar AKÇAY

Duzce University

Forest Faculty, Department of Forest Industry Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Associated Prof. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU

January 2014, 98 pages

In this study, the corrosion effect of new generation wood preservatives was investigated on metals. Copper Chromium Boron (CCB) and Boric Acid (BA) was used as wood preservative. The corrosive effect of CCB and BA solutions prepared at different concentrations were investigated on most common stainless steel types such as AISI 304, 316L and 420. In addition, the corrosion behaviors of the wood preservative solutions in 3,5% NaCl media was examined. Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) and Tafel polarization methods were utilized to measure the corrosion effects. Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) were also utilized to examine the metal surfaces exposed to the wood preservative chemicals. In generally, resistance of metals increased with the increasing concentration of CCB which indicates a corrosion inhibitor behaviors. The BA, on the other hand, reduced the resistance of metals with increasing concentration. Thus, BA showed a significant corrosive effect on the metals used in this study.

**Key words:** Wood Preservatives, Corrosion, Metal Fasteners, Stainless Steel

## **EXTENDED ABSTRACT**

### **INVESTIGATION THE CORROSION EFFECTS OF WOOD PRESERVATIVE CHEMICALS, COPPER CHROMIUM BORON (CCB) AND BORIC ACID (BA) ON METAL FASTENERS**

Çağlar AKÇAY

Duzce University

Forest Faculty, Department of Forest Industry and Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Associated Prof. Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU

Co Adviser: Assistant Prof. Dr. Hüsnü GERENGİ

January 2014, 98 pages

#### **1. INTRODUCTION:**

When wood material used in outdoor applications, it can be degraded by various biological hazards. As a result the service life of wood material decreases. However, if wood material is treated with various chemicals, its service life may be extended. The treatment solutions of wood material are carried out in large scale tanks. Wood preservatives in tanks and pipes connecting tanks corrode the metal by time. In addition, metal fasteners used on treated wood material can be corroded due to wood preservative retention. That is why the strength of wood material and metallic fastener decreases. As a result the corrosion properties of wood preservatives need to be studied.

Scope of this thesis is aimed to achieve the following objectives;

1. Determining the corrosion effect of different concentration level of CCB and boric acid used wood preservative on metals.
2. Determining correlation between electrochemical methods.
3. Determining corrosion resistance of treatment tank used in wood preservation industry.
4. Investigating corrosion behaviors of wood preservatives in 3,5% NaCl media.
5. Contributing to the literature related with subject obtained data as a result of the work.

## **2. MATERIAL AND METHODS:**

New generation wood preservatives CCB and boric acid were tested in this study. In addition to these wood preservatives, the corrosion behaviors of wood preservative solutions in 3,5% NaCl media was measured and compared to the corrosion effects of wood preservative solutions. The metal fasteners used were made of most common formulations of stainless steel, AISI 304, 316L and 420. Corrosion measurements were carried out by using Gamry Instrument Reference 600 Potentiostat/Galvanstat / ZRA and Parsastat 4 instruments. Two different corrosion measurement methods EIS and Tafel were used to measure corrosion properties. The corrosion cell consists of triple electrode system, working electrode, reference electrode and counter electrode.

## **3. RESULTS AND DISCUSSIONS:**

Corrosion effects of different concentration levels of CCB and boric acid on stainless steels were found different from each other. Corrosion behaviors of wood preservatives in 3,5% NaCl media were showed differences depending on corrosion measuring methods. The resistances of stainless steel AISI 304 and 316L in wood preservative solutions were close to each other while the resistance of stainless steel AISI 420 was found different. Increases on resistance of metals against corrosion were recorded while increasing concentration of CCB wood preservative according to the EIS method. The corrosion rates of metals were decreased depending on increases of CCB amount according to the Tafel polarization. In contrast to CCB, boric acid has decreased the resistance of metals against the corrosion depending on increase of the concentration. Boric acid especially has highly level of corrosive affected in 3,5% NaCl media. EIS and Tafel results showed that while boric acid is corrosive CCB is inhibitor.

## **4. CONCLUSION AND OUTLOOK:**

CCB wood preservative has been used in this study acts as inhibitor and protects the metals. Boric acid has decreased resistance by showing corrosion effect against corrosion of the three types of metals used. EIS and Tafel polarization methods showed similar results. SEM images and EDS analyses taken on the metal surfaces after corrosion experiments confirm these values. While stainless steel AISI 316L has been most durable metal against both wood preservative solutions. AISI 420 has been found the weakest metal against the wood preservatives solutions tested.

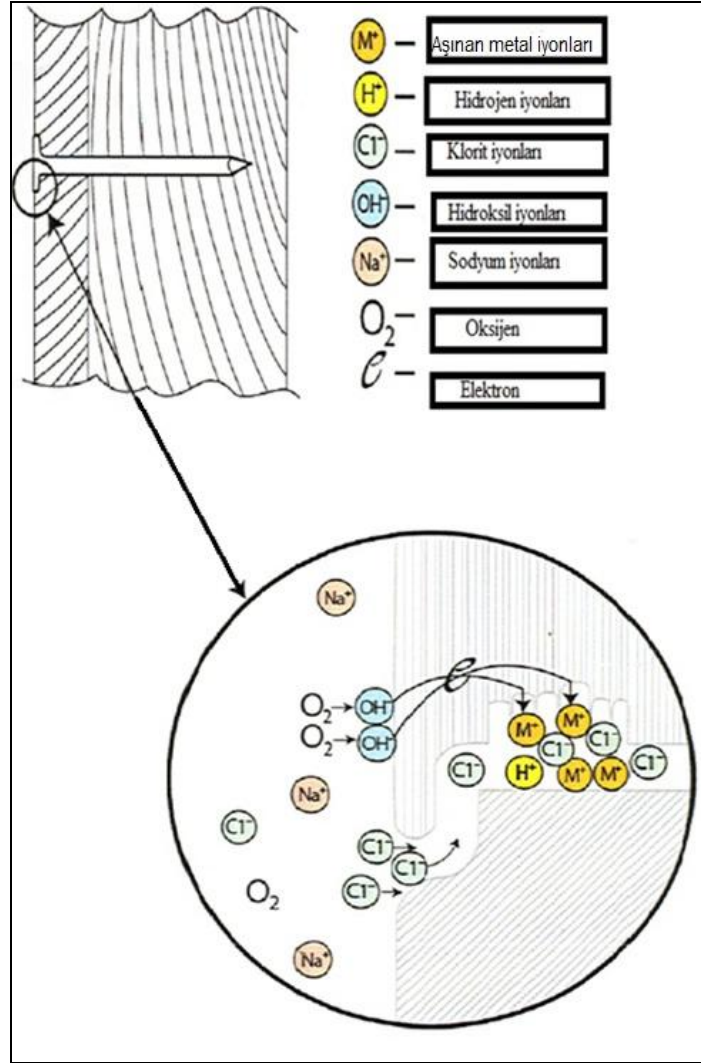
## 1. GİRİŞ

Termik özelliği, iyi boya ve cila kabul edebilmesi, sesi absorbe etmesi, kolay işlenebilirliği ve diğer malzemelere göre daha estetik olmasından dolayı ağaç malzemeye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır (Perçin ve diğ. 2009). Ağaç malzemenin 5000'den fazla kullanım alanı bulunmaktadır (Yazıcı 2005). Bütün bu avantajlarının yanı sıra, ağaç malzemenin yanması, rutubet alıp vermesi, mantar ve böcekler tarafından kolayca tahrip edilebilmesi gibi birtakım istenmeyen özellikleri de mevcuttur (Okcu 2006, Örs ve diğ. 2006). Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve ağaç malzemenin dayanma süresini uzatmak için, çeşitli kimyasal maddeler ile ağaç malzemeyi emprenye etmek gerekmektedir (Kara 2003, Zelinka ve Rammer 2005). Emprenye, ağaç malzemedeki meydana gelen çürüme, yanma ve çalışmayı önlemek amacıyla, çeşitli koruyucu kimyasal maddelerin ağaç malzeme bünyesine nüfuz ettirme işlemidir (Örs ve Keskin 2001, Kartal ve Unamura 2004). Ancak kullanılan bu koruyucu maddeler ağaç malzeme ile temas halinde bulunan metalik malzemeler için korozif ortam oluşturabilmektedir (Rammer ve diğ. 2006, Lin ve diğ. 2009, Zelinka ve diğ. 2010, Zelinka ve Stone 2011).

Odun koruma endüstrisinde en etkili emprenye maddesi olarak kullanılan, CCA (Bakır, Krom, Arsenik) nın çevreye zararlı etkilerinden dolayı yasaklanmasının ardından (Gezer ve diğ. 2004) yeni nesil emprenye maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Borik asit ve CCB (Bakır, Krom, Bor) orman endüstrisi sektöründe bu olumsuzluğa karşı kullanılan yeni nesil emprenye maddelerindedir (Sivrikaya ve Saraçbaşı 2004, Kartal ve diğ. 2006, Hemel 2012).

Ağaç malzemenin emprenye işlemi özel emprenye tesislerinde emprenye kazanlarında yapılmaktadır. Bu kazanların yapımında metal malzemeler kullanılmaktadır. Diğer yandan kazanlara emprenye çözeltilisinin transferi de metal borular vasıtasıyla yapılmaktadır. Uzun süre emprenye çözeltilisi ile temas halinde kalan metal aksamların çeşitli nedenlerden dolayı korozyona uğrayabilmektedir.

Yeni nesil emprenye maddelerinin kullanılmasıyla birlikte, özellikle içerisinde bakır elementi olan CCB (Bakır Krom Bor), CC (Bakır Citrat), CA (Bakır Azol) ve ACQ (Amonyaklı Bakır Quat) gibi emprenye maddelerinin metal bağlantı elemanlarıyla korozyonu gündeme gelmiştir. Ağaç malzeme içerisinde meydana gelen korozyon şeması 1.1’de gösterilmiştir (Baker 1974).



Şekil 1.1. Ağaç malzeme içerisinde metal korozyonun şematik gösterimi.

Korozyon genel anlamda, malzemenin bulunduğu ortamda özelliklerini kaybederek parçalanması ve kullanılamaz hale gelmesidir (Berger 1990). Au, Pt, Ir ve Pd gibi soy metaller dışındaki tüm metaller buldukları ortama bağlı olarak korozyona çok daha hızlı uğramaktadırlar (Gerengi ve diğ. 2012b). Korozyon olayı endüstrinin her bölümünde kendini göstermektedir. Korozyona uğrayan cihazların bozulması veya arızalanması sonucu endüstri üretiminin azalması, korozyon ürünü malzemelerin insan

sağlığı ve evre açısından son derece zararlı olduğunun iyice anlaşılması, maden yataklarının hızla tukeniyor olması gerçekleri korozyonun önemini arttırmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında yeni nesil emprenye maddeleri olarak kullanılan CCB ve Borik asidin iki farklı elektrokimyasal yöntemle metal korozyonuna etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında orman endüstri sektöründe en çok kullanılan metallere olan paslanmaz elik AISI 304, paslanmaz elik AISI 316L ve paslanmaz elik 420 kullanılmıştır. Her iki emprenye kimyasallarının farklı konsantrasyonlarda hazırlanan zlteleri içerisinde, metallere korozyon testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her üç metalin %3,5 NaCl zltisi içerisinde ve iki emprenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında yine iki farklı elektrokimyasal yöntemle korozyon testleri yapılarak emprenye maddelerinin korozyon testleri ile mukayese edilmiştir. Deney sonunda çekilen SEM (Scanning Electron Microscope) görüntüleri ile elektrokimyasal yöntemler arasındaki ilişki ortaya konmuştur.

Bu tez çalışmasının amaçları;

- ◆ Emprenye maddesi olarak kullanılan CCB ve Borik asidin farklı konsantrasyon seviyelerinin metal korozyonuna etkisini belirlemek.
- ◆ özellikle geleneksel emprenye maddesi olan CCA (Bakır krom Arsenik) nın yasaklanmasından sonra kullanılmaya başlayan yeni nesil emprenye maddelerinin hangi metal ile uyumlu olarak kullanılabileceğini ortaya koymak.
- ◆ Elektrokimyasal yöntemler arasındaki ilişkiyi belirlemek.
- ◆ Emprenye tesislerinde kullanılan emprenye kazanlarının, emprenye maddelerine karşı korozyon ömürlerini belirlemek.
- ◆ Emprenye edilmiş ağaç malzeme ile bağlantı halinde bulunan metal bağlantı elemanlarının (ivi, vida, kulp, ayak vb.) korozyona karşı dirençlerini incelemek.
- ◆ %3,5 NaCl ortamında emprenye maddelerinin metallere olan korozyon davranışlarını incelemek.
- ◆ çalışma sonucu elde edilen verilerle konu ile ilgili literatüre katkı sağlamak.

Bu tez çalışması dört bölümden oluşmakta ve şöyle özetlenebilir;

Çalışmanın ilk kısmı olan “Giriş” bölümünde çalışmanın amaçları ortaya konmuş ve çalışmanın geneli hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışma kapsamında ilgili konular detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca konuyla ilgili literatür taraması yapılarak konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmı olan “Materyal ve Yöntem” bölümünde ise çalışmada kullanılan materyaller hakkında bilgiler verilmiş ve yöntemler detaylı olarak anlatılmıştır.

“Bulgular ve Tartışma” bölümünde emprenye maddelerinin farklı konsatrasyonlarda hazırlanan çözeltilerinde 2 farklı yöntemle metallere olan korozif etkilerine yer verilmiştir. Ayrıca emprenye maddelerinin korozyon testleri tuzlu ortamın korozyon testleri ile de karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın “Sonuçlar ve öneriler” bölümünde ise deney sonuçları irdelenmiş ve bu deney sonuçlarına ait öneriler sunulmuştur.

## **1.1. EMPRENYE ENDÜSTRİSİNİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU**

Uluslararası Ticaret Merkezi'nin (International Trade Center) uluslararası iş gelişiminde pazar istatistikleri verilerine göre 2001-2005 yılları arasında dünya ülkeleri toplamda 1.470.031.000 \$'lık ihracat, 1.128.757.000 \$'lık ithalat gerçekleştirmiştir. İhracat yapan ülkelerin başında Kanada gelmekte ve bunu A.B.D, Finlandiya ve İsveç takip etmektedir. Türkiye'nin bu ihracattaki sıralaması 2001 yılında toplam ihracatın %1.18 ile 13.sırada 2005 yılında ise %0, 89 ile 17.sırada yer almıştır. İthalat sıralamasında ise ilk beş de A.B.D, Birleşik Krallık (İngiltere), İrlanda, Fransa ve Meksika gelmektedir. Türkiye'nin ithalat sıralamasındaki yeri ise 2001 yılında %1,45 ile 16. sırada 2005 yılında %1,57 ile 12. sırada yer almıştır.

Ülkemizde ilk emprenye fabrikası 1915 yılında Denizli'de TCDD tarafından kurularak emprenye işlemlerine başlanmıştır. Tesis ilk kurulduğunda yılda 15 000 m<sup>3</sup> kapasite ile çalışmıştır. Yedinci beş yıllık kalkınma planı Orman Ürünleri Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu'nda 1995 yılında ikisi kamuya ait olmak üzere toplamda 25 adet emprenye tesisinin olduğunu rapor etmiştir. Emprenye sektöründe özellikle basınç ve vakum uygulayan yöntemler hızla artmakta ve gün geçtikçe gelişerek ayrı bir sektör haline gelmiştir. 2007 yılı sonu itibariyle tamamı özel sektöre ait tesis sayısı 70'in



üzerindedir. Ülkemiz, Avrupa Birliği üyelik sürecinde, gelişmekte olan bir ülkedir ve bu yüzden ürünlerin pazarının genişlemeye devam edebileceği söylenebilir (Atar ve Bakır 2010).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Türkiye de 2000 ile 2005 yılları arasında 17.171.816 \$ değerinde 45,818 ton emprenye edilmiş ağaç malzeme ihracatı gerçekleşmiştir. 2002-2004 yılları arasında ihracat değerleri düşmekte iken 2005 yılı itibariyle tekrar yükselişe geçmiştir. 2000-2005 yılları arasında toplamda en fazla Umman'a 10.128.286 \$ ihracat gerçekleşmiştir. İthalatta ise 2000-2005 yılları arasında toplam 19.067.976 \$ değerinde 115.594 ton emprenye edilmiş ağaç malzeme ithalatı gerçekleşmiştir. En fazla ithalatın gerçekleştiği ülke ise Rusya Federasyonu'dur. İthalatımız 2000-2002 yıllarında düşüş göstermiş ve 2002-2005 yıllarında tekrar yükselmiştir (TÜİK 2007).

## **1.2. EMPRENYE MADDELERİ**

Ağaç malzemenin korunması için çok çeşitli maddeler denenmektedir. Bu amaçla ilk olarak hayvansal, bitkisel ve mineral yağlardan faydalanma yoluna gidilmiştir. Günümüzde emprenye endüstrisinde kullanılan emprenye maddelerinin sayısı 2500'ü geçmiştir. Ağaç malzemenin korunması için kullanılan emprenye maddelerinden beklenen özelliklerin hepsini göstermesi mümkün değildir. Genel olarak emprenye maddelerinden beklenen özellikler şu şekilde sıralanabilir (Bozkurt ve diğ. 1993).

- ◆ Emprenye maddesinin ağaç malzemeye zarar veren biyolojik canlılara karşı oldukça zehirli olması
- ◆ Emprenye maddesinin ağaç malzemedede yüzey gerilimini azaltması, ağaç malzeme liflerine tutunabilmesi, derine nüfuz etmesi
- ◆ Emprenye maddesinin ağaç malzemedede kalması, zamanla suyun etkisiyle yıkanmaması
- ◆ Ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olumsuz etki yapmaması
- ◆ Emprenye maddesinin, emprenye tesislerinde çalışanların sağlığını olumsuz yönde etkilememesi

◆ Emprenye maddesinin emprenye tesislerinde kazanlarda ve ağaç malzemenin son kullanım yerinde metal aksamlarda korozyon meydana getirmemesi gerekmektedir.

Emprenye maddelerinin sınıflandırılması çeşitlilik göstermekle beraber en yaygın olarak sınıflandırma şekli aşağıdaki gibidir (Bozkurt ve diğ. 1993).

1. Yağlı Emprenye Maddeleri

2. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri

3. Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri

4. Özel Amaçlı Emprenye Maddeleri (Yangın, ardaklanma ve renklenmeleri önleyici emprenye maddeleri).

### **1.2.1. Yağlı Emprenye Maddeleri**

Yağlı emprenye maddeleri kömür katranı destilasyonu ve kimyasal toksinlerin çözüldürülmesi sonucu elde edilen polifenol esaslı maddeleridir (Nicholas 1973). Bu grupta en önemli emprenye maddesi kreozottur. En iyi koruma sağlayan emprenye maddesi olmasına rağmen kötü kokusundan dolayı kapalı mekanlarda tercih edilmemektedir (Hafizoğlu 1986, Tümsek 1987). Yağlı emprenye maddeleri suda çözünmediklerinden dolayı çok uzun süre koruma sağlamaktadırlar. Bu grubun diğer emprenye maddeleri ise karbolinum, odun katranı, katran yağı, petrol ürünleri ve linyit kömürü katranıdır (Bozkurt ve diğ. 1993). Toprakla temas etmeyen bölgelerin emprenyesinde fırça ile sürme ve püskürtme yöntemleri kullanılırken ağaç malzemenin toprakla temas eden bölgelerin emprenyesinde kazanda basınç ve sıcak soğuk kazan methodları uygulanmaktadır (Erten 1980).

### **1.2.2. Suda Çözünen Emprenye Maddeleri**

En az maliyetli çözücü olan su içerisinde çeşitli tuzların çözüldürülmesiyle oluşturulan emprenye maddeleridir (Tümsek 1987). Emprenye işleminden sonra su buharlaşmakta ve geriye aktif tuz bileşikleri ağaç malzeme yüzeyine fiziksel olarak tutunmaktadır (Winandy ve Morrell 1993). Bu tür emprenye maddeleri boyanabilirliğin ve temizlenebilirliğin gerektiği durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Başlıca suda çözünen emprenye maddeleri CCA (Bakır Krom Arsenik), CCB (Bakır Krom Bor), inorganik borlu bileşikler (Borik asit, Boraks), ACQ (Amonyaklı Bakır Quat), CA (Bakır Azol),

ACC (Amonyaklı Bakır Sitrat) ve ACZA (Amonyaklı Çinko Arsenat)'dır (AWPA P5 1992, Ibach 2010).

Bu tip emprenye maddeleri ile emprenye edilen ağaç malzeme kolaylıkla boyanabilmekte ve ağaç malzeme emprenye işleminden sonra kokusuz ve üst yüzey işlemler için uygun olmaktadır.

### **1.2.3. Organik Çözücülü Emprenye Maddeleri**

Bu tip emprenye maddeleri petrolün destilasyon ürünlerinden elde olunan organik çözücülerde çözülmüş anti fungal ve insektisit özellikteki koruyucu maddelerdir (Bozkurt ve diğ. 1993). Pentaklorfenol (PCP), bakır naftanet, bakır-8 kinolinolat, çinko naftanetler, organik kalay bileşikleri, organik cıva bileşikleri, kloronaftalenler, klorobenzenler, klorlu hidrokarbonlar ve sentetik pretroidler başlıca organik çözücülü emprenye maddeleridir (Bozkurt ve diğ.1993, Ibach 2010). Organik çözücülü emprenye maddeleri suda çözünmediklerinden uzun süreli koruma görevi görmektedir. Emprenye işleminden sonra çözücü madde buharlaşmakta ve geriye aktif kimyasal koruyucu madde kalmaktadır. Organik çözücülü emprenye maddeleri ile emprenye edilen ağaç malzemenin rengi değişmemekte, şişme ya da daralma olmamaktadır. Bu yüzden kapı ve pencere doğramalarında kullanılmaları uygundur. Ancak emprenye işleminden sonra çözücü madde buharlaşmaya kadar ağaç malzeme, emprenye edilmemiş ağaç malzemeye kıyasla daha çabuk tutuşabilmektedir (Bozkurt ve diğ. 1993).

### **1.3. CCB (BAKIR/KROM/BOR) EMPRENYE MADDESİ**

Bakır/krom/bor karışımından hazırlanan CCB tuzları, çeşitli ülkelerde Celcure -M, Tanalith -CB (Triolith-CB) ve Wolmanit CB olarak da bilinmektedir. CCB emprenye maddesi bakır sülfat, sodyum dikromat ve borik asidin belli oranlarda kuru karışımı halinde üretilmektedir. Ülkemizde de emprenye maddesi olarak kullanılan Wolmanit-CB, Tanalith -CBC ve Triolith-CB nin spesifikasyonları Çizelge 1.1'de gösterilmiştir. (Bozkurt ve diğ. 1993). CCB emprenye maddesi CCA emprenye maddesinin yasaklanmasının ardından, CCA'da ki arseniğin yerine bor eklenmesiyle elde olunmuş bir maddedir (Selamat ve diğ. 1992).

**Çizelge 1.1.** CCB tipi emprenye maddelerinin spesifikasyonları (Bozkurt ve diğ. 1993).

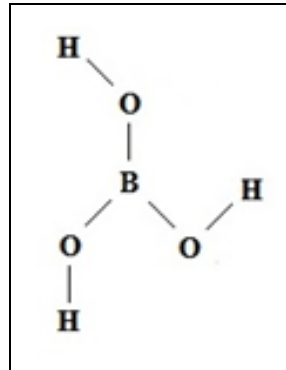
<b>Wolmanit-CB</b>	<b>Triolith-CB</b>	<b>Tanalith-CBC</b>
%28 CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	%36 CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	%37 CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
%48 K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	%40 K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	%36 Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
%24 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	%24 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	%25 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
		%2 katkı maddesi

### 1.3.1. CCB Emprenye Maddelerinin Özellikleri ve Kullanılış Yerleri

CCB tuzları ağaç malzemeyi biyolojik zararlılara karşı korumaktadır. Ağaç malzemenin tutuşma özelliğini azaltmakta ve memelilere karşı zehir etkisi göstermemektedir. CCB tuzları, ağaç malzemenin iç ve dış mekânlarda kullanıldığı yerlerde örneğin; tel direkleri, çit direkleri, soğutma kuleleri, binalarda çatı keresteleri ve çiftlik ahırlarındaki ağaç malzemenin emprenyesinde kullanılmaktadır. Her kullanış yeri için ayrı konsantrasyon çözeltileri hazırlamak gerekmektedir. Bu emprenye maddelerinin uygulamasında vakum-basınç, osilasyon basınç, besi suyunu çıkarma metodu ve daldırma metodu kullanılmaktadır (Bozkurt ve diğ. 1993).

### 1.4. BORİK ASİT

Borik asit, bor elementinin kimyasal bir türevidir. Bor, doğada genellikle yalnız başına değil borik asit ve boratlar halinde bulunur. Bor bileşikleri nehirlerde, akarsularda, okyanuslarda, yeraltı sularında ve toprakta bulunmaktadır (Cox 2004). Bor minerallerinin sayısı 100 dolayındadır. En önemli bor mineralleri tinkal (boraks), kolemanit, kernit (razorit), üleksit, pandemit (priseit), borasit, szaybelit, propertit, hidroborasit gibi minerallerdir. Borik asit ise kolemanit den elde edilmektedir. Borik asidin açık formülü Şekil 1.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 1.2.** Borik asidin (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) açık formülü.

Bor madeni içerisindeki  $B_2O_3$  oranına göre değerlendirilir.  $B_2O_3$  oranı arttıkça bor değeri de artmaktadır (Sivrikaya ve Saraçbaşı 2004). Kolemanitin sülfirik asit ile muamelesinden borik asit eldesi eşitlik 1.1’de verilmiştir (URL 1).



Borik asit üretiminde kolemanit, 0,2 mm den küçük olacak şekilde değirmenlerde öğütülür. Öğütülen kolemanit 80-100°C sülfirik asit ile muamele edilerek çözeltiye alınır (URL 1). Borik asidin genel özellikleri Çizelge 1.2’de verilmiştir.

**Çizelge 1.2.** Borik asidin bazı özellikleri.

<b>Borik asit</b>	
Renk	Beyaz
Fiziksel görünüş	Katı
CAS numarası	10043-35-3
Kimyasal formül	$H_3BO_3$
Molekül ağırlığı	61,832 g/mol
Yoğunluk	1,435 g/cm <sup>3</sup>
Kaynama noktası	169°C

#### **1.4.1. Borik Asidin Emprenye Maddesi Olarak Kullanılabilirliği**

Borik asit suda çözünen emprenye maddeleri grubuna girmektedir. Ağaç malzemenin emprenyesinde çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanarak kullanılmaktadır. İnsan ve hayvanlar için zehirli değildir. Ancak; insektisit ve antifungal olarak etkinlik göstermektedirler. Taze haldeki ağaç malzemenin emprenyesinde ve kontrplak için hazırlanan kaplama ve soyma levhaların emprenyesinde borik asit kullanılması halinde *lyctus* böceklerine karşı koruma sağlanmaktadır. Borik asit mantar ve böceklerle karşı etkinlik gösterse de ağaç malzemeye tutunumu zayıftır. Özellikle toprakla temas eden yerlerde kullanımı uygun olmamakta ancak binaların su basman seviyelerinin üzerinde ağaç malzemenin emprenyesi için çok uygun olmaktadır. Rutubetli ortamlarda kullanılacak ağaç malzemenin emprenyesi için borik asit çözeltisine tutunmayı artırıcı tuzlar katılmaktadır. Borik asit insan ve hayvanlar açısından zehirsiz olması ve ağaç malzemeyi biyolojik zararlılardan koruması nedeniyle kullanımı her geçen gün artmaktadır (Sivrikaya ve Saraçbaşı 2004).

## 1.5. KOROZYON

### 1.5.1. Korozyonun Tanımı ve Korozyonun Önemi

Korozyon, metal ve alaşımların çevreleri ile etkileşime girerek kimyasal ve elektrokimyasal olarak değişmesi ya da fiziksel çözünme sonucu aşınmasıdır. Metallerin çarpma, sürtünme ve gerilme gibi nedenlerle bozunması olayına ise erozyon denilmektedir (Altunbaş 2008). Korozyonun en fazla görüldüğü malzeme türü, elektrokimyasal reaksiyonlara eğilimlerinden dolayı metallerdir. Halk arasında demirin korozyonuna paslanma denilmektedir. Pas,  $Fe(OH)_2$  formüllü bir korozyon ürünüdür. Korozyonun neden olduğu kayıplar ülke ekonomisi için çok büyük bir öneme sahiptir. Her yıl üretilen toplam çelik materyalinin dörtte biri korozyondan dolayı kaybolmaktadır. Kentlerin havası, asit yağmurları ve deniz suları korozyonun başlıca etkenleridir (Gerengi ve diğ. 2013).

Korozyon olayı, metalin aktiflik derecesi ile de yakından ilgilidir. Bazı metallerin aktiflik derecesi Au (Altın), Pt (Platin), Hg (Cıva), Ag (Gümüş), Paslanmaz çelik, Cu (Bakır), Sb (Antimon),  $H_2$  (Hidrojen), Pb (Kurşun), Sn (Kalay), Ni (Nikel), Fe (Demir karbonlu çelik), Cr (Krom), Zn (Çinko), Al (Alüminyum) ve Mg (Magnezyum) şeklinde sıralanmaktadır. Bu sıralamada soldan sağa doğru gidildikçe metalin aktifliği artmaktadır. Örneğin Cr'dan daha sağda bulunan Zn, Al ve Mg metalleri daha aktif oldukları için Cr metalinin anodu olarak kullanılırlar. Metaller içerisinde korozyonu en önemli ve tehlikeli olan demirin korozyonudur. Düşük maliyeti ve üretim kolaylığı nedeniyle demir ve çelik kullanımı yaygınlaşmıştır (Leçe 2008).

Korozyon olayı endüstrinin her bölümünde kendini göstermektedir. Korozyon kayıpları ülkelerin GSMH'nın yaklaşık %3,5 - %4,5'u kadardır (Üneri 1998). İngiltere Devlet Korozyon Komitesinin yaptığı araştırmaya göre, İngiltere'de yıllık 1365 milyon paund korozyon ve korozyonun neden olduğu ekonomik kayıp söz konusudur (Kenneth 1998). Yapılan araştırmalar, Amerika Birleşik Devletleri'nde sadece otomobillerin korozyona uğraması ile yıllık 100 milyon dolarlık ekonomik zararın söz konusu olduğunu ortaya koymaktadır (Joseph 2002).

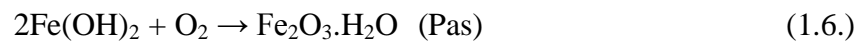
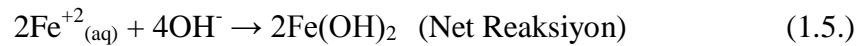
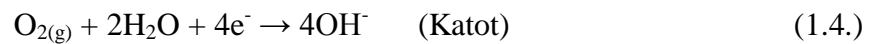
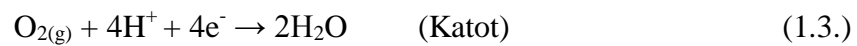
### 1.5.2. Korozyonun Oluşum Nedeni

Metalik halde iken malzemenin kararlılığının düşük olması korozyonun başlamasına sebep olmaktadır. Metaller, korozyona uğrayarak kendi doğal hallerine dönüşürler (Leçe 2008). Tabiatta bulunan mineraller, söz konusu metalin en düşük enerji taşıyan bileşiği yani en kararlı halidir. Bu mineraller bazı metalürjik yöntemlerle ve enerji harcanarak metal haline getirilir. Ancak birçok metal, element halindeyken kararlı değildir. Bu yüzden metaller çevreleriyle etkileşime girerek bünyesindeki enerjiyi vererek doğada bulunduğu eski bileşik haline dönüşme eğilimi gösterirler. Böylece korozyon reaksiyonları sonucu sürekli serbest bir enerji azalması olur. Metallerin korozyona yatkınlığı bu serbest enerji değişimine bağlıdır (Gerengi ve diğ. 2012a).

Örneğin demir tabiatta en çok hematit ( $Fe_2O_3$ ) minerali şeklinde bulunmaktadır. Bu metal yüksek fırında kok kömürü ile indirgenerek metalik demir elde edilir. 1 ton pik demirine karşı 1 ton kok kömürü harcanmaktadır. Demir sulu çözeltilerde ya da rutubetli ortamlarda korozyon denilen pas ürününü oluşturmaktadır. Böylece metal almış olduğu enerjiyi geri vererek doğadaki doğal haline geri dönmüş olur (Slepski ve diğ. 2014).

### 1.5.3. Korozyon Reaksiyonları

Korozyon sırasında anodik (elektron veren-yükseltgenme) ve katodik (elektron alan-indirgenme) reaksiyonları aynı anda oluşur. Demir metalinin bulunduğu ortamdaki anodik ve katodik reaksiyonlar aşağıda gösterilmiştir (Gerengi ve diğ. 2012b).



## 1.6. LİTERATÜR TARAMASI

Emprenye işlemine tabi tutulmuş ağaç malzeme ile bağlantı halinde olan metal bağlantı elemanlarının korozyon dirençlerini EIS yöntemi ile ölçmek için ilk girişim 2005 yılında Zelinka ve Rammer (2005) tarafından yapılmıştır. Çalışma sonucunda EIS yönteminin ağaç malzeme ile temas eden metal bağlantı elemanın korozyon direncinin hesaplanmasında başarılı bir şekilde kullanılabileceği rapor edilmiştir (Zelinka ve Rammer 2005).

Emprenye kimyasallarının ve emprenye edilmiş ağaç malzeme ile temas halinde olan metal bağlantı elemanlarının korozif davranışlarını genel olarak Zelinka ve arkadaşları yürütmektedir. 2007 yılında Zelinka ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada üç farklı emprenye maddesinin dört farklı metale olan korozif etkisini araştırmışlardır. Yeni nesil emprenye maddelerinden olan ACQ (amonyaklı bakır quat), CC (bakır sitrat) ve CCA-C (bakır krom arsenik tip C)'nin SAE 1018 çelik, AISI 304 paslanmaz çelik ve UNS Z 15001 çinko metallerinin üzerine korozif etkisi korozyon ölçüm metotlarından olan Tafel polarizasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda CCA solüsyonu içerisinde konsantrasyon arttıkça bütün metallerin dirençleri artış göstermiştir. Zelinka ve arkadaşları bu direnç artışını CCA'nın yapısında bulunan altı değerlikli krom iyonlarının korozyon inhibitörü olarak davrandığından kaynaklandığını belirtmişlerdir. CC ve ACQ solüsyonları içerisinde metallerin korozyon dirençlerinin daha düşük olacağı beklenmektedir. Ancak çözeltilerin pH'ı 9, 5 olduğundan ve demirin bu noktada pasif olmasından dolayı beklenildiği ölçüde yüksek korozyon miktarı gözlenmemiştir.

ACQ nun galvanizli ve galvanizsiz paslanmaz çivilere olan korozif etkisi 2009 yılında Lang-Dong Lin ve arkadaşları tarafından incelenmiştir. ACQ ile CuAz (Bakır, Azol) emprenye maddeleri kıyaslanmış ve CA emprenye maddesinin daha az korozif etkinlik gösterdiği belirtilmiştir (Lin ve diğ. 2009).

Yapılan başka bir araştırmada CCA, ACQ ve ACA (Amonyaklı Bakır Arsenat) ile emprenye edilmiş ağaç malzemenin %100 bağıl nem koşullarında alüminyumdan yapılmış galvanizli ve galvanizsiz çivinin aynı şekilde hazırlanmış alüminyum çiviye



etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda ACQ' nun daha korozif olduğu tespit edilmiştir (Zelinka ve Rammer 2009).

Zelinka ve arkadaşları yapmış oldukları bir çalışmada polimer kaplı metal bağlantı elemanlarının korozyon dirençlerinin ölçülmesinde EIS yönteminin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. ACQ ile emprenye edilmiş güney çamından elde edilen ekstraktların polimer kaplı metal bağlantı elemanlarının korozyon dirençleri belirlenmiştir. Araştırmada vinil polimer ve epoxy bazlı iki farklı kaplama kullanılmıştır. Çalışma sonucunda EIS yönteminin başarılı bir şekilde kullanılabildiği kanıtlanmıştır. Ancak ekstraktların solid ağaç malzemedan daha fazla su adsorblamasından dolayı solid ağaç malzeme ile ekstraktlar arasında polimer kaplı bağlantılar üzerine koroziflik açısından farklılıklar olabileceği vurgulanmıştır. Ekstraktlar ve katı ağaç malzeme arasındaki korozif farklılıklar, polimer kaplanmış bağlantıların polimer kaplanmamış bağlantılara göre daha fazla olacağı rapor edilmiştir (Zelinka ve diğ. 2009).

Zelinka ve arkadaşları 2010 yılında yapmış oldukları bir çalışmada yüzde yüz bağıl nem koşullarında ve 27°C'de emprenye edilmiş ağaç malzeme içerisindeki çelik ve galvanize çelik metal bağlantı elemanlarının korozyon dayanımları araştırmıştır. Çalışmada ACQ, CuAz, MCQ, CCA ve DDAC emprenye maddeleri kullanılmış ve galvanize çeliğin tüm çözeltilerde galvanizlenmemiş çelikten daha fazla korozyona uğradığı görülmüştür. Ayrıca çalışmada kullanılan metallerin korozyon ürünleri SEM (taramalı elektron mikroskobu) ve XRD (X ışını kırınımı) ile analiz edilmiştir. Çelik korozyonu ürünlerinin hidroksitler ve demir oksitlerinden oluşmasının aksine galvanize çeliğin korozyon ürünlerinin sülfatlardan meydana geldiği rapor edilmiştir (Zelinka ve diğ. 2010).

Emprenye maddelerinin korozif özelliklerinin araştırılması konusunda ihtisaslaşmış bir grubu yöneten Samuel L. Zelinka, 2011 yılında 6 çeşit ahşap malzemeye konan galvanizli ve galvanizsiz çeliğin korozyonunu araştırmıştır. SEM, XRD ve EDS analizleriyle ACQ, CuAz (bakır, azol), MCQ (Mikronize bakır kuaterner) ve CCA'nın etkisi uzun ve kısa sürelerle yapılan deneylerle mukayese edilmiştir. MCQ (Mikronize bakır kuaterner) emprenye maddesinin korozif olmadığı tespit edilmiştir (Zelinka ve Stone 2011).

Borik asidin korozyon davranışları literatürde metal yüzeyine film oluşturma şeklinde çalışılmıştır. Feng ve arkadaşları 2010 yılında yapmış oldukları bir çalışmada 316L tipi paslanmaz çeliğinin, boratlı bufer solüsyonu içerisinde çelik yüzeyinde film oluşumunu gözlemlemişlerdir. Dönüşüm potansiyellerinde oluşan pasif filmler farklı elektrokimyasal ve yarı iletken özelliklerin gerçekleşmesini sağlamıştır. Buna ilaveten XRD ve atomik absorpsiyon ile dönüşüm potansiyellerinde oluşan pasif filmlerin bileşimleri de araştırılmıştır. Bu sonuçlar ile pasif bölgelerde bu potansiyellerin neden ortaya çıktığı ve dönüşüm potansiyellerinde neden farklı özelliklerde örneklerin oluştuğu açıklanmıştır (Feng ve diğ. 2010).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. KULLANILAN ELEKTROTLARIN BİLEŞİMLERİ

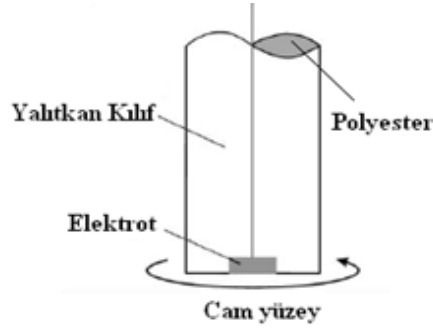
Çalışmada kullanılan metal elektrotlar literatürde en çok çalışılan ve empenye sistemlerinde en çok kullanılan metaller olması göz önünde bulundurularak seçilmiştir. Deneysel çalışmalarda ticari kodu paslanmaz çelik AISI 304, paslanmaz çelik AISI 316L ve paslanmaz çelik AISI 420 olmak üzere üç farklı paslanmaz çelik türü kullanılmıştır. Numunelerin bileşimleri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Çalışmada kullanılan paslanmaz çeliklerin içerdikleri elementler ve bulunma yüzdeleri.

Elementler	Bulunma Yüzdesi (%)		
	Paslanmaz çelik 304	Paslanmaz çelik 316L	Paslanmaz çelik 420
C	0,032	0,021	0,190
Mn	1,53	1,26	0,740
Si	0,43	0,44	0,46
S	0,025	0,026	0,028
P	0,035	0,035	0,037
Cr	18,17	16,29	12,16
Ni	8,07	10,10	0,16
Cu	0,66	0,60	0,10
Mo	0,27	2,10	0,03
Co	0,14	0,22	-
Fe	69,46	68,85	86,095

### 2.2. KULLANILAN ELEKTROTLARIN HAZIRLANMASI

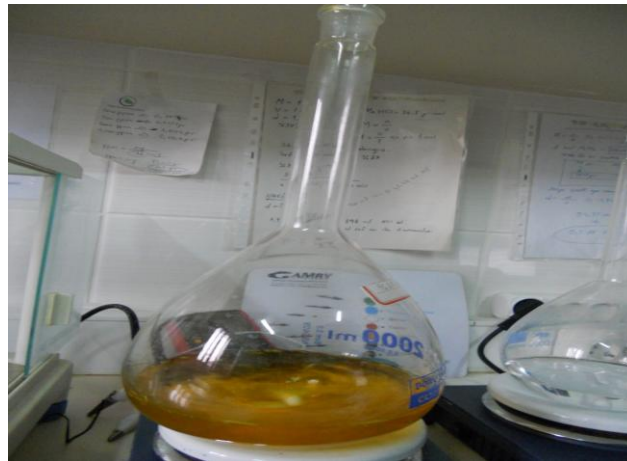
Deneylerde kullanılan çalışma elektrotlarının hazırlanışı Şekil 2.1’de görülmektedir. Elektrotlar 0,785 cm<sup>2</sup> silindirik olacak şekilde kesilerek hazırlanmıştır. Her bir silindirin taban alanlarından yalnızca bir tanesi açıkta kalacak şekilde yalıtkan bir boru içerisine bırakılmıştır. Diğer taban ise kalın bir polyester ile kapatılmıştır.



Şekil 2.1. Deneyde kullanılan çalışma elektrotlarının hazırlanışı.

### 2.3. EMPRENYE ÇÖZELTİLERİNİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada kullanılan CCB empenye çözeltilerinin %2 ve %4 konsantrasyonları TS EN 351-1'e ve sanayide kullanılan oranlara göre hazırlanmıştır. Borik asit empenye maddesinin konsantrasyonları ise borik asidin literatürde en etkin koruma düzeyi olan %1 ve %2 konsantrasyonlarında hazırlanmıştır (Singh ve diğ. 2011). Deneyde kullanılan CCB (Bakır Krom Bor), borik asit, tuzlu su çözeltisi ve tuzlu su çözeltisi ortamında empenye maddeleri olmak üzere beş farklı solüsyon hazırlanmıştır. CCB empenye maddesinden %2 ve %4 konsantrasyonlarda, borik asit empenye maddesinden %1 ve %2 oranlarında, tuzlu su için deniz suyu referans alınarak %3,5 NaCl çözeltisi hazırlanmıştır. Bu deneylerden sonra %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB ve %1 ve %2 borik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Korozyon ölçümlerine başlamadan önce homojen bir çözeltinin olup olmadığından emin olmak için Şekil 2.2' de görüldüğü gibi yaklaşık 20 dakika balon joje içersinde manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Çözünmenin bu süre sonunda tam olarak sağlandığı görülmüştür.



Şekil 2.2. CCB empenye maddesinin manyetik karıştırıcıda deney öncesi elektrolit hale getirilmesi.

## 2.4. DENEYLERDE KULLANILAN ÇÖZELTİLERİN pH VE İLETKENLİK DEĞERLERİ

Deneyler sonunda emprenye maddelerinin pH ve iletkenlik değerleri ölçülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Deneylerde kullanılan çözeltilerin pH ve iletkenlik değerleri.

Emprenye Maddesi	pH Değeri	İletkenlik ( $\mu\text{S/cm}$ )
%2 CCB	5,65	195,8
%4 CCB	4,42	344
%2 CCB ortam %3,5 NaCl	6,51	1252
%4 CCB ortam %3,5 NaCl	6,31	1374
%3,5 NaCl	9,28	1180
%1 BA	4,30	1250
%2 BA	3,30	965
%1 BA ortam %3,5 NaCl	5,05	1157
%2 BA ortam %3,5 NaCl	4,56	1450

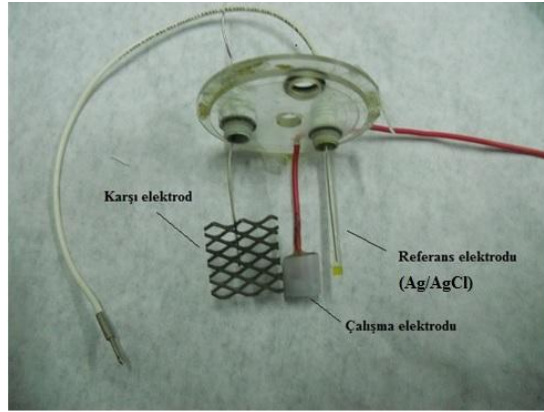
## 2.5. DENEYLERİN YAPILMASI

Paslanmaz çelik (çalışma elektrotları), deney öncesi 400 ila 1800 numaralı zımpara kâğıtları ile iyice zımparalanarak yüzeylerinin pürüzsüz olmaları sağlanmıştır (Şekil 2.3). Bu işlemden sonra, elektrot yüzeyi saf suyla yıkanmıştır.

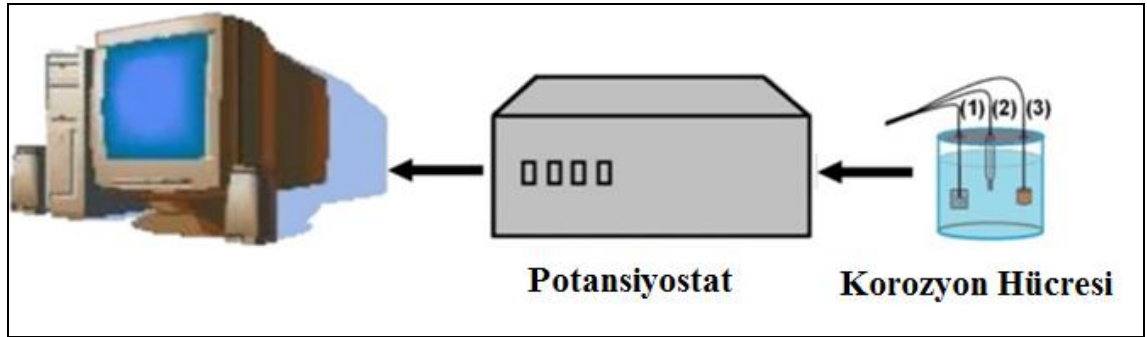


**Şekil 2.3.** Çalışma elektrotlarının deney öncesi yüzeylerinin zımparalanarak temizlenmesi.

Çalışma elektrodu, karşı elektrot ve referans elektrot (Şekil 2.4) içerisinde çözelti bulunan korozyon hücresine konularak deney düzeneği Şekil 2.5'deki gibi kurulmuştur.

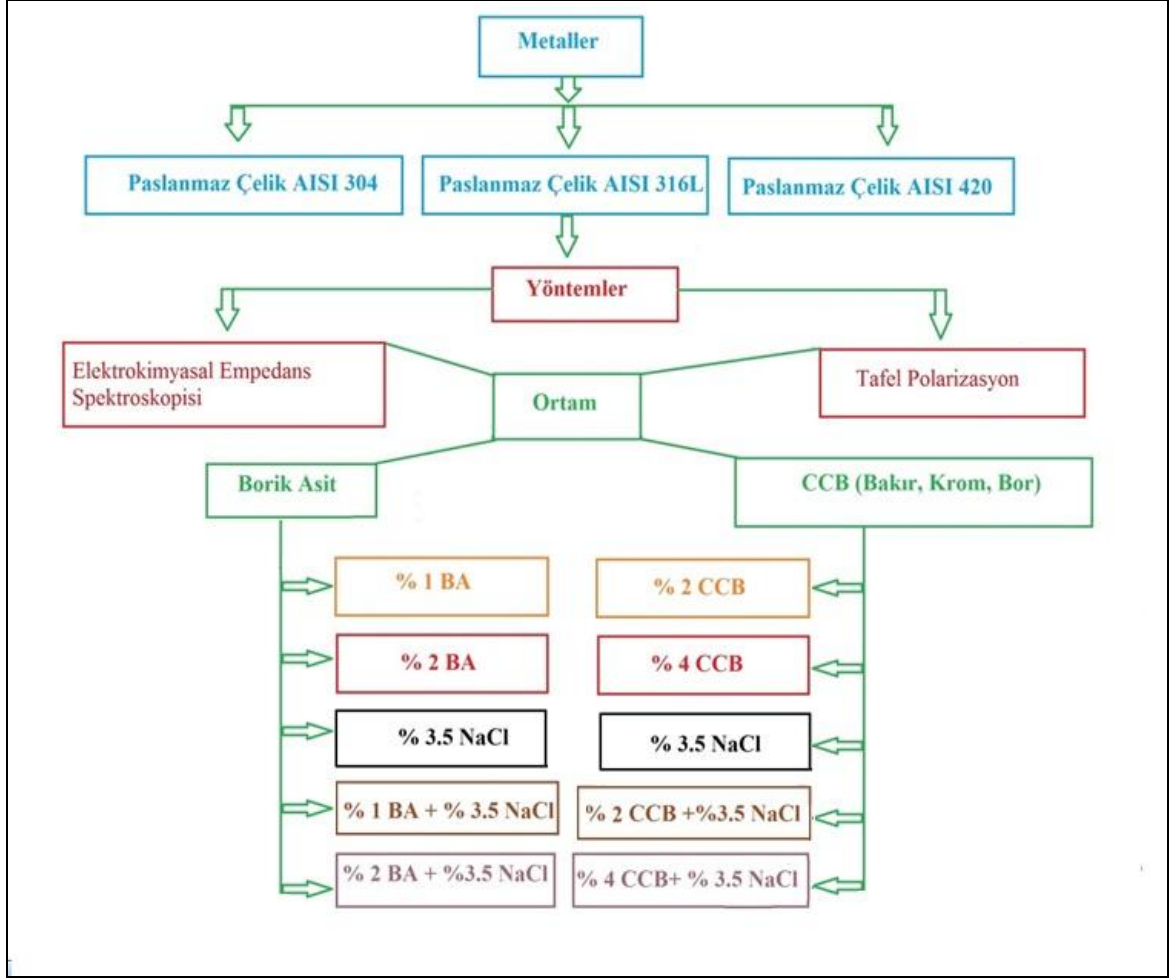


**Şekil 2.4.** Karşı elektrot, çalışma elektrodu ve referans elektrotları.



**Şekil 2.5.** Deney düzeneğinin görünümü [(1) Pt tel, (2) Ag/AgCl elektrot, (3) Çalışma elektrodu].

Bütün deneyler oda sıcaklığında yapılmıştır. EIS ölçümleri, GAMRY PC3/600 Potansiyostat/Galvanostat/ZRA sisteminde 0,001-100000 Hz frekans aralığında yapılmış ve empedans analizleri için ZSimpWin 3.21 yazılımı kullanılmıştır. CCB emprenye maddesinin Tafel polarizasyon ölçümler Princeton Applied Research/VersaSTAT-4 sistemi kullanılarak yapılmıştır. Korozyon ölçümleri sırasında korozyon hücresinin sabit tutulmasına dış etkenlerin minimuma indirgenmesi sağlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında yapılan deneysel şemanın özeti Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Deney düzeneğinin özet şekli.

Bütün deneylerin her bir konsantrasyonundan 8 deney yapılmış ve en küçük veri ile en büyük veri çıkartıldıktan sonra ortalamaya en yakın olan veri incelenmek üzere kabul edilmiştir.

## 2.6. KOROZYON HIZINI ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Metal ve alaşımların korozyon dayanımları hakkında fikir edinebilmek için korozyon hızlarının bilinmesi gerekmektedir. Korozyon hızı, bir metalin birim zamandaki bozulma miktarı olarak tanımlanabilir. Korozyon hızının ölçülmesi en kolay ve hızlı olarak elektrokimyasal yöntemlerle olmaktadır (Erbil 1987). Elektrokimyasal olarak gerçekleşen korozyon metal yüzeyinde ya da metal ile çözelti ara yüzeyinde yürür. Korozyon sırasındaki anodik ve katodik tepkimeler korozyonun olduğu bölgedeki entalpi farkı sayesinde ilerler.

√ Metallerin korozyona uğrama hızları klasik olarak iki şekildedir,

° Birim zamanda, birim yüzeyde meydana gelen kütle kaybı,

° Birim zamanda metal yüzeyinde meydana gelen kalınlık azalması,

√ Korozyona uğrayan metalin korozyon hız birimleri aşağıdaki gibi gösterilir,

° Korozyon Penetrasyonu: Korozyon sonucunda metal kalınlığında, bir yılda meydana gelen azalma, mm/yıl (MPY),

° Ağırlık kaybı: Korozyon sonucunda metalin yüzeyinin 1 m<sup>2</sup>'sinde meydana gelen ağırlık kaybı, g/m<sup>2</sup> (GMD) (MEB 2009).

Bir metalin korozyona uğraması iletken bir ortam içerisinde yapısının bozulmasıdır. Çözünme hızı ise çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Çözünmenin az ya da fazla oluşu metalin korozyona olan yatkınlığının bir ifadesidir. Metalin korozyona yatkınlığı korozyon hızı ile ilişkilidir. Korozyon hızı değişik metot ve yöntemlerle ölçülmektedir. En çok bilinen yöntemler aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır (Üneri 1998).

### **2.6.1. Tafel Polarizasyon Yöntemi**

Tafel polarizasyon yönteminin avantajı, kullanımını diğer yöntemlere göre daha kolaydır. Sanayide en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Katodik polarizasyon eğrisinin korozyon potansiyeline ekstrapolasyonu yöntemiyle sistemdeki çok küçük korozyonu belirlemek ve denetlemek mümkün olmaktadır. Korozyon hızını belirlemek için korozyon potansiyelinden başlayarak potansiyostatik ve galvanostatik yöntemle anodik ve katodik yönde çizilen yarı logaritmik akım yoğunluğu potansiyel eğrilerinin çizgisel bölgelerinin korozyon potansiyeline ekstrapole edilir ve korozyon hızı yani korozyon akımı hesaplanır. Şekil 2.7'de korozyon hızının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir. (Gerengi 2008).

Stern ve Geary denklemi Şekil 2.7'deki grafikten faydalanarak aşağıdaki formülü çıkartmışlardır (Eşitlik 2.1). Bu formül yardımıyla korozyon akımı ( $I_{corr}$ ) bulunabilmektedir (Stern ve Geary 1957).





## 2.6.2. EIS (Elektrokimyasal Empedans Spektroskopi) Yöntemi

EIS sistem hakkında daha çok bilgi verdiği için hemen hemen her sektörde 30 yıldan beri kullanılmaktadır. Doğru akım kaynakları üzerinden alınan verilere nazaran elektrot yüzeyine daha az hasara neden olduğundan veriler daha güvenilirdir (Coger ve Evans 1999, Hamdy ve diğ. 2006). Bu yöntem ohm yasası ile daha kolay anlaşılabilir. Ohm kanunu direnç değerinin voltaj ve akım arasındaki oranı göstermektedir. Normal şartlarda ohm kanuna göre;

$R = E/I$ 'dir. Ancak AC kullanımlarında sistemin frekansı sıfır olmadığı ya da sistemde başka elemanların olması durumunda ortaya empedans kavramı çıkmaktadır.

$$Z = E/I \quad (2.2)$$

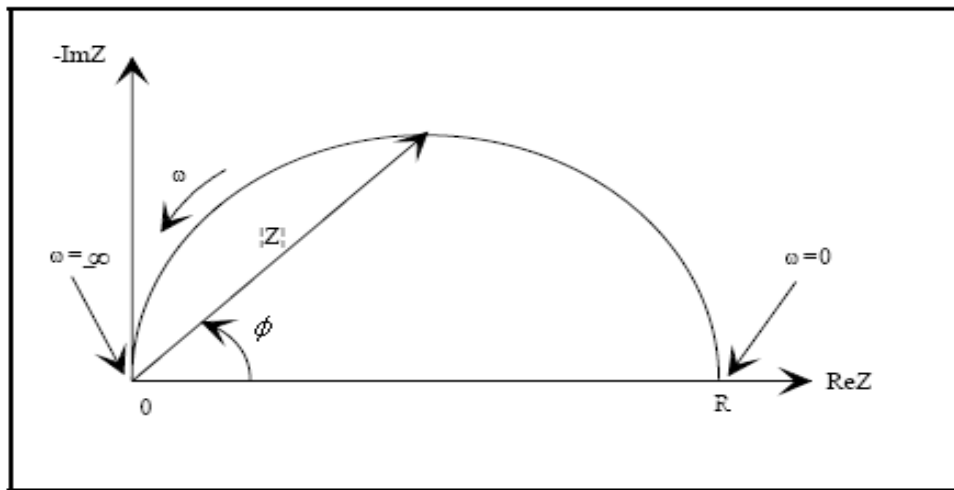
Burada;

Z: Empedans

E: Voltaj

I: Akım'dır.

Elektrokimyasal akım ya da AC yöntemlerinde 0,001 – 100.000 Hertz frekans ve 5 ile 50 mV aralığında hücreye küçük bir sinüzoidal bir akım gönderilmesiyle ölçülür. Ancak sistem bu akıma aynı şiddette ama biraz geriden cevap verir (Phase Shift). Faz kayması olarak da bilinen değerler  $Z_{Im}$  ve  $Z_{Re}$  olarak gösterilmektedir.  $Z_{Im}$  hayali empedans ve  $Z_{Re}$  ise gerçek empedans olarak tanımlanmaktadır.  $Z_{Im}$  ve  $Z_{Re}$  arasındaki ilişkiden empedans değişiminin bulunuşu Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8.  $Z_{Im}$  ve  $Z_{Re}$  arasındaki ilişkiden Empedansın (Z) bulunuşu.

EIS yönteminde metal yüzeyine uygulanan alternatif akıma bağlı olarak hayali ( $Z_{Im}$ ) ve gerçek ( $Z_{Re}$ ) olmak üzere iki farklı direnç ortaya çıkar. Bu dirençlerin bir birine göre değişimlerini gösteren Nyquist eğrilerinden istenilen polarizasyon direnci değerleri elde edilmeye çalışılır. Aşağıdaki eşitlikte bunun nasıl bulunacağı gösterilmiştir (Gerengi ve diğ. 2012b).

$$|Z| = \sqrt{Z_{im}^2 + Z_{Re}^2} \quad (2.3)$$

EIS yönteminin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Boya ve kaplamalar gibi yüksek dirence sahip maddelerin dirençlerini bulmada son derece etkindir.
2. Zamana bağlı olarak sistem hakkında veri elde edilebilmektedir.
3. Deney esnasında diğer DC metotlarına göre çok daha az zarar vermektedir.
4. DC metotlarına göre sistem hakkında daha çok bilgi vermektedir.
5. Korozyon süreci esnasında numune yüzeyinde oluşabilecek film hakkında detaylı bilgiler vermektedir.

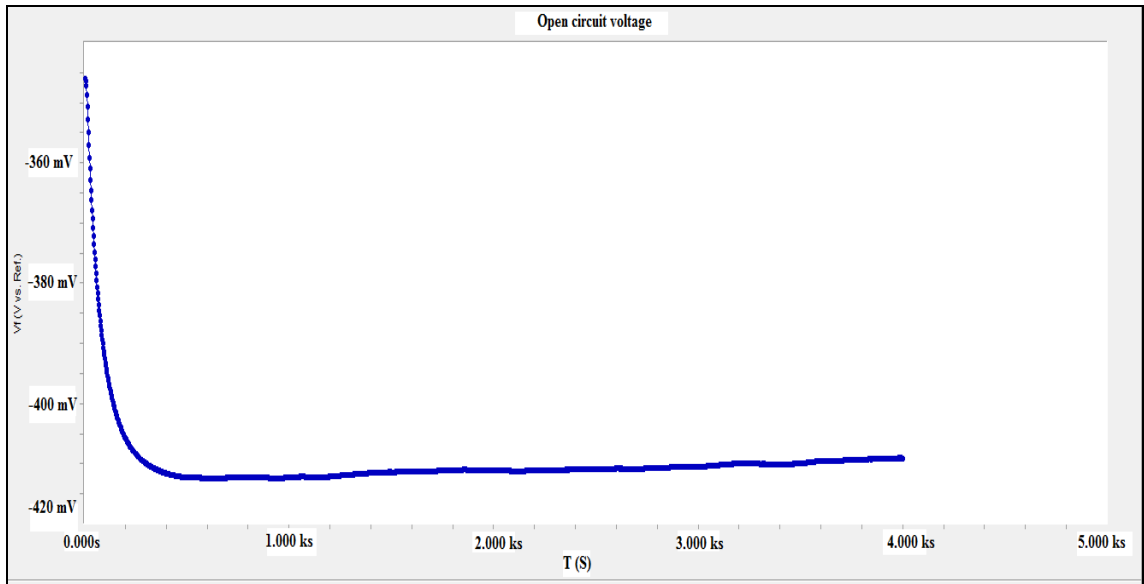
### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. CCB EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN EIS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Yapılan deneyler sonucunda CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının metallere olan korozyon etkileri ayrı ayrı incelenerek tartışılmıştır.

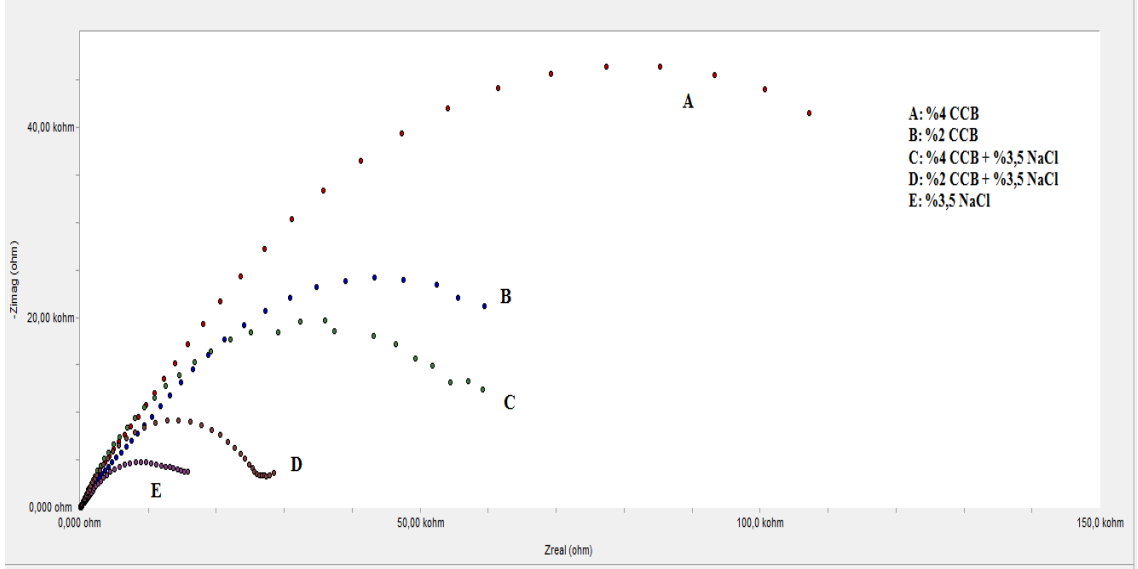
##### 3.1.1. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi AISI 304 metal numunesi ve emprenye maddesi çözeltisi arasında geçen 4000 saniyelik süre sonunda potansiyel değişimi yaklaşık -340 mV’tan -410 mV’a azalarak sabit hale gelmiştir. Bu süre sonunda korozyon ölçüm işlemine geçilmiştir.



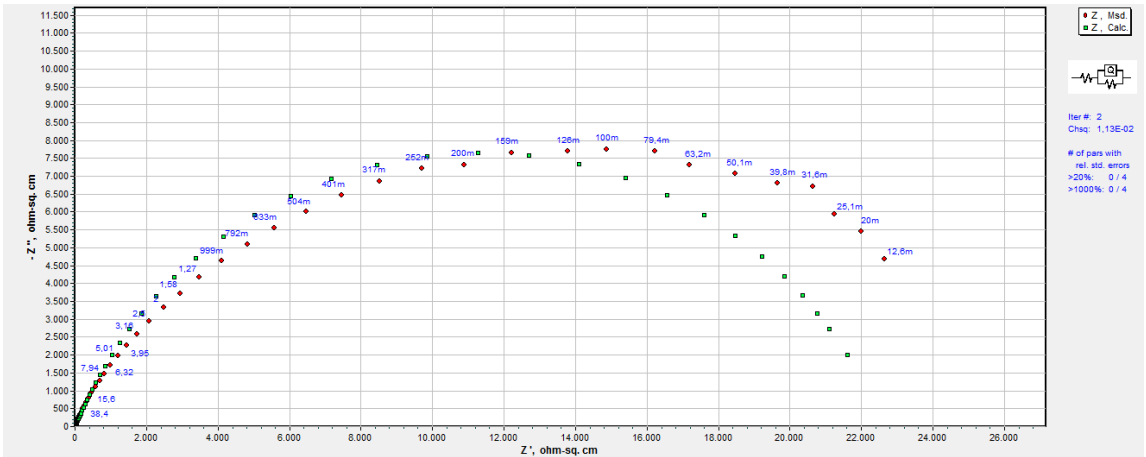
Şekil 3.1. %2 CCB emprenye maddesi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin 4000 saniye boyunca ölçülen potansiyel değişimi.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi %2 ve %4 konsantrasyonlardaki CCB emprenye maddeleri ile %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB emprenye maddelerinin Nyquist diyagramları %3,5 NaCl tuzlu su ortamından yüksek çıkmıştır.



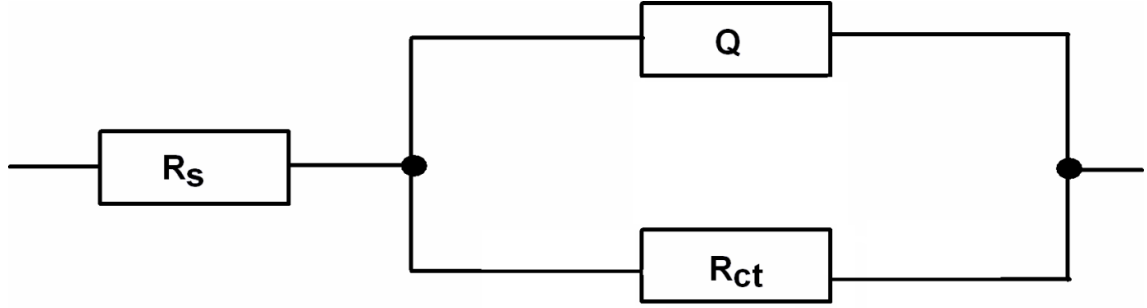
Şekil 3.2. CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB emprenye maddesi içerisindeki korozyonunun R(QR) devresiyle eşleşmesi sonucu elde edilen diyagram Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %4 CCB emprenye maddesi çözeltisi içerisindeki korozyonunun R(QR) devresiyle eşleşmesi.

Şekilde görüldüğü gibi CCB çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyon sonucunu analiz etmek için kullandığımız R(QR) devresinin uygun olduğu devrenin çok iyi eşleşmiş olmasından anlaşılmaktadır. Deneyleri analiz etmek için kullandığımız R(QR) devresi Şekil 3.4’de görülmektedir.

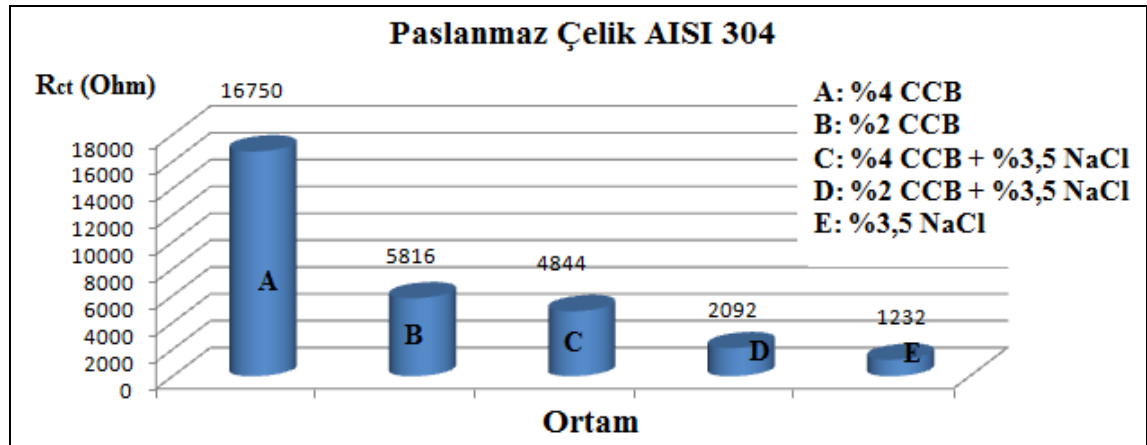


Şekil 3.4. R(QR) devresi.

$R_s$ : Çözelti direnci

Q: Sabit faz elemanı

$R_{ct}$ : Metal yüzeyindeki şarj transfer direnci



Şekil 3.5. Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %2, %4 CCB empenye maddesi, %3,5'luk NaCl, %2 ve %4 CCB empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki  $R_{ct}$  değerleri.

Şekil 3.5’de %2 ve %4 konsantrasyondaki empenye maddesi, %3,5 NaCl tuzlu su ve CCB empenye maddesinin %3,5'luk NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 304 metalinin bu çözeltilere karşı gösterdiği dirençler görülmektedir. Metal ile çözeltiler

arasında geçen elektrokimyasal süreci 4000 saniye boyunca izledikten sonra EIS ölçümleri yapılmıştır (Gerengi ve diğ. 2012b).

Şekil 3.5’de  $R_{ct}$  metalin çözünmesi ile ilgili metal ve çözeltili arasında geçen toplam yük transfer direncini göstermektedir. ZSimpWin 3.21 programı yardımıyla yaptığımız analizde R(QR) devresinin en uygun devre olduğu anlaşılmış ve analizler bu devre üzerinden yapılmıştır. Diğer EIS yöntemi ile yapılan metaller içinde bu yöntemler aynı şekilde uygulanmıştır.

Şekil 3.5’de  $R_{ct}$  değerleri incelendiğinde CCB emprenye maddesinin konsantrasyonuna bağlı olarak paslanmaz çelik AISI 304 metalinin  $R_{ct}$  değeri 5816  $\Omega$  (ohm)’dan 16750  $\Omega$ ’a çıkmıştır. Yani metalin korozyona karşı dayanımı artmıştır. %3,5’luk NaCl ortamında  $R_{ct}$  değeri 1232  $\Omega$  çıkmıştır. %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 304’ün  $R_{ct}$  değerleri 2092  $\Omega$  ve 4844  $\Omega$  çıkmıştır. Dolayısıyla CCB emprenye maddesi paslanmaz çelik AISI 304 metale inhibitör etkisi yaparak korozyona karşı korumuştur.

**Çizelge 3.1.** CCB emprenye maddesinin paslanmaz çelik AISI 304 metale korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesine ilişkin elde edilen veriler.

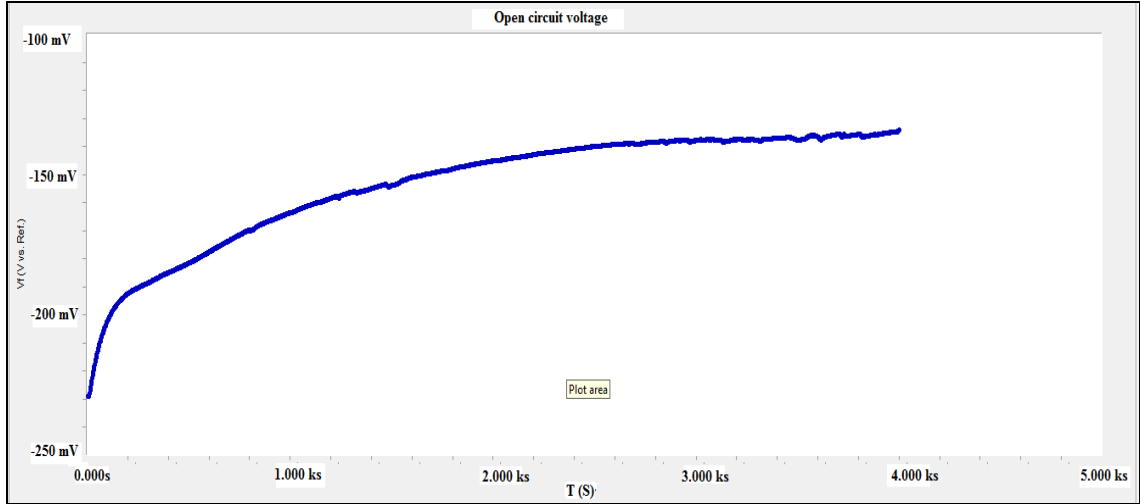
Deney Adı	$R_s$ (ohm)	Q (CPE)	n(0<n<1)	$R_{ct}$ (ohm)
%2 CCB	5,87	4,69E-04	0,65	5816
%4 CCB	7,66	3,91E-05	0,79	16750
%3,5 NaCl	1,29	8,47E-04	0,59	1232
%2 CCB + %3,5 NaCl	1,60	6,67E-04	0,60	2092
%4 CCB + %3,5 NaCl	6,08	5,16E-04	0,66	4844

Çizelge 3.1’de  $R_s$  çözeltilerin direncini, Q korozyon ürünlerinin ve metal-çözelti ara yüzeyinin sabit faz elemanını, n metal yüzeyinin pürüzlülüğünü ve  $R_{ct}$  ise yük transfer direncini göstermektedir. CCB emprenye maddesinin konsantrasyonunun artışına bağlı olarak çözeltilerdeki  $R_s$  ve n değerlerinin arttığı görülmektedir. Metal yüzeyinde oluşan film tabakası (n) değerinin CCB emprenye maddesi artışına bağlı olarak artması, CCB’nin metal yüzeyinde film tabakası oluşturup metali korozyona karşı koruduğunu göstermektedir.

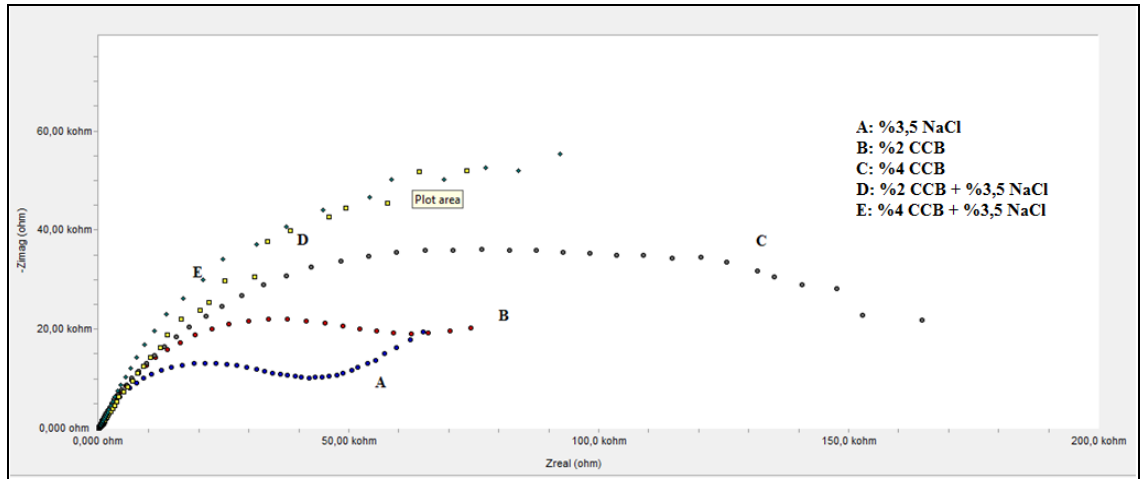
### **3.1.2. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metale Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi**

Şekil 3.6’da paslanmaz çelik AISI 316L metali ile CCB emprenye maddesi arasında

geçen potansiyel değişim görölmektedir. Şekil 3.6'da çözelti ve metal arasında geçen potansiyelin yaklaşık ilk 2000 saniyeye kadar olan süre zarfında hızlı ilerlediği son 2000 saniye süresince yavaşladığı ve sabit kaldığı görölmektedir. Potansiyel yaklaşık -230 mV'tan -130 mV'a yükselmiştir.



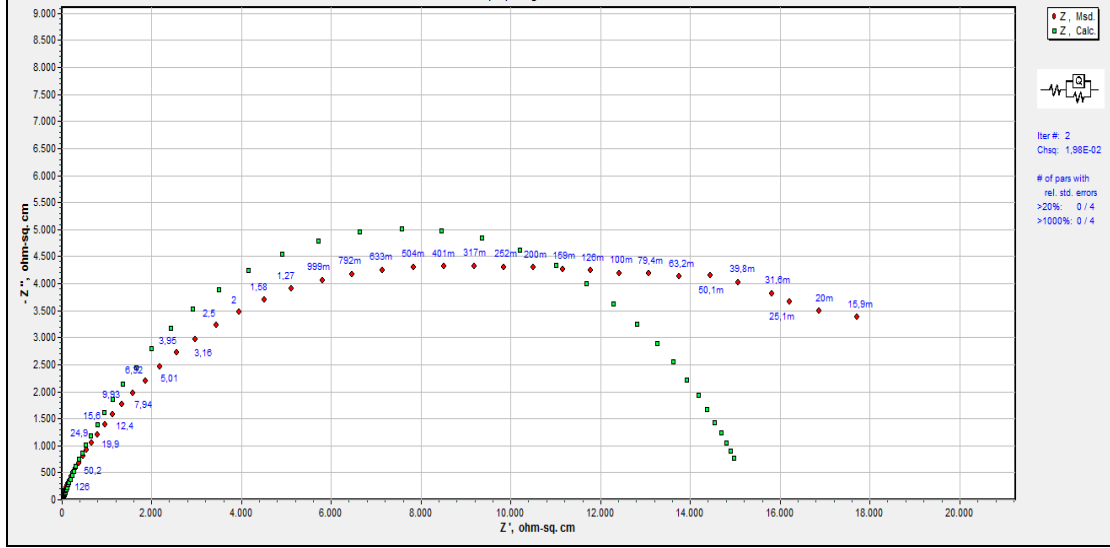
**Şekil 3.6.** %4 CCB emprenye maddesi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin 4000 saniye boyunca ölçülen potansiyel değişimi.



**Şekil 3.7.** CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

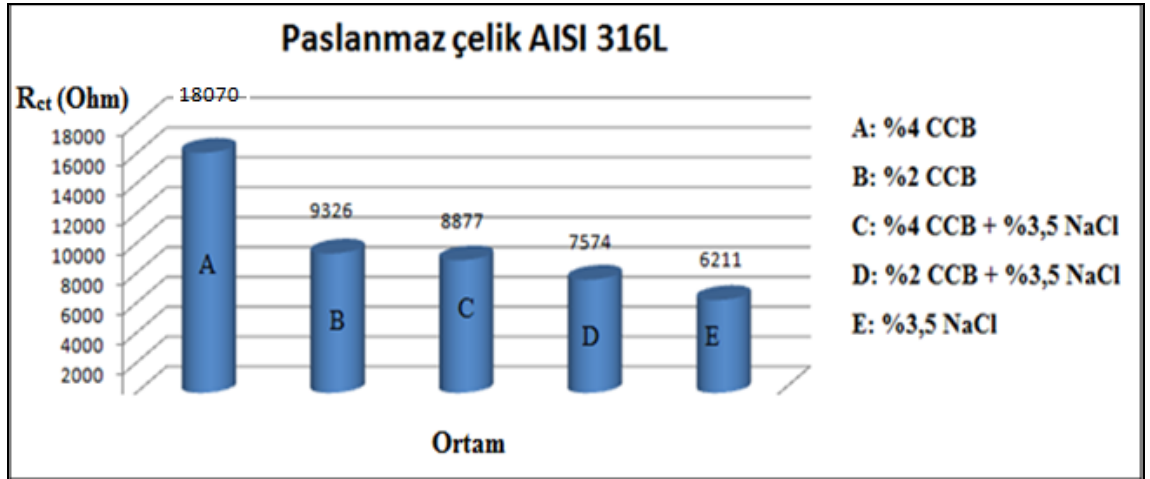
Şekil 3.7'de %2 ve %4 konsantrasyonlardaki CCB emprenye maddeleri ile %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB emprenye maddelerinin Nyquist diyagramları %3,5 NaCl tuzlu su ortamından yüksek çıkmıştır.





**Şekil 3.8.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %4 CCB çözeltisi içerisindeki korozyonun R(QR) devresi ile eşleşmesi.

Şekil 3.8’de görüldüğü gibi CCB çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyon sonucunu analiz etmek için kullandığımız R(QR) devresinin uygun olduğu devrenin çok iyi eşleşmiş olmasından anlaşılmaktadır.



**Şekil 3.9.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %2, %4 CCB empenye maddesi, %3,5’luk NaCl, %2 ve %4 CCB empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki R<sub>ct</sub> değerleri.

Şekil 3.9’da EIS yöntemiyle hesaplanan paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %2 CCB, %4 CCB, %3,5 NaCl ortamında %2-%4 CCB ve %3,5 NaCl ortamındaki çözeltiler arasında geçen şarj transfer dirençleri (R<sub>ct</sub>) görülmektedir. %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin R<sub>ct</sub> değeri 6211 Ω çıkmıştır. %2 ve %4 konsantrasyondaki CCB empenye maddesi içerisinde R<sub>ct</sub> değeri sırasıyla 9326 Ω ve

18070  $\Omega$  çıkmıştır. Bu değer %3,5 NaCl ortamının  $R_{ct}$  değerinden yüksektir. %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki çözeltisinde paslanmaz çelik AISI 316L'nin  $R_{ct}$  değerleri 7574  $\Omega$  ve 8877  $\Omega$  çıkmıştır. Bu değerlerin %3,5 NaCl ortamındaki  $R_{ct}$  değerinden yüksek olması CCB emprenye maddesinin paslanmaz çelik AISI 316L metalini tuzlu su ortamında korozyona karşı koruduğunu göstermektedir.

**Çizelge 3.2.** Paslanmaz çelik AISI 316L metaline CCB emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamının korozyon etkisinin EIS yöntemi ve R(QR) devresi ile belirlenmesi sonucu elde edilen veriler.

Deney Adı	$R_s$ (ohm)	Q (CPE)	$n(0<n<1)$	$R_{ct}$ (ohm)
%2 CCB	11,13	1,56E-04	0,70	9326
%4 CCB	12,47	2,09E-05	0,73	18070
%3,5 NaCl	2,281	1,93E-05	0,56	6211

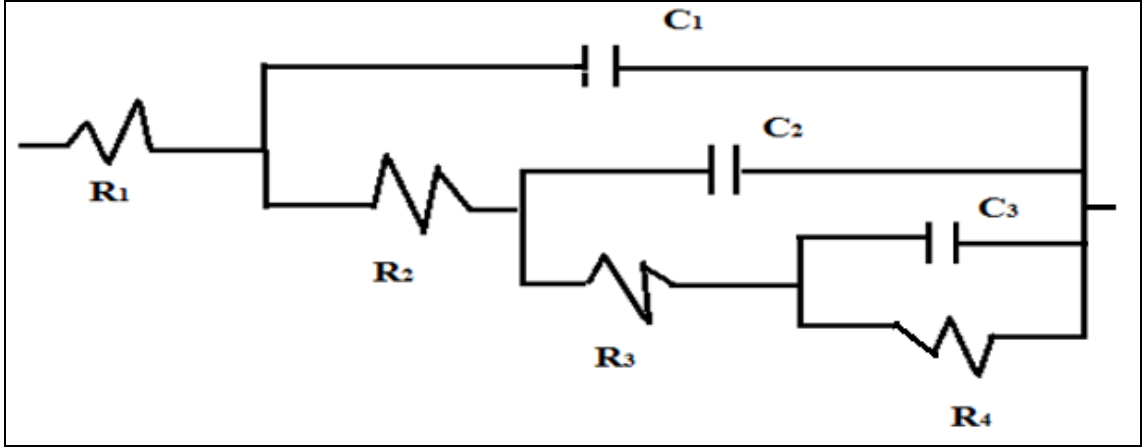
Çizelge 3.2'de paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %2-%4 CCB ve %3,5 NaCl ortamındaki korozyonun R(QR) devresi ile elde edilen verileri görülmektedir. Çizelge de  $R_s$  çözelti direncini Q korozyon ürünlerinin ve metal-çözelti ara yüzeyinin sabit faz elemanını, n metal yüzeyinin pürüzlülüğünü (n değeri bire ne kadar yakın ise pürüzlülük o kadar azdır),  $R_{ct}$  ise metalin şarj transfer direncini ifade etmektedir. %2 CCB konsantrasyonun %4'e çıkmasıyla n değeri de 0,70'den 0,73'e yükselmiştir.  $R_{ct}$  değeri ise %3,5 NaCl ortamında 6211 ohm çıkmıştır.  $R_{ct}$  değeri %2 CCB ve %4 CCB ortamında 9326 ohm'dan 18070 ohm'a çıkmıştır. Yani CCB emprenye maddesi paslanmaz çelik AISI 316L metali içinde inhibitör etkisi göstermiştir.

**Çizelge 3.3.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB emprenye maddesinin R(C(R(C(R(CR)))))) devresi ile analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler.

Deney adı	$R_1$	$C_1$	$R_2$	$C_2$	$R_3$	$C_3$	$R_4/R_{ct}$
%2 CCB + %3,5 NaCl	2,34	6,79E-06	51,02	5,36E-05	615,80	2,47E-04	7574
%4 CCB + %3,5 NaCl	2,42	1,05E-05	28,89	5,23E-05	404,40	1,89E-04	8877

Çizelge 3.3'de paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB ortamındaki korozyonun R(C(R(C(R(CR)))))) devresiyle analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler görülmektedir. Devrede R'ler çözelti direncini ve korozyon sonucu oluşan oksit filmine ait direnci, C korozyon ürünlerinin ve metal-çözelti ara yüzeyinin kapasitör değerini ifade etmektedir. Çizelge 3.3'de paslanmaz çelik AISI 316L

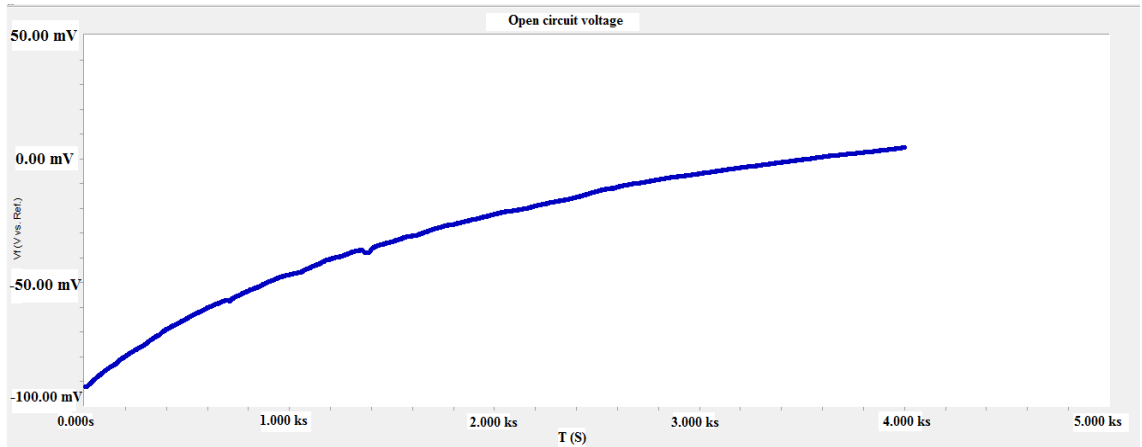
metalinin %2 CCB + %3,5 NaCl ortamında  $R_4/R_{ct}$  değeri 7574 ohm iken %4 CCB + %3,5 NaCl ortamında 8877 ohm olarak ölçülmüştür. CCB empenye maddesi tuzlu su ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin direncini arttırmıştır. CCA empenye maddesi ile yapılan çalışmalarda odun koruma maddesi olarak kullanılan CCA'nın galvanizli çelik türlerine inhibitör etkisi gösterdiği belirtilmiştir (Zelinka ve diğ. 2009).



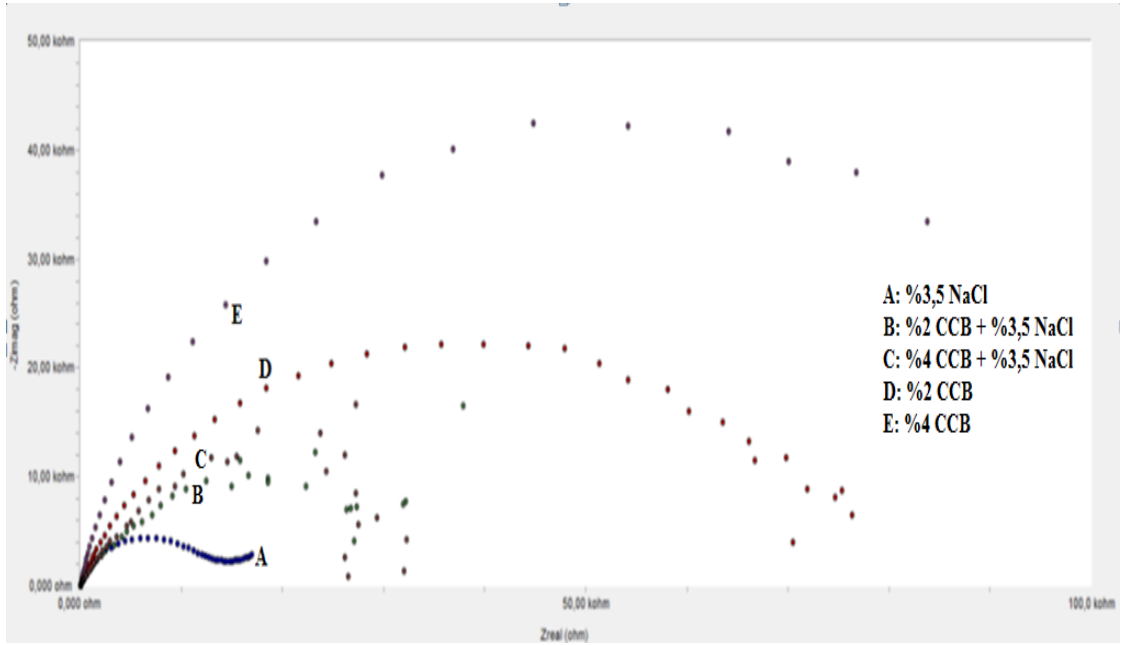
Şekil.3.10.  $R(C(R(C(R(CR))))))$  devresi

### 3.1.3. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi

Şekilde CCB empenye maddesi ve paslanmaz çelik AISI 420 metali arasında geçen potansiyel değişim görülmektedir. Çelik numunesinin çözelti içerisindeki potansiyeli yaklaşık -100 mV' tan -25 mV'a artarak ilerlediği ve sabit kaldığı anlaşılmaktadır.

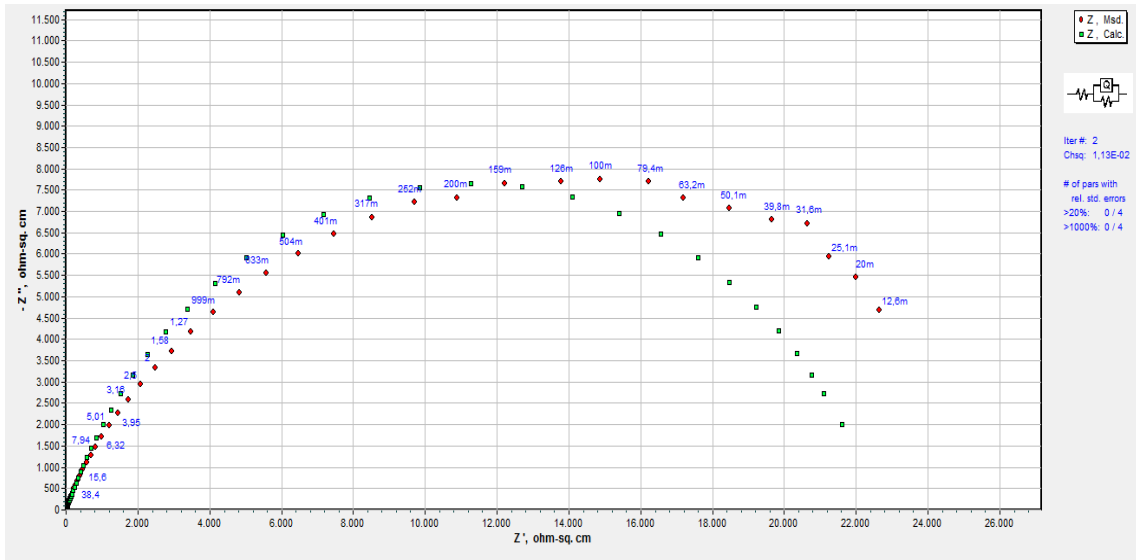


Şekil 3.11. Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %2 CCB empenye maddesi içerisinde zamana bağlı olarak ölçülen potansiyel değişimi.



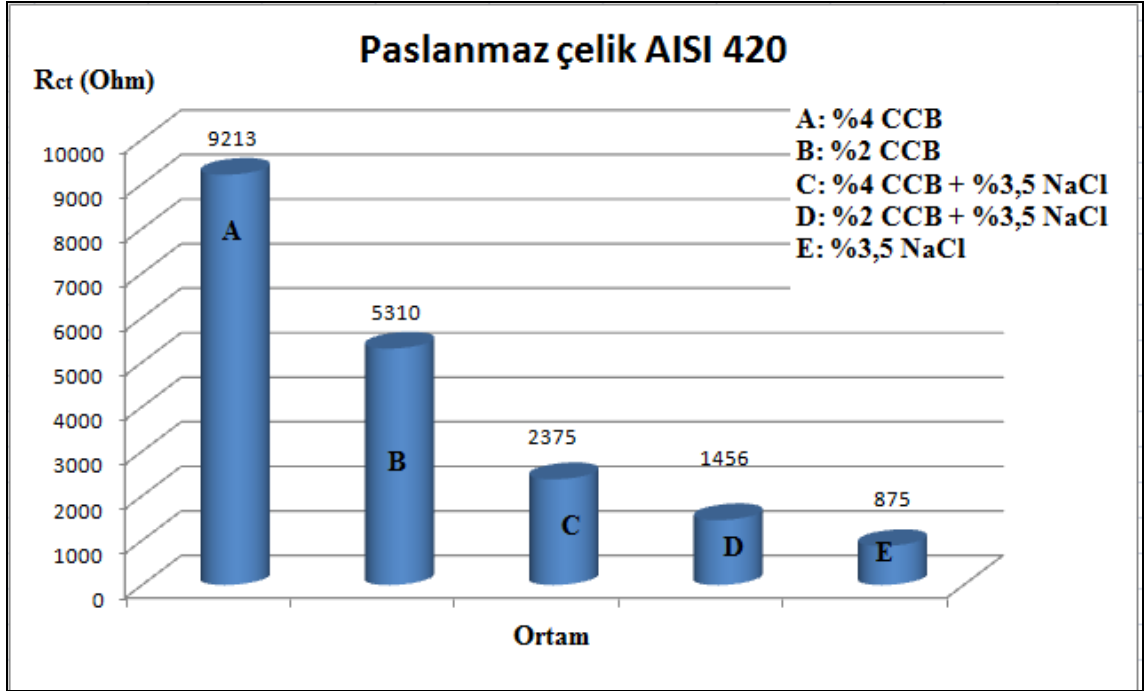
Şekil 3.12. CCB empenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

Şekil 3.12 incelendiğinde %2 ve %4 konsantrasyonlardaki CCB empenye maddeleri ile %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB empenye maddelerinin Nyquist diyagramları %3,5 NaCl tuzlu su ortamından yüksek çıkmıştır.



Şekil 3.13. Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %4 CCB çözeltisi içerisindeki korozyonun R(QR) devresi ile eşleşmesi.

Şekil 3.13 incelendiğinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %4 CCB çözeltisi içerisindeki korozyonunun analiz edilmesi için kullanılan R(QR) devresinin doğru devre olduğu çok iyi eşleşmiş olmasından anlaşılmaktadır.



**Şekil 3.14.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %2 CCB, %4 CCB empenye maddesi ve %3,5'luk NaCl'e karşı korozyon dayanımı.

Şekil 3.14'de EIS yöntemiyle hesaplanan paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %2 CCB, %4 CCB, %3,5 NaCl ve %2 CCB, %4 CCB empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında şarj transfer dirençleri ( $R_{ct}$ ) görülmektedir. CCB maddesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak metallerin de bu çözeltiler içerisindeki direnç değerlerinde artışlar olduğu görülmektedir. Dolayısıyla CCB empenye maddesi paslanmaz çelik AISI 420 için de inhibitör etkisi göstererek metali korozyona karşı korumuştur.

**Çizelge 3.4.** Paslanmaz çelik AISI 420 metaline CCB empenye maddesinin korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesi sonucu elde edilen veriler.

Deney Adı	$R_s$ (ohm)	Q (CPE)	$n(0 < n < 1)$	$R_{ct}$ (ohm)
%2 CCB	19,95	2,11E-05	0,76	5310
%4 CCB	25,19	1,87E-05	0,79	9213
%3,5 NaCl	7,71	1,72E-02	0,58	875
%2 CCB + %3,5 NaCl	3,91	1,07E-04	0,69	1456
%4 CCB + %3,5 NaCl	4,08	1,01E-04	0,71	2375

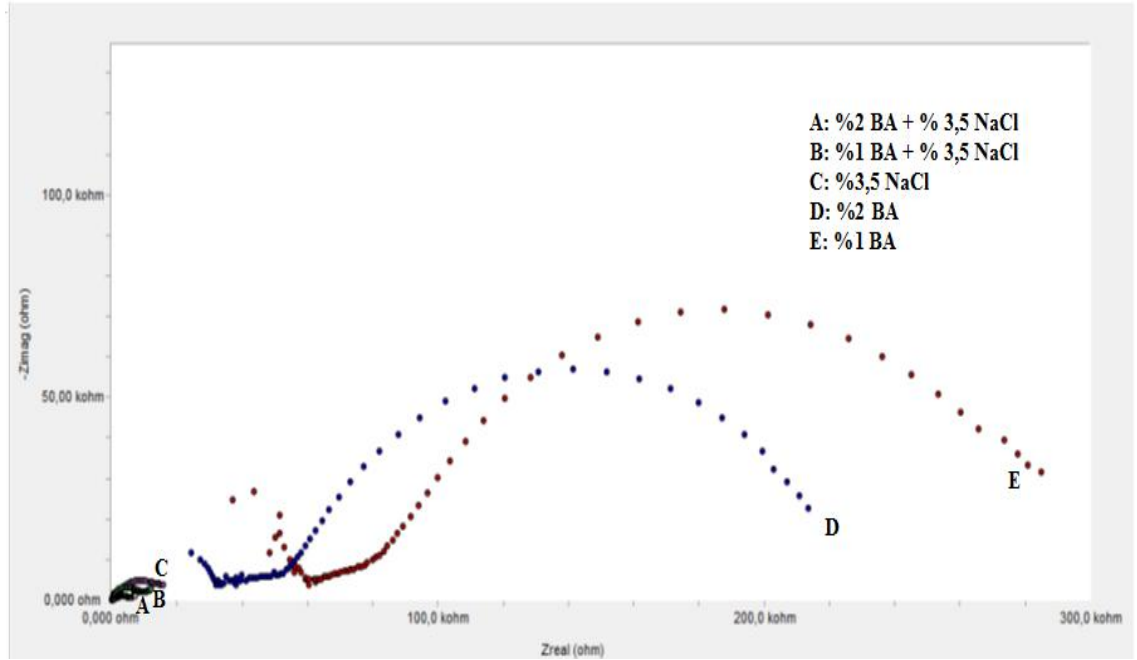
Çizelge 3.4’de paslanmaz çelik AISI 420 metaline ait EIS yöntemi ve R(QR) devresiyle hesaplanan korozyon verileri görülmektedir.

### 3.2. BORİK ASİT EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN EIS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Borik asit emprenye maddesinin metal korozyonuna etkisi EIS yöntemiyle üç metal türüne göre aşağıda irdelenmiştir.

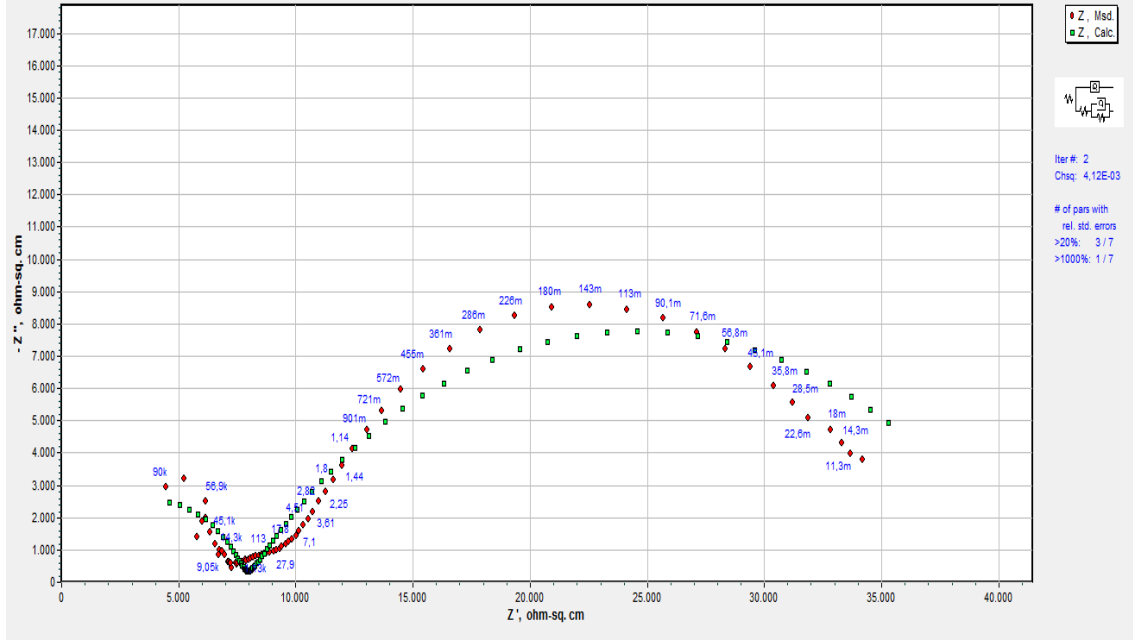
#### 3.2.1. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi ile Belirlenmesi

Şekil 3.15’de paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %1 ve %2 BA emprenye maddesi, %3,5 NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 ve %2 BA emprenye maddesi içerisindeki Nyquist diyagramları görülmektedir.

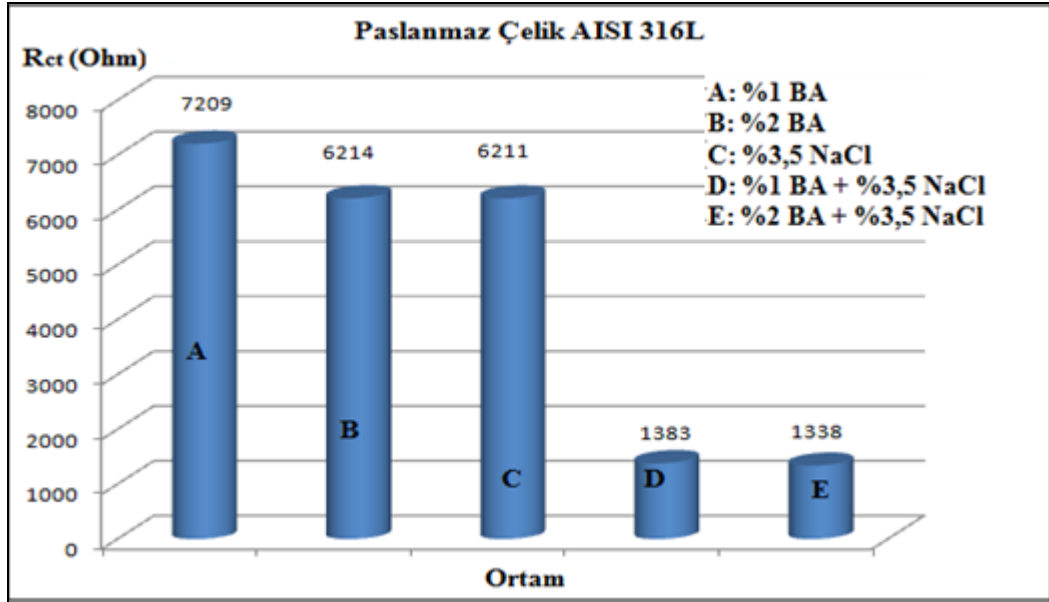


Şekil 3.15. Borik Asit emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

Şekil 3.16’da paslanmaz çelik AISI 304 metalinin borik asit çözeltisi içerisindeki korozyonunu analizi etmek için kullandığımız R(Q(R(QR))) devresinin uygun olduğu devrenin çok iyi eşleşmiş olmasından anlaşılmaktadır.



Şekil 3.16. Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %2 BA çözeltisi içerisindeki korozyonun (R(Q(R(QR)))) devresi ile eşleşmesi.



Şekil 3.17. Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %1, %2 BA konsantrasyondaki empenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki empenye maddelerine karşı korozyon dayanımı.

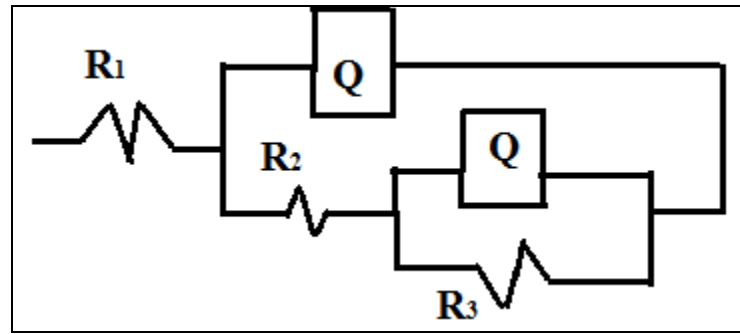
EIS yöntemiyle yapılan deney sonuçları Şekil 3.17'deki gibidir. Şekildeki grafikte paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %1 ve %2 BA, %3,5 NaCl, %1 ve %2 konsantrasyonlardaki BA empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında R<sub>ct</sub> değerleri görülmektedir. %1 BA empenye maddesinin R<sub>ct</sub> değeri 4513 Ω iken %2 BA empenye

maddesinin  $R_{ct}$  değeri 4191  $\Omega$  çıkmıştır. Dolayısıyla borik asidin konsantrasyon artışına bağlı olarak metalin direnç değeri düşmüştür. Ancak bu değerler yine paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl ortamındaki elde edilen  $R_{ct}$  (1232  $\Omega$ ) değerinden yüksektir. Borik asit empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında konsantrasyon artışına bağlı olarak  $R_{ct}$  değerleri azalmıştır. Bu değerler %3,5 NaCl ortamındaki  $R_{ct}$  değerinden düşük çıkmıştır. Dolayısıyla borik asidin tuzlu su ortamında metali koruyamadığı görülmektedir.

**Çizelge 3.5.** Paslanmaz çelik AISI 304 metaline %1 ve %2 BA empenye maddesinin korozyon etkisinin EIS yöntemiyle belirlenmesi sonucu elde edilen veriler.

Deney Adı	$R_1$ (Ohm)	$Q-Y_{o1}$	$Q-n_1$	$R_2$ (Ohm)	$Q-Y_{o2}$	$Q-n_2$	$R_3/R_{ct}$ (Ohm)
%1 BA	0,00014	1,138E-8	0,72	4598	7,032E-5	0,68	4513
%2 BA	0,00018	1,608E-5	0,22	4202	7,714E-5	0,55	4191

Çizelge 3.5’de paslanmaz çelik AISI 304 metalinin borik asidin %1 ve %2 konsantrasyonlardaki çözeltilerinde (R(Q(R(QR)))) devresi ile eşleşmesi sonucu analiz edilen sonuçlar görülmektedir. Kullanılan bu devre Şekil 3.16’da görülmektedir.



**Şekil 3.18.** (R(Q(R(QR)))) devresi.

**Çizelge 3.6.** Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit empenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları

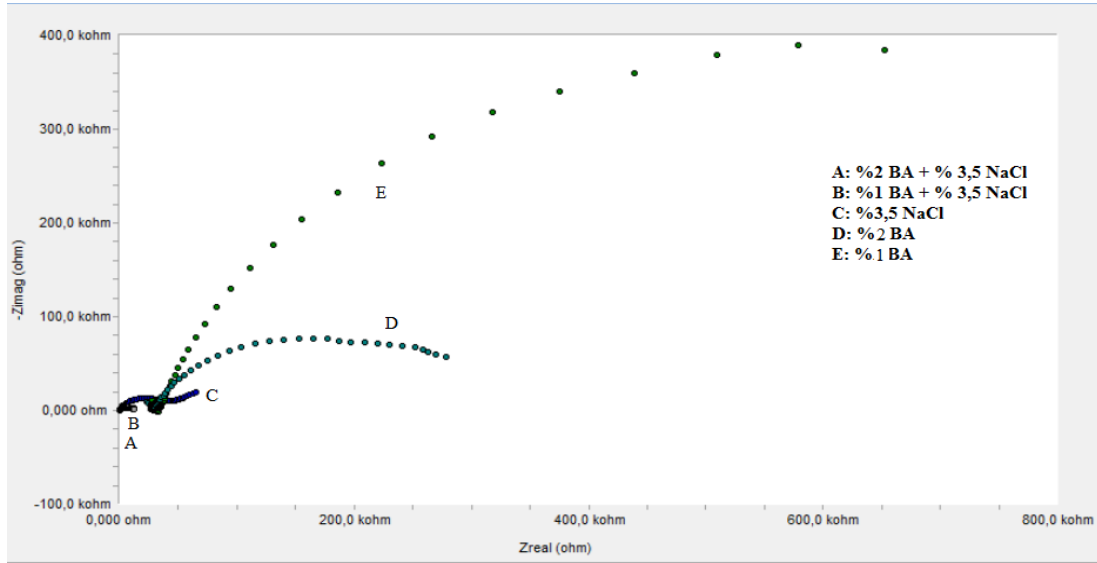
Deney Adı	$R_s$ (ohm)	$Q$ (CPE)	$n(0 < n < 1)$	$R_{ct}$ (ohm)
%3,5 NaCl	1,292	8,47E-04	0,59	1232
%1 BA + %3,5 NaCl	2,135	1,84E-04	0,61	713,8
%2 BA + %3,5 NaCl	3,287	5,09E-04	0,43	524,6



Çizelge 3.6'da paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu analiz edilmesinden elde edilen sonuçlar görülmektedir. Çizelgelerde borik asidin konsantrasyon artışına paralel olarak metalin korozyona karşı direnç değerlerinde azalmalar olduğundan borik asidin korozif olduğu görülmektedir.

### 3.2.2. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi

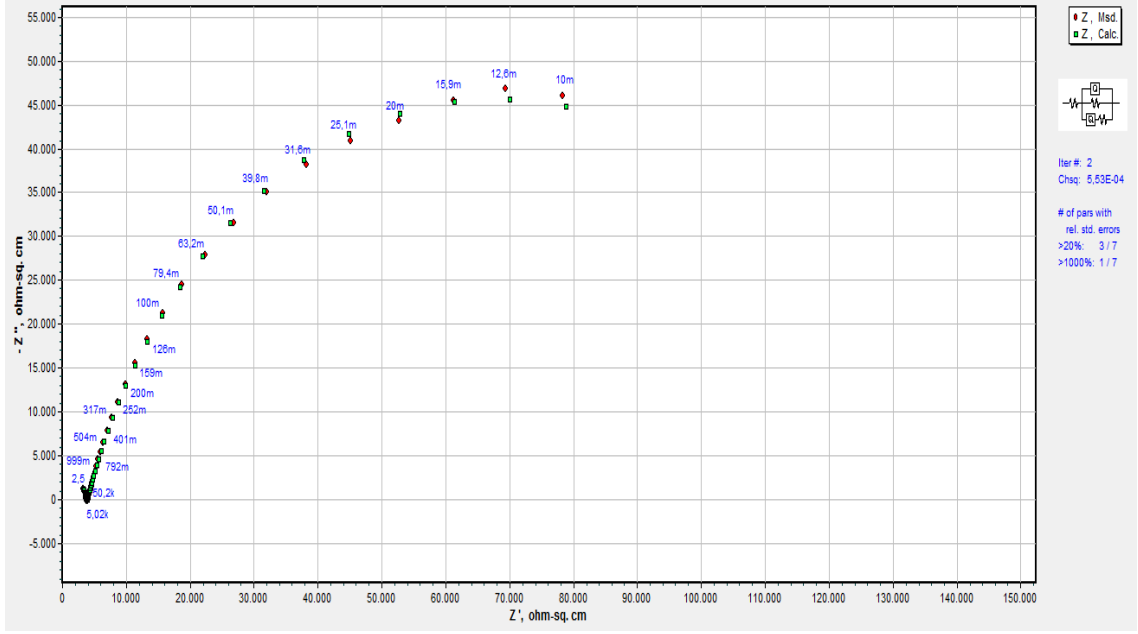
Şekilde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %1 ve %2 BA emprenye maddesi, %3,5 NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 ve %2 BA emprenye maddesi içerisindeki Nyquist diyagramları görülmektedir.



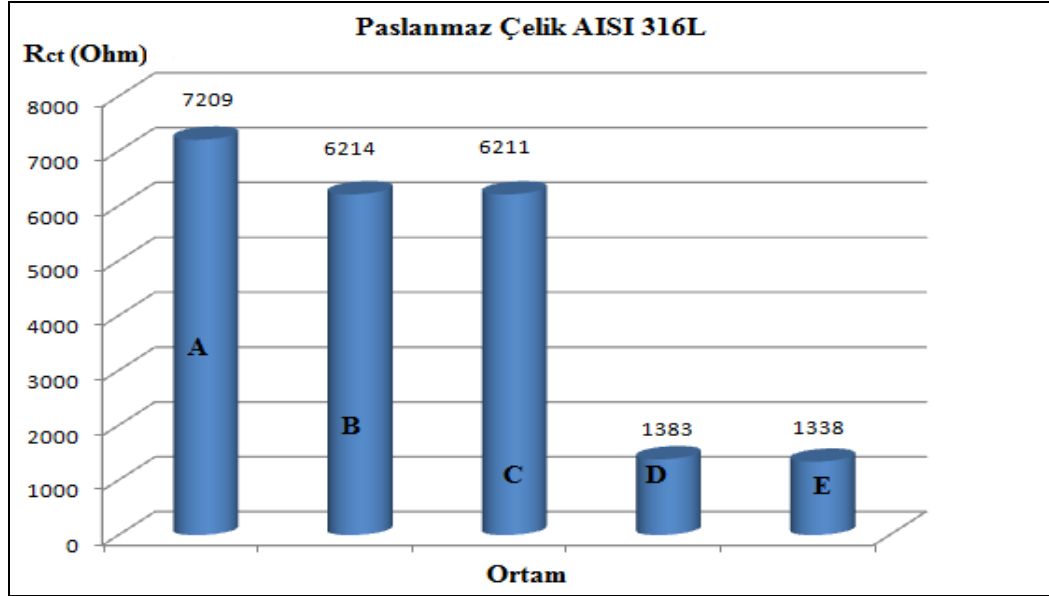
**Şekil 3.19.** Borik asit emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

Şekil 3.19'da %1 BA çözeltisinde bulunan Nyquist eğrisi %2 BA daki Nyquist eğrisinin üzerinde çıkmıştır. Tuzlu su ortamlarında ise Nyquist eğrileri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Borik asidin konsantrasyonunun artışına paralel olarak paslanmaz çelik AISI 316L metalinin Nyquist eğrilerinde düştüğü görülmektedir.

Şekil 3.20'de %1 BA çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonun R(QR(QR)) devresi ile iyi eşleştiği için kullanılan devre modelinin doğru olduğu anlaşılmaktadır.



**Şekil 3.20.** %1 BA çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonun R(QR(QR)) devresi ile eşleşmesi.



**Şekil 3.21.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %1 BA, %2 BA konsantrasyondaki empenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki empenye maddelerine karşı korozyon dayanımı.

Şekildeki grafikte paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %1 ve %2 BA empenye maddelerinde, %3,5 NaCl, %1 ve %2 konsantrasyonlardaki BA empenye maddelerinin %3,5 NaCl ortamındaki R<sub>ct</sub> değerleri görülmektedir. %1 BA empenye maddesinin R<sub>ct</sub> değeri 7209 Ω iken %2 BA'nın R<sub>ct</sub> değeri 6214 Ω'a düşmüştür. Aynı şekilde tuzlu su ortamında da metalin direnç değerlerinin düştüğü görülmektedir. Dolayısıyla BA

emprenye maddesinin konsantrasyonundaki artış metalin çözeltiye karşı direncini düşürmüştür. Bu düşüş BA'nın paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozif etki ettiğini göstermektedir.

**Çizelge 3.7.** Paslanmaz çelik AISI 316L metaline BA emprenye maddesinin korozyon etkisinin EIS yöntemiyle ve R(QR(QR)) devresi ile analiz edilmesiyle elde edilen veriler.

Deney Adı	$R_1(\Omega)$	$Q-Y_{o1}$	$Q-n_1$	$R_2$	$Q-Y_{o2}$	$Q-n_2$	$R_3/R_{ct}(\Omega)$
%1 BA	290	5,273E-10	0,9083	4030	5,24E-05	0,99	7209
%2 BA	311	6,56E-10	0,6678	3256	7,57E-05	0,79	6214

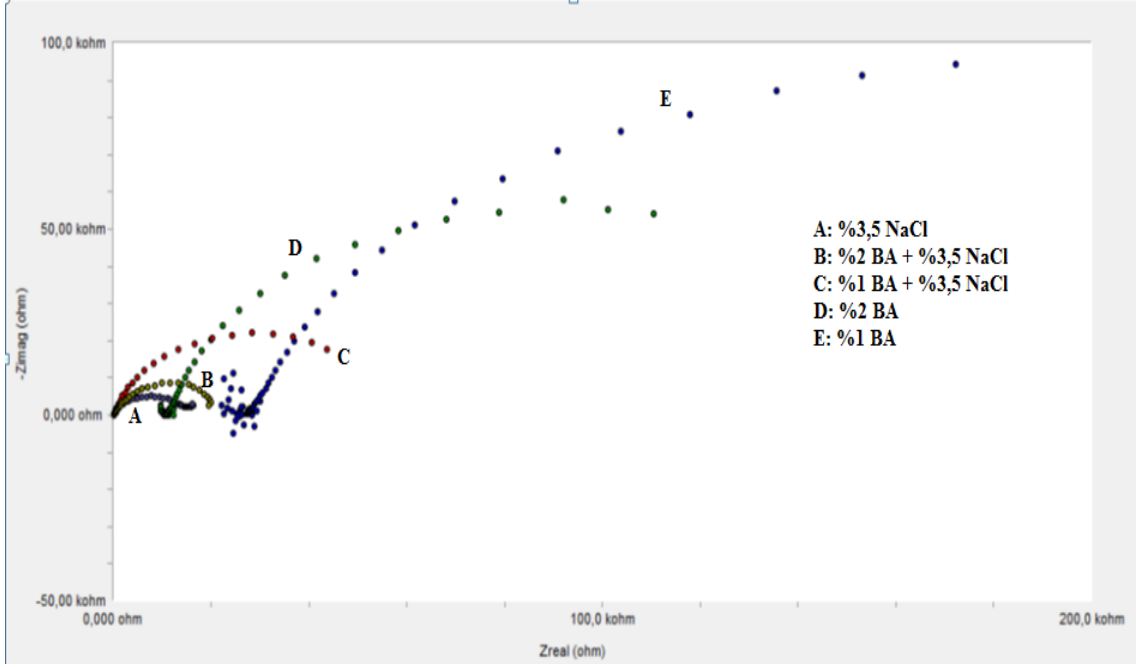
**Çizelge 3.8.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları.

Deney Adı	$R_s$ (ohm)	Q (CPE)	$n(0<n<1)$	$R_{ct}$ (ohm)
%3,5 NaCl	2,28	1,93E-02	0,76	6211
%1 BA + %3,5 NaCl	2,43	2,28E-04	0,75	1383
%2 BA + %3,5 NaCl	2,37	2,85E-04	0,74	1338

Çizelge 3.7 ve 3.8 incelendiğinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin borik asit çözeltileri içerisinde tuzlu suya oranla oldukça dirençli ancak miktar artışının olumsuz etki yaptığı  $R_{ct}$  değerlerinden anlaşılmaktadır. Tuzlu su ortamındaki BA çözeltisinde ise direnç değerleri sırasıyla 1383  $\Omega$  ve 1338  $\Omega$  olarak oldukça düşük çıkmıştır. Bu durumda borik asit tuzlu su ortamında da metali koruyamadığı aksine korozifliği arttırdığı görülmektedir.

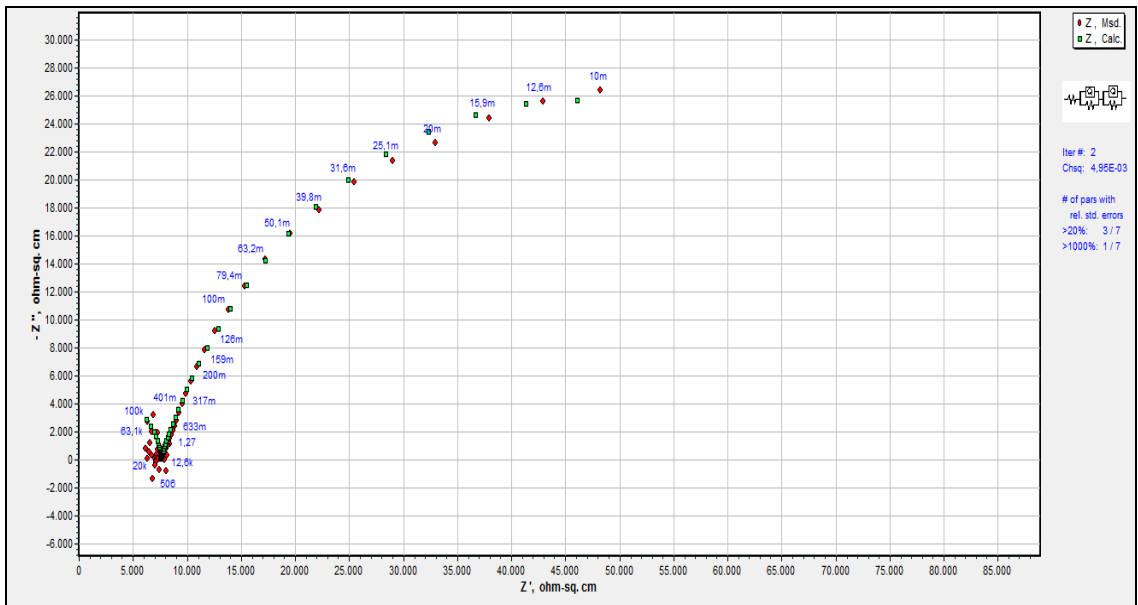
### 3.2.3. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisinin EIS Yöntemi İle Belirlenmesi

Şekil 3.22'de paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %1 ve %2 BA emprenye maddesi, %3,5 NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 ve %2 BA emprenye maddesi içerisindeki Nyquist diyagramları görülmektedir

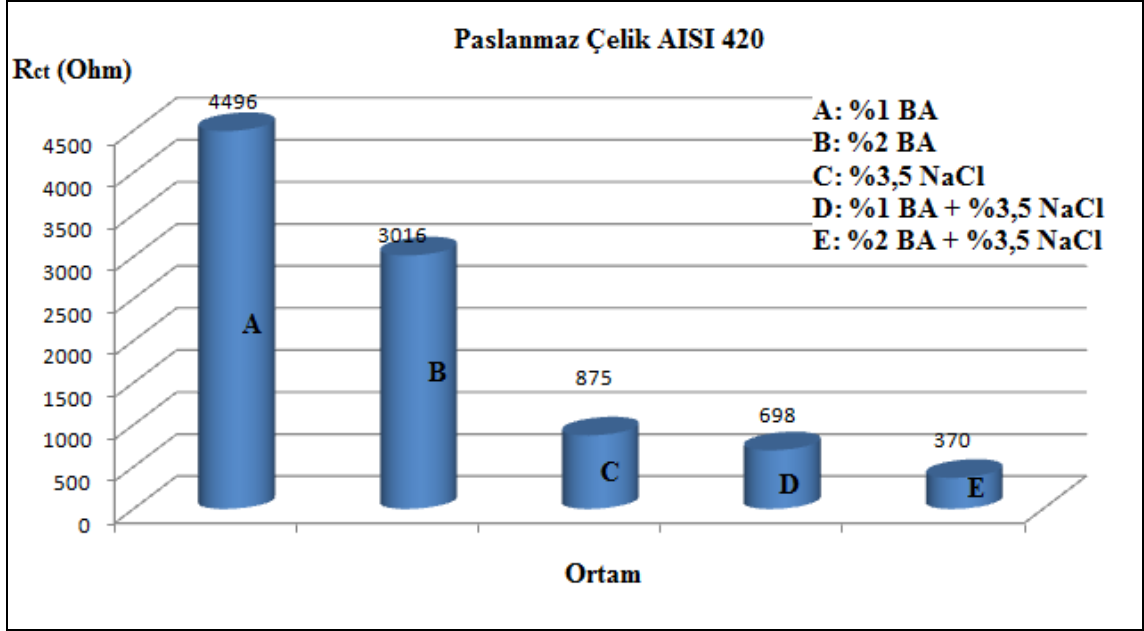


**Şekil 3.22.** Borik Asit empenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair Nyquist diyagramlarının gösterimi.

Şekil 3.23’de görüldüğü gibi AISI 420 metalinin % 1 BA çözeltisi içerisindeki korozyonunun R(QR)(QR) devresi ile iyi eşleştiği görülmektedir.



**Şekil 3.23.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin % 1 BA çözeltisi içerisindeki korozyonunun R(QR)(QR)devresi ile eşleşmesi.



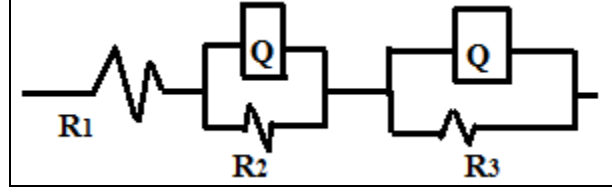
**Şekil 3.24.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %1 BA, %2 BA konsantrasyondaki empenye maddesi, %3,5'luk NaCl ve %3,5 NaCl ortamında %1 BA, %2 BA konsantrasyonlardaki empenye maddelerine karşı korozyon dayanımı.

Şekil 3.24'deki grafikte sırasıyla %1 ve %2 BA empenye maddelerinin, %3,5 NaCl, %1 ve %2 BA empenye maddelerinin %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 420 metaline olan korozyon etkileri ohm cinsinden görülmektedir.  $R_{ct}$  değerlerine bakıldığında borik asit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak  $R_{ct}$  değerlerinin de azaldığı görülmektedir.

**Çizelge 3.9.** Paslanmaz çelik AISI 420 metaline BA empenye maddesine korozyon etkisinin EIS yöntemiyle ve R(QR)(QR) devresiyle analiz edilmesi sonucu elde edilen veriler.

Deney Adı	$R_1$ (Ohm)	Q- $Y_{o1}$	Q- $n_1$	$R_2$ (Ohm)	Q- $Y_{o2}$	Q- $n_2$	$R_3/R_{ct}$ (Ohm)
%1 BA	1208	9,59E-11	0,81	7523	3,6E-06	0,75	4496
%2 BA	1361	4,95E-10	0,91	1656	1,50E-04	0,74	3016

Çizelge 3.9 incelendiğinde borik asit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak çözelti direncinde artış  $R_{ct}$  değerlerinde azalmalar olduğu görülmektedir. Borik asidin paslanmaz çelik AISI 420 metaline korozyon etkisinin analiz edilmesinde kullanılan R(QR)(QR) devresi Şekil 3.25'de görülmektedir.



Şekil 3.25. R(QR)(QR) devresi.

**Çizelge 3.10.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %3,5 NaCl, %1 ve %2 borik asit emprenye maddesinin %3,5 NaCl tuzlu su ortamında R(QR) devresi ile eşleşmesi sonucu elde edilen analiz sonuçları.

Deney Adı	Rs (ohm)	Q (CPE)	n (0<n<1)	R <sub>ct</sub> (ohm)
%3,5 NaCl	8,15	2,33E-02	0,81	875
%1 BA + %3,5 NaCl	4,98	1,08E-04	0,83	698
%2 BA + %3,5 NaCl	7,25	2,81E-04	0,80	370

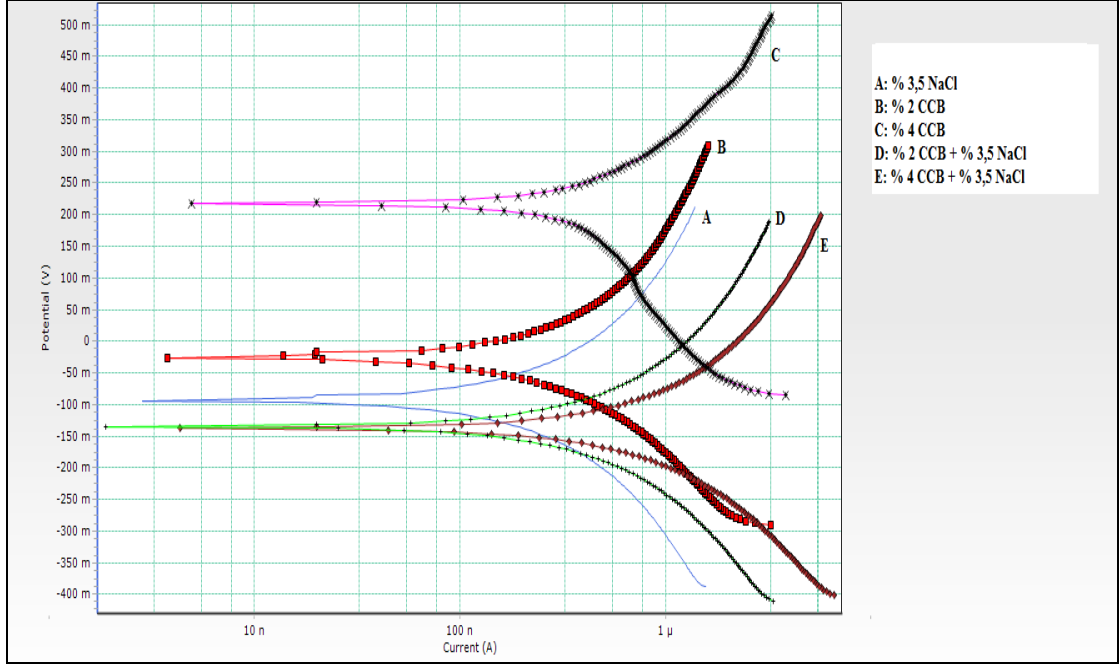
Çizelge 3.10 incelendiğinde borik asit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak çözelti direncinde artış R<sub>ct</sub> değerlerinde ve n değerlerinde azalmalar olduğu görülmektedir.

### 3.3. CCB EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN TAFEL POLARİZASYON YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

#### 3.3.1. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi

CCB emprenye maddesinin kullanılan paslanmaz çeliklere olan korozyon etkisini Tafel polarizasyon yöntemiyle incelemek için akım potansiyel eğrileri oluşturulmuştur. Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri Şekil 3.26'da görülmektedir. CCB emprenye maddesinin %2 konsantrasyondan %4 konsantrasyona çıkmasıyla potansiyel artışının olduğu görülmektedir. Akım potansiyel eğrilerinde potansiyelin pozitif değere kayması korozyon hızının azalması anlamına gelmektedir. Ancak korozyon hızı ve yoğunluğu net olarak Tafel eğrilerinin analiz edilmesi sonucu belirlenmektedir.

Çizelge 3.11'de paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl, %2 CCB, %4 CCB ve %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde elde edilen polarizasyon sonuçları görülmektedir.



**Şekil 3.26.** Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB empenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri.

**Çizelge 3.11.** Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin CCB empenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler.

Deney Adı	E (mV)	$I_{corr}$ ( $\mu$ A)
% 3,5 NaCl	-83,51	3,81
% 2 CCB	-25,27	0,91
% 4 CCB	210,41	0,40
% 2 CCB + % 3,5 NaCl	-137,30	2,16
% 4 CCB + % 3,5 NaCl	-135,04	1,52

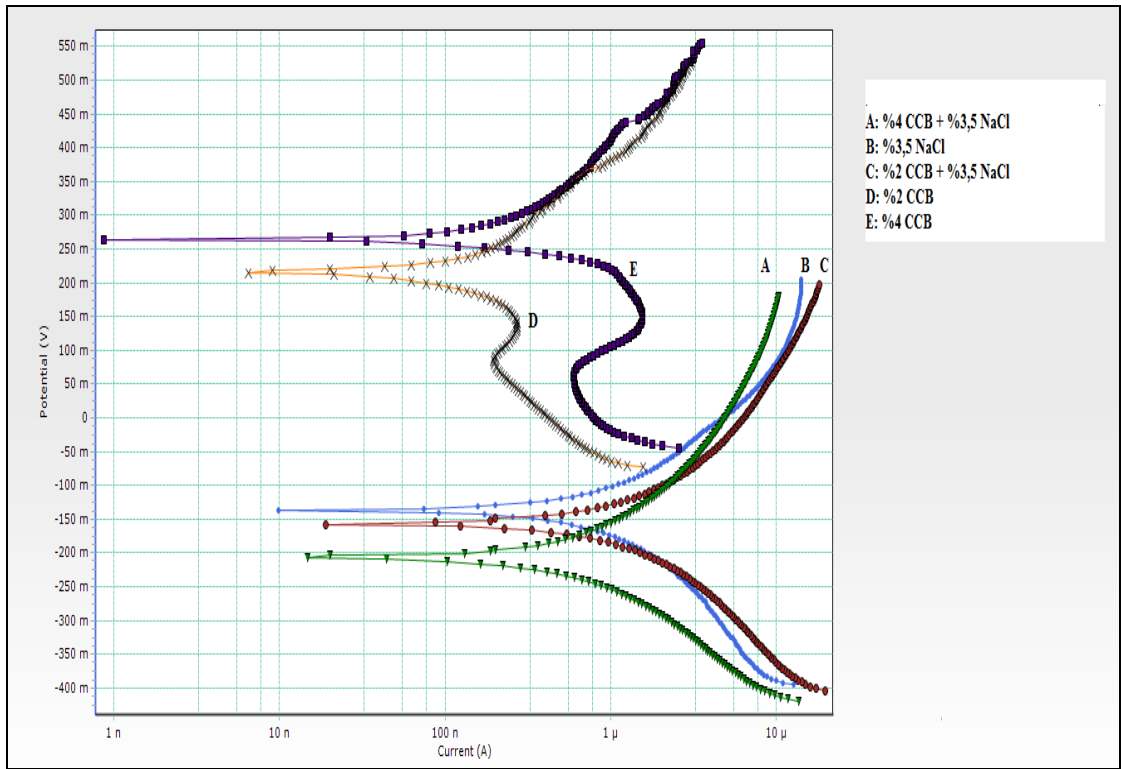
Çizelge 3.11’de E korozyon potansiyelini  $I_{corr}$  ise korozyon akımı (korozyon hızı/korozyon yoğunluğu)’nı ifade etmektedir. Potansiyelin sıfıra doğru ya da sıfırdan pozitif yöne doğru kayması genelde korozyonun azalmasına tersi ise korozyonun artışı olarak yorumlanmaktadır.  $I_{corr}$  ile korozyon oranı doğru orantılıdır.  $I_{corr}$ ’un artmasıyla korozyon oranı artmakta,  $I_{corr}$ ’un azalmasıyla korozyon oranı azalmaktadır.

Çizelge 3.11’de %3,5 NaCl ortamında  $I_{corr}$  3,81  $\mu$ A iken %2 ve %4 CCB ortamında sırasıyla 0,91  $\mu$ A ve 0,40  $\mu$ A’dır. Dolayısıyla CCB empenye maddesinin konsantrasyon artışına bağlı olarak korozyon oranı ya da hızı azalmaktadır. %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB empenye maddesi çözeltilerinde elde edilen korozyon akımları sırasıyla 2,16  $\mu$ A ve 1,52  $\mu$ A çıkmıştır. Bu değerler %3,5 NaCl ortamının korozyon akımından düşüktür. Yani korozyon hızı yavaşlamıştır. Bu yüzden CCB empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 304 metalini

korozyona karşı koruduğu söylenebilir. CCB emprenye maddesi içeriğinde bulunan kromdan dolayı korozyonu yavaşlatıcı etki gösterdiği düşünülmektedir. Tafel polarizasyon yöntemi ile elde edilen veriler EIS yöntemiyle kıyaslandığında birbiri ile paralel olduğu görülmektedir.

### 3.3.2. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi

Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri Şekil 3.27'de verilmiştir.



Şekil 3.27. Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri.

Çizelge 3.12'de paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl, %2 CCB, %4 CCB ve %3,5 NaCl ortamındaki %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde elde edilen polarizasyon sonuçları görülmektedir.



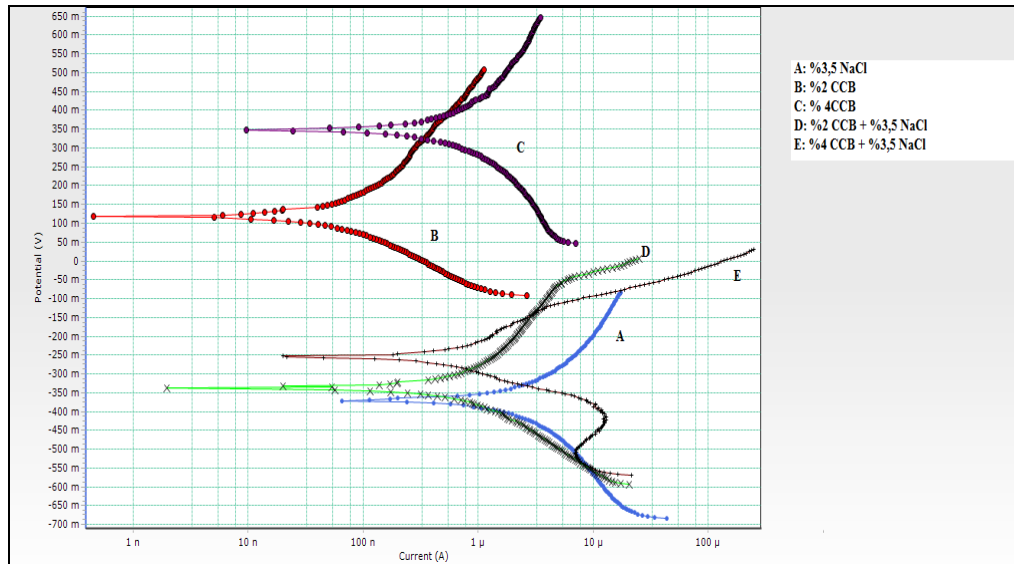
**Çizelge 3.12.** Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler.

Deney Adı	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ ( $\mu$ A)
%3,5 NaCl	-143,98	3,20
%2 CCB	138,92	0,82
%4 CCB	256,08	0,32
%2 CCB + %3,5 NaCl	-156,80	1,43
%4 CCB + %3,5 NaCl	-181,45	1,32

%3,5 NaCl ortamında  $I_{corr}$  3, 20  $\mu$ A iken %2 ve %4 CCB ortamında sırasıyla 0,82  $\mu$ A ve 0,32  $\mu$ A'dir. Bu değerler %3,5 NaCl ortamının korozyon akımından düşüktür. Dolayısıyla CCB emprenye maddesinin konsantrasyon artışına paralel olarak paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyon hızı da azalmaktadır. %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde elde edilen korozyon akımları sırasıyla 1,43  $\mu$ A ve 1,32  $\mu$ A olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar %3,5 NaCl ortamının korozyon akımı ile karşılaştırıldığında, CCB emprenye maddesi tuzlu su içerisinde konsantrasyon artışına paralel olarak paslanmaz çelik AISI 316L metalini koruduğu ve korozyon hızını azalttığı görülmektedir.

### 3.3.3. CCB Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi

Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarda elde edilen polarizasyon verileri Şekil 3.28'de verilmiştir.



**Şekil 3.28.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB emprenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında elde edilen polarizasyon verileri.

**Çizelge 3.13.** Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarında korozyonunun Tafel polarizasyon yöntemiyle elde edilen veriler.

Deney Adı	E (mV)	I <sub>corr</sub> (µA)
%3,5 NaCl	-369, 82	3, 93
%2 CCB	117, 69	2,10
%4 CCB	347, 08	0, 89
%2 CCB + %3,5 NaCl	-336, 47	3, 30
%4 CCB + %3,5 NaCl	-318, 37	2, 76

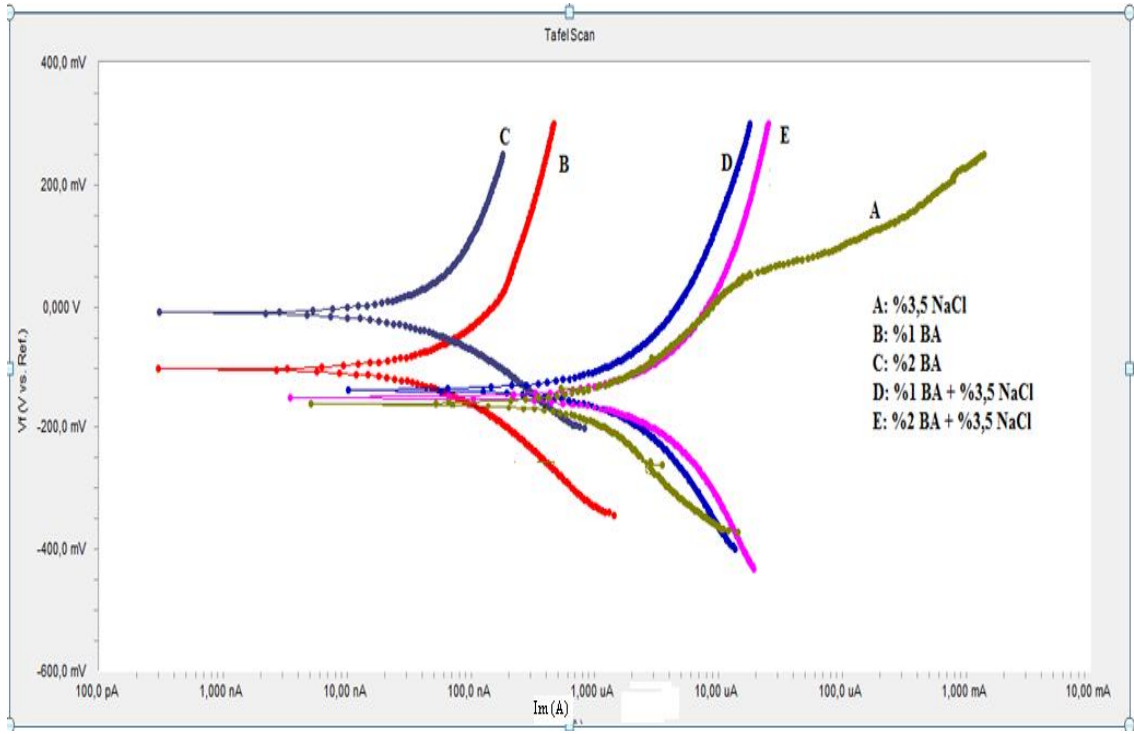
Çizelge 3.13’de paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %3,5 NaCl, %2 CCB, %4 CCB ve %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde elde edilen polarizasyon sonuçları görülmektedir. %3,5 NaCl ortamında I<sub>corr</sub> 3,93 µA iken %2 ve %4 CCB ortamında sırasıyla 2,10 µA ve 0,89 µA’dır. Bu değerler %3,5 NaCl ortamının korozyon akımından düşüktür. Dolayısıyla CCB emprenye maddesinin konsantrasyon artışına paralel olarak paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyon hızı da azalmaktadır. Ancak %3,5 NaCl ortamında %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde elde edilen korozyon akımları sırasıyla 3,30 µA ve 2,76 µA olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar %3,5 NaCl ortamının korozyon akımı ile karşılaştırıldığında, CCB emprenye maddesi tuzlu su içerisinde konsantrasyon artışına paralel olarak paslanmaz çelik AISI 420 metalini koruduğu görülmüştür. Tafel polarizasyon yöntemi sonuçlarına göre paslanmaz çelik AISI 420 metali diğer paslanmaz çelik türleri ile kıyaslandığında CCB çözeltisi ve tuzlu su içerisinde en dayanıksız ve en çok korozyona uğrayan metal olduğu görülmektedir.

Emprenye maddelerinin çinko, çelik ve paslanmaz çelik korozyonu üzerine yapılan bir çalışmada CCA (Bakır Krom Arsenik) emprenye maddesinin konsantrasyon artışına paralel olarak metallerin korozyona karşı direncinin arttığı yani korozyon hızının azaldığına yönelik benzer sonuçlar bulunmuştur (Zelinka ve diğ. 2007)

### **3.4. BORİK ASİT EMPRENYE MADDESİNİN METAL KOROZYONUNA ETKİSİNİN TAFEL POLARİZASYON YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

#### **3.4.1. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 304 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi**

BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin TP polarizasyon eğrileri ile gösterimi Şekil 3.29’da verilmiştir.



**Şekil 3.29.** BA empenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi.

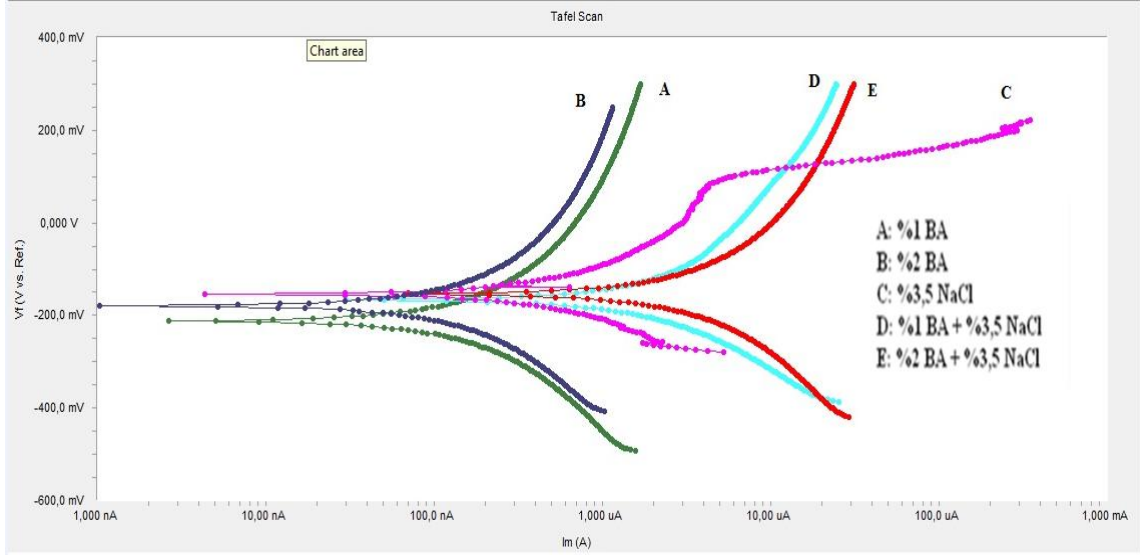
**Çizelge 3.14.** BA empenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 304 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler.

Deney adı	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ ( $\mu$ A)
%1 BA	-103	0,47
%2 BA	-9,90	0,99
%3,5 NaCl	-160	3,81
%1 BA + %3,5 NaCl	-136	4,76
%2 BA + %3,5 NaCl	-148	6,51

Çizelge 3.14’de paslanmaz çelik AISI 304 metalinin BA empenye maddesi ve tuzlu su ortamlarında elde edilen Tafel eğrileri gösterilmektedir.  $I_{corr}$  korozyon akımını  $E_{corr}$  ise korozyon potansiyelini ifade etmektedir. Çizelge 3.14’de görüldüğü gibi borik asidin tuzlu su ortamında paslanmaz çelik AISI 304’ün korozyon hızı artmaktadır.

### 3.4.2. Borik Asit Empenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 316L Metaline Korozyon Etkisinin Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi

BA empenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi Şekil 3.30’da verilmiştir.



**Şekil 3.30.** BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi.

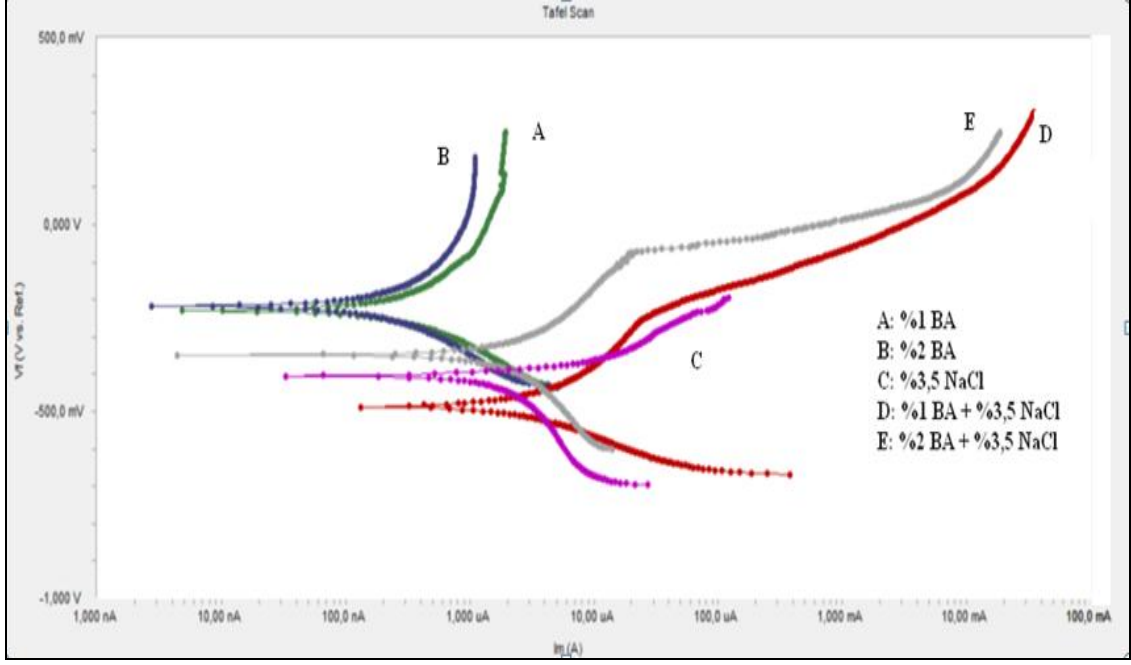
**Çizelge 3.15.** BA emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler.

Deney adı	$E_{corr}$ (mV)	$I_{corr}$ ( $\mu$ A)
%1 BA	-219	0,18
%2 BA	-179	0,32
%3,5 NaCl	-154	3,20
%1 BA + %3,5 NaCl	-152	3,94
%2 BA + %3,5 NaCl	-153	4,15

Çizelge 3.15’de görüldüğü gibi borik asit ve borik asidin tuzlu su ortamında paslanmaz çelik AISI 316L’nin korozyon hızı artmaktadır.

### 3.4.3. Borik Asit Emprenye Maddesinin Paslanmaz Çelik AISI 420 Metaline Korozyon Etkisi Tafel Polarizasyon Yöntemiyle Belirlenmesi

BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 420 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi Şekil 3.31’de verilmiştir. Çizelge 3.16’da görüldüğü gibi borik asidin tuzlu su ortamında paslanmaz çelik AISI 420’nin korozyon hızı ve oranı artmaktadır. %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyon hızı  $3,93 \mu$ A olarak ölçülmüştür. %1 BA ortamında korozyon hızı  $0,63 \mu$ A, %2 BA ortamında ise  $1,06 \mu$ A olarak ölçülmüştür. Tuzlu su ortamına borik asit ilavesi sonucu korozyon hızları %1 BA ilavesinde  $4,81 \mu$ A iken %2 BA ilavesinde  $16,80 \mu$ A olarak ölçülmüştür.



**Şekil 3.31.** BA emprenye maddesinin ve tuzlu su ortamlarının paslanmaz çelik AISI 420 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon eğrileri ile gösterimi.

**Çizelge 3.16.** BA emprenye maddesinin ve %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 420 metaline korozyon etkisinin Tafel polarizasyon yöntemiyle hesaplanması sonucu elde edilen veriler.

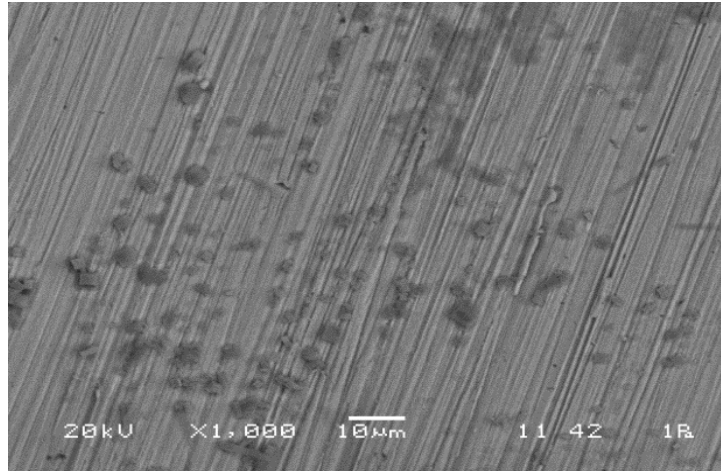
Deney adı	$E_{corr}$	$I_{corr}$ ( $\mu A$ )
%1 BA	-229	0,63
%2 BA	-218	1,06
%3,5 NaCl	-404	3,93
%1 BA + %3,5 NaCl	-489	4,81
%2 BA + %3,5 NaCl	-348	16,80

Borik asit suda çözündüğünde ortama  $H^+$  iyonları vermektedir.  $H^+$  iyonları çözeltinin pH'ını düşürerek ortamın asidik olmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla asidik ortamda metalin korozyon hızını arttırmaktadır. Borik asidin alüminyum alaşımlarında da yüksek konsantrasyonlarda korozyon direncini düşürdüğü yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Nan ve diğ 2012).

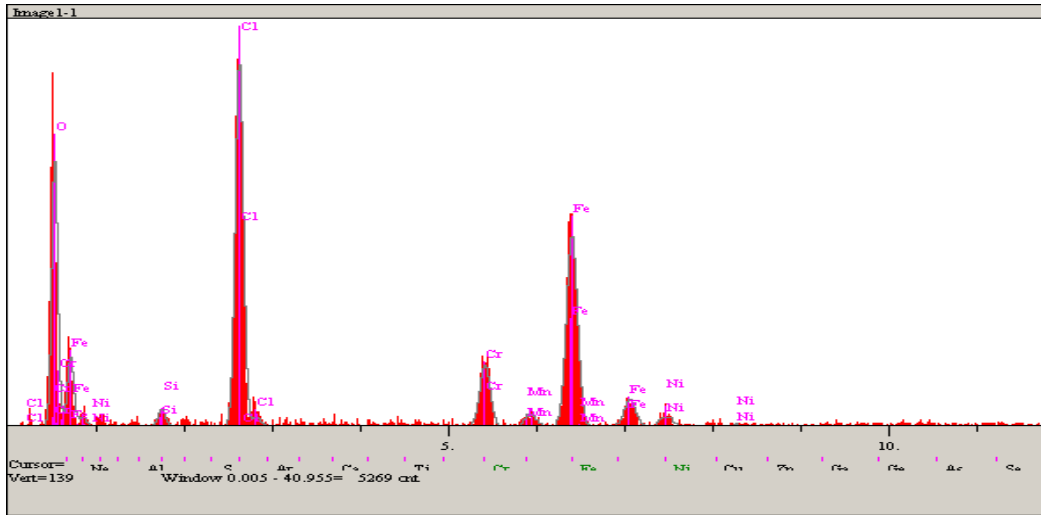
### 3.5. METAL YÜZEYLERİNDE ÇEKİLEN SEM VE EDS ANALİZİ SONUÇLARI

En yüksek korozyon miktarı Tafel Polarizasyon yöntemi sonunda elde edildiğinden Tafel Polarizasyon yöntemi sonunda metal numunelerin yüzeyinden SEM görüntüleri çekilmiştir. Çekilen SEM görüntüleri ve EDS diyagramları Şekil 3.32-Şekil 3.61

aralığında verilmiştir.



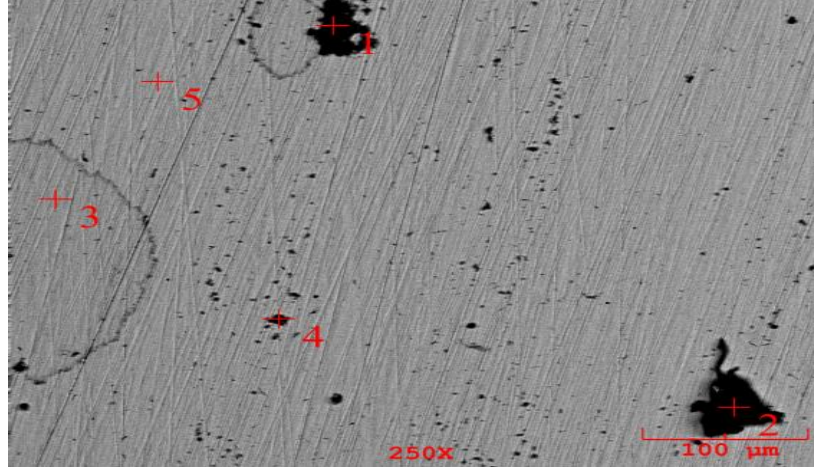
Şekil 3.32. %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü.



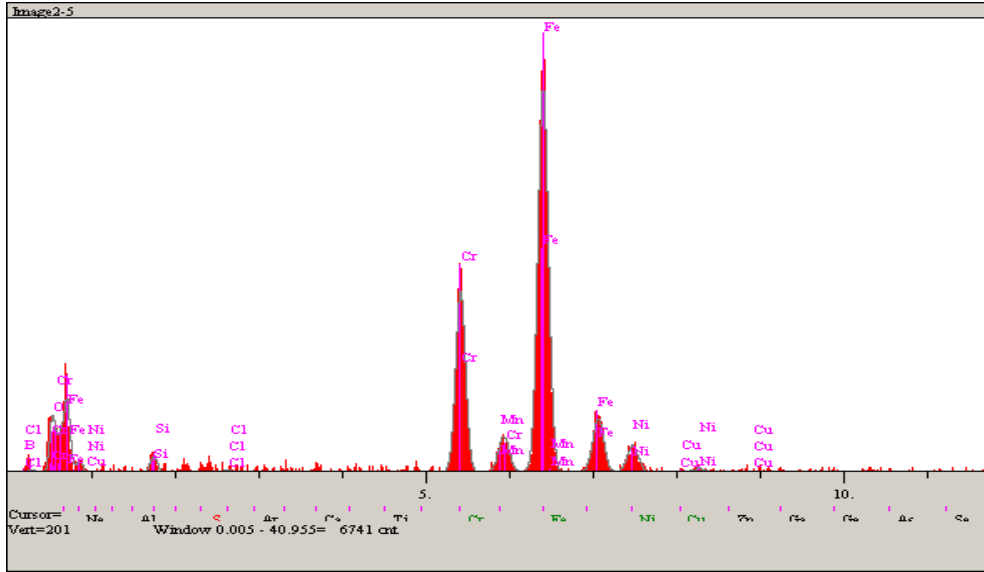
Şekil 3.33. %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS diyagramı.

Çizelge 3.17. %3,5 NaCl çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 304 metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
O	77,77	38,199
Si	5,86	0,957
Cl	143,72	20,622
Cr	31,23	6,611
Mn	2,27	0,593
Fe	102,09	30,486
Ni	6,08	2,532
		100,000



**Şekil 3.34.** %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü.

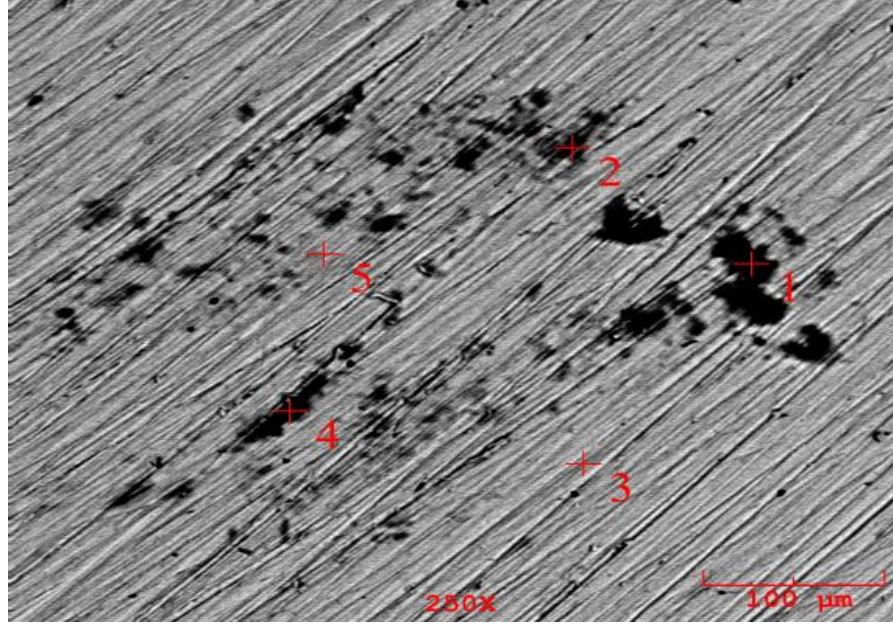


**Şekil 3.35.** %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü EDS diyagramı.

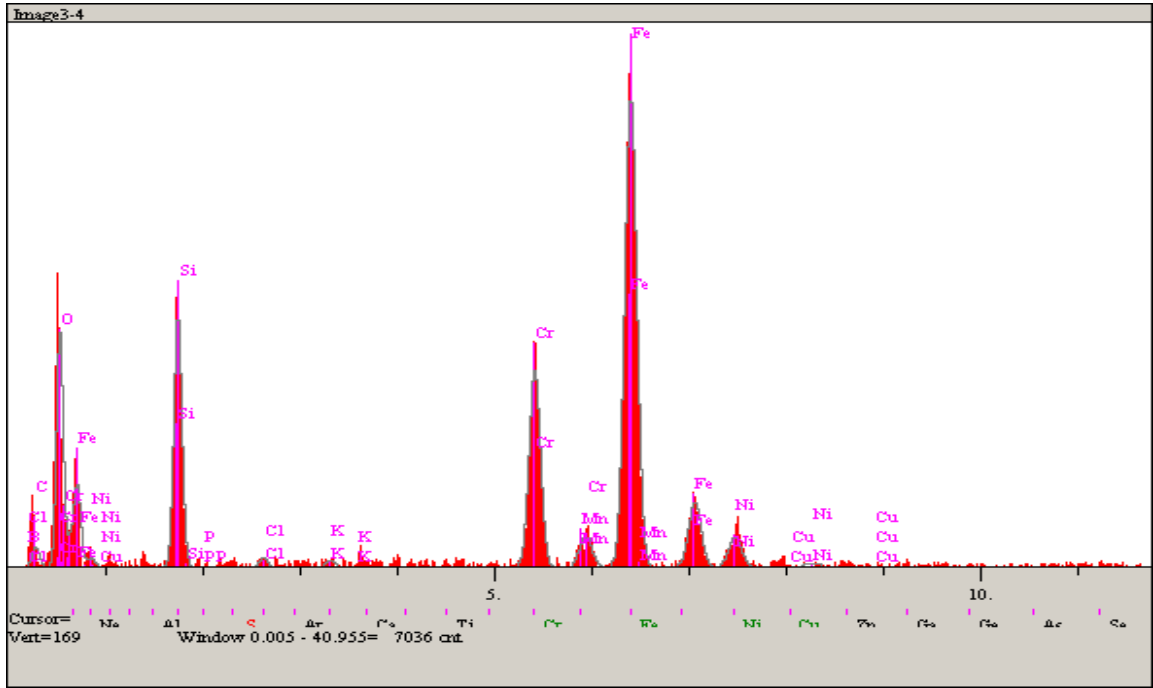
**Çizelge 3.18.** %4 CCB çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 304 metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	0,95	0,842
O	17,60	5,309
Si	7,05	1,188
Cl	1,31	0,169
Cr	117,25	18,120
Mn	8,81	1,814
Fe	267,86	65,597
Ni	19,13	6,827
Cu	0,31	0,134
		100,000





**Şekil3.36.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.



**Şekil 3.37.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.

Şekil 3.37’de %3,5 NaCl + %4 CCB çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS diyagramı görülmektedir. Diyagramda Fe ve O yanı sıra CCB maddesi içerisinde bulunan Cr elementinin de yüksek miktarda pik verdiği görülmektedir.

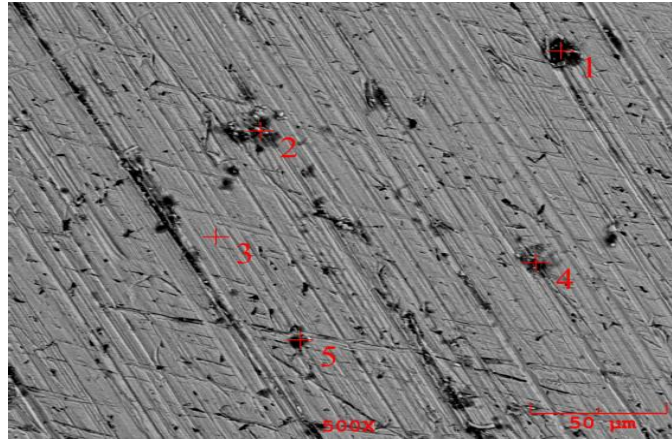


**Çizelge 3.19.** %4 CCB emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

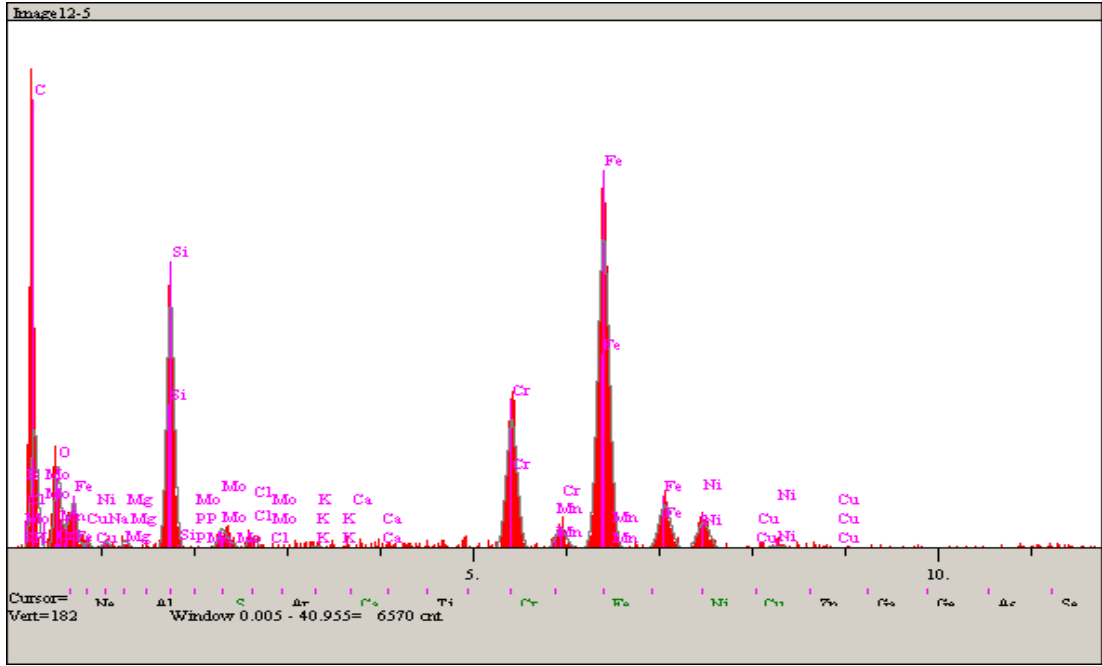
Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	6,01	5,112
O	61,92	18,099
Si	81,57	10,425
Cl	2,99	0,331
K	2,63	0,282
Cr	89,93	12,292
Mn	3,36	0,597
Fe	228,94	47,683
Ni	15,94	4,746
Cu	1,05	0,385
		100,000

Paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl ortamlarındaki SEM ve EDS analizleri incelendiğinde metal yüzeyinde korozyon ürünü olan FeO'in Fe ve O elementlerinin yoğun olduğu görülmektedir. Ayrıca NaCl çözünmesiyle çözeltiliye geçen Cl iyonlarının da metal yüzeyinde yüksek konsantrasyonda bulunduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlardan paslanmaz çelik AISI 304 metalinin %3,5 NaCl ortamında korozyona uğradığı görülmektedir.

%4 CCB ve %3,5 NaCl ortamında %4 CCB içerisine daldırılan paslanmaz çelik AISI 304 metali yüzeyinde Çizelge 3.18'de görüldüğü gibi %17, Çizelge 3.19'da %12 dolayında CCB emprenye maddesi bileşiminde olan krom elementi bulunduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla CCB emprenye maddesinin metal yüzeyinde krom elementinin inhibitör olarak rol oynadığı yani korozyonu yavaşlatıcı rol oynadığı söylenebilir (Zelinka ve diğ. 2007).



**Şekil 3.38.** %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü.

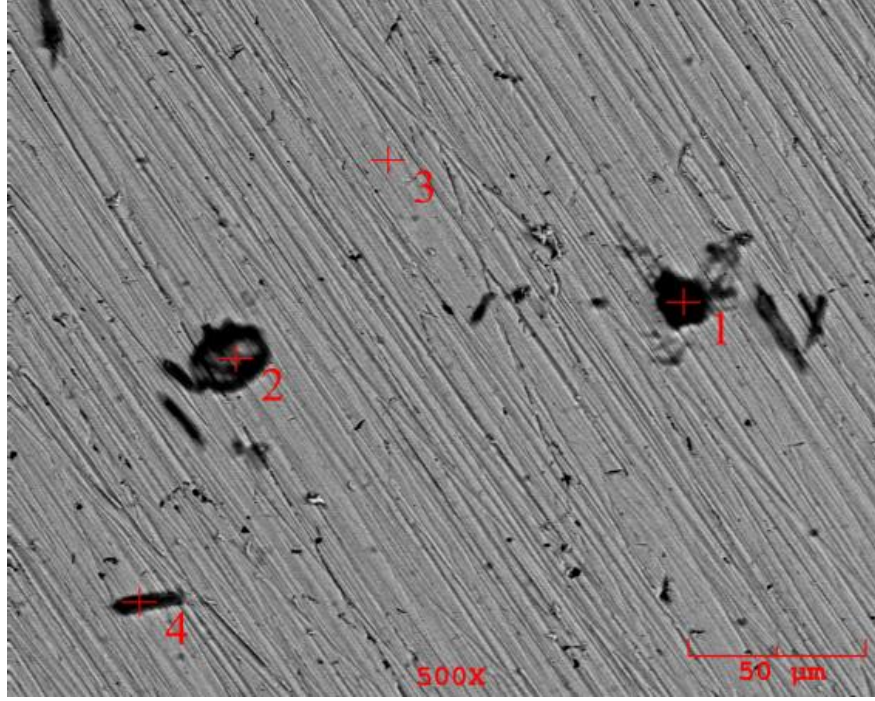


**Şekil 3.39.** %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı.

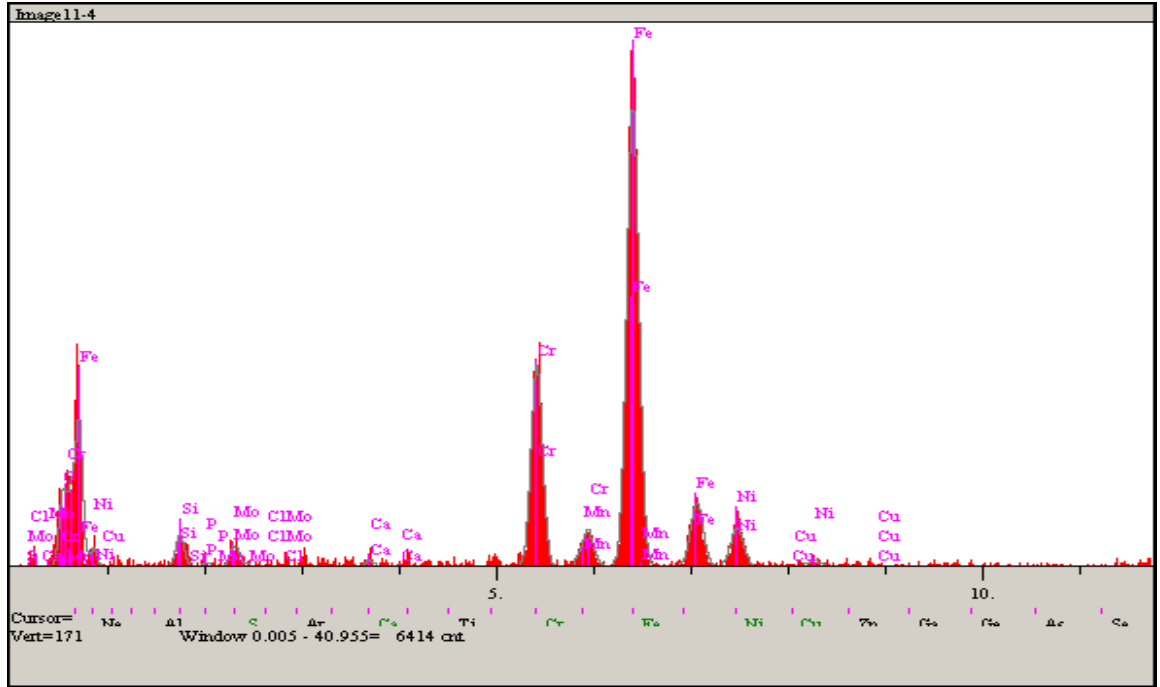
**Çizelge 3.20.** %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	38,03	28,302
O	23,68	10,656
Na	2,24	0,580
Mg	2,46	0,415
Si	88,28	9,925
P	0,00	0,000
S	0,00	0,000
Cl	5,00	0,519
K	1,64	0,170
Ca	0,25	0,026
Cr	64,84	8,872
Mn	1,84	0,321
Fe	167,96	33,928
Ni	15,11	4,305
Cu	1,08	0,382
Mo	7,19	1,597
		100,000

Şekil 3.39’da ve diğer EDS diyagramlarının sol üst köşesinde yer alan numaralardan ikinci numara metal yüzeyinde hangi noktanın EDS analizinin incelendiğini ifade etmektedir.



Şekil 3.40. %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü.

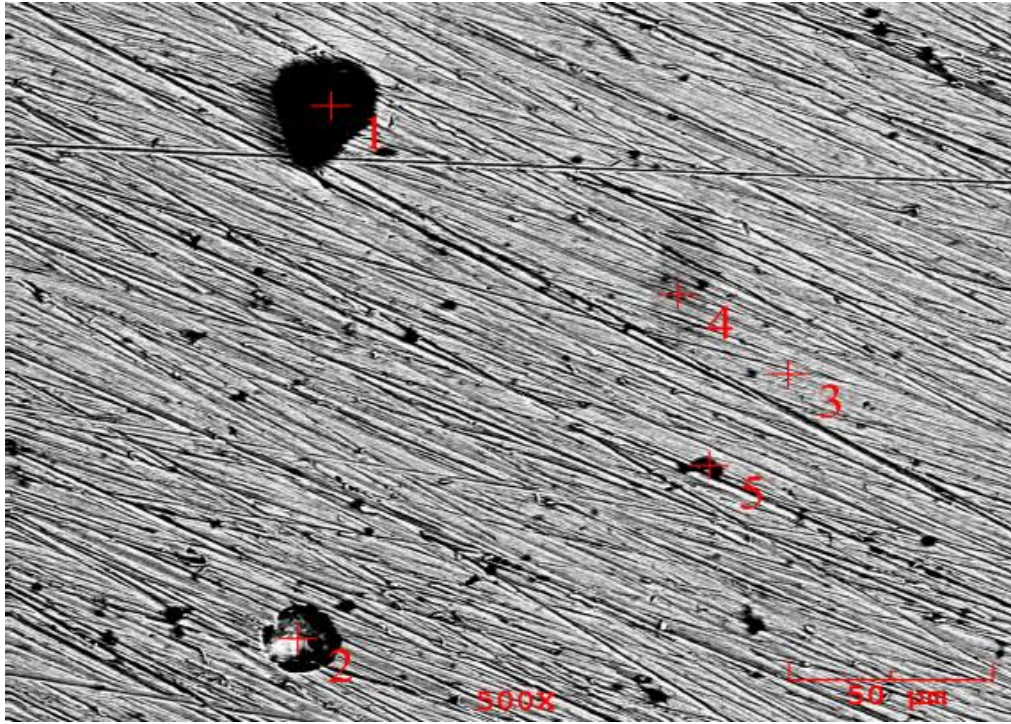


Şekil 3.41. %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı.

%4 CCB empenye maddesi içerisindeki AISI 316L metalinin SEM görüntüsü tuzlu su ortamının SEM görüntüsüne göre daha pürüzsüz bir yüzey olduğu söylenebilir.

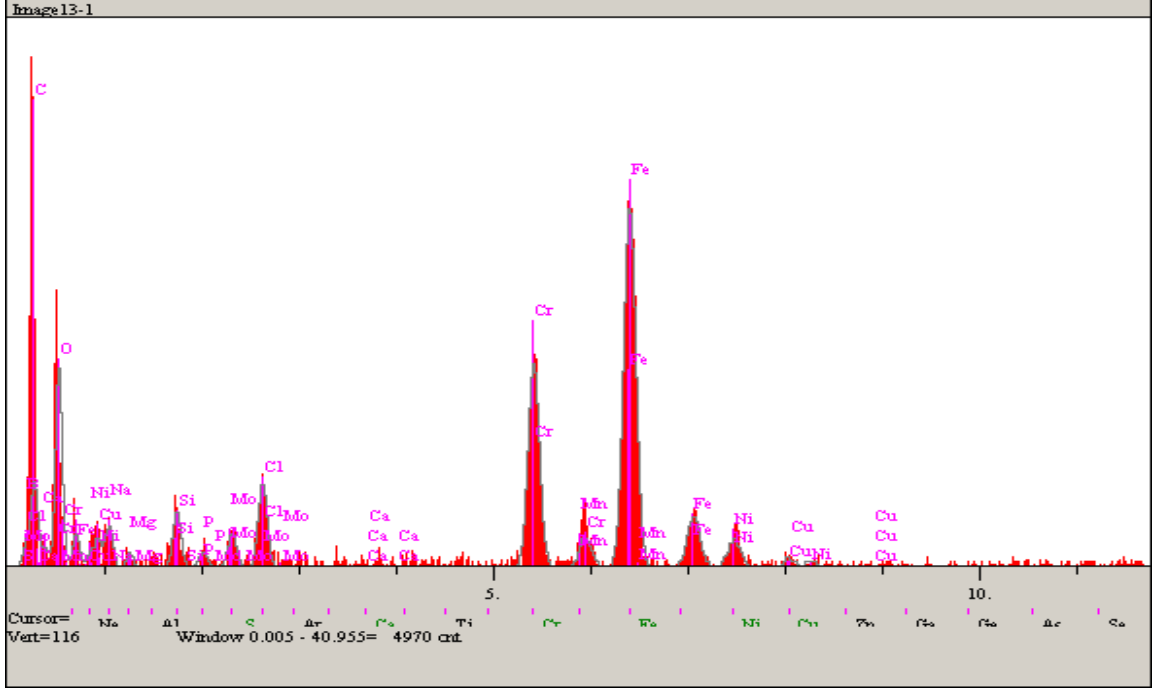
**Çizelge 3.21.** %4 CCB çözeltisi içerisinde daldırılmış paslanmaz çelik AISI 316L metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	0,24	0,269
O	14,09	5,198
Si	10,65	2,044
P	1,02	0,180
S	3,76	0,571
Ca	2,14	0,301
Cr	92,94	16,596
Mn	4,70	1,109
Fe	227,67	63,597
Ni	20,33	8,267
Cu	0,85	0,423
Mo	4,34	1,364
		100,000



**Şekil 3.42.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.

Şekil 3.42’de paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %4 CCB + %3,5 NaCl ortamında çekilen SEM görüntüsü görülmektedir. Şekilde metal yüzeyi, aynı metalin %3,5 NaCl ortamının SEM görüntüsüne nazaran daha pürüzsüz bir yüzey olduğu söylenebilir. CCB empenye maddesinin metal yüzeyinde korozyona neden olmadığı görülmektedir.



**Şekil 3.43.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.

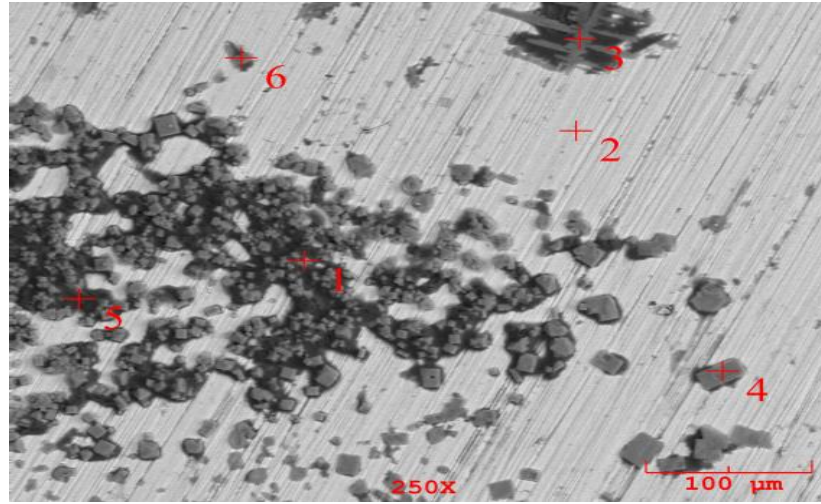
**Çizelge 3.22.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl ortamında paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	16,19	17,645
O	36,12	18,576
Na	8,07	3248
Mg	2,31	0,619
Si	12,54	2,156
P	3,25	0,528
S	7,91	1,145
Cl	20,44	3,012
Ca	0,87	0,128
Cr	62,57	12,405
Mn	1,29	0,322
Fe	119,77	35,053
Ni	9,24	3,807
Cu	2,66	1,357
Mo	0,00	0,000
		100,000

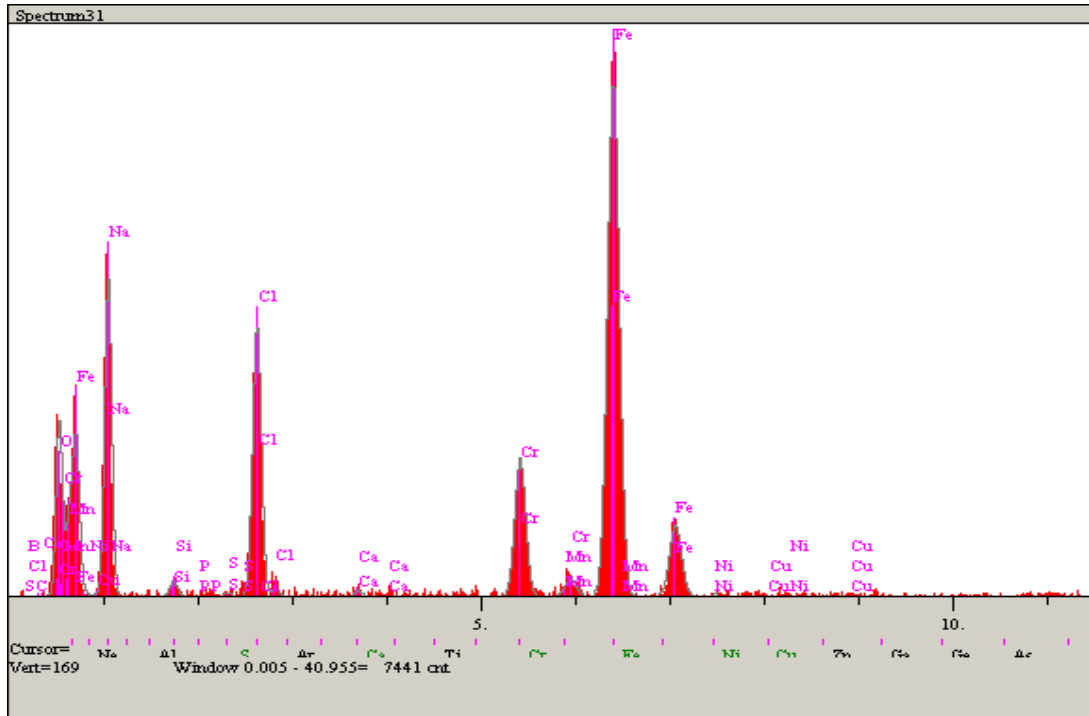
Paslanmaz çelik AISI 316L metalinin %3,5 NaCl ortamlarındaki SEM ve EDS analizleri incelendiğinde metal yüzeyinde korozyon ürünü olan FeO'in Fe ve O elementlerinin yoğun olduğu görülmektedir. %4 CCB ve %3,5 NaCl ortamında %4 CCB içerisine daldırılan paslanmaz çelik AISI 316L metali yüzeyinde Çizelge 3.21'de görüldüğü gibi %16, Çizelge 3.22'de %12 dolayında CCB empenye maddesi bileşiminde olan krom elementi bulunduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla AISI 304 serisinde olduğu gibi AISI 316L serisi de CCB empenye maddesi içerisinde olan krom



tarafından korozyona karşı korunmuştur.



Şekil 3.44. %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü.

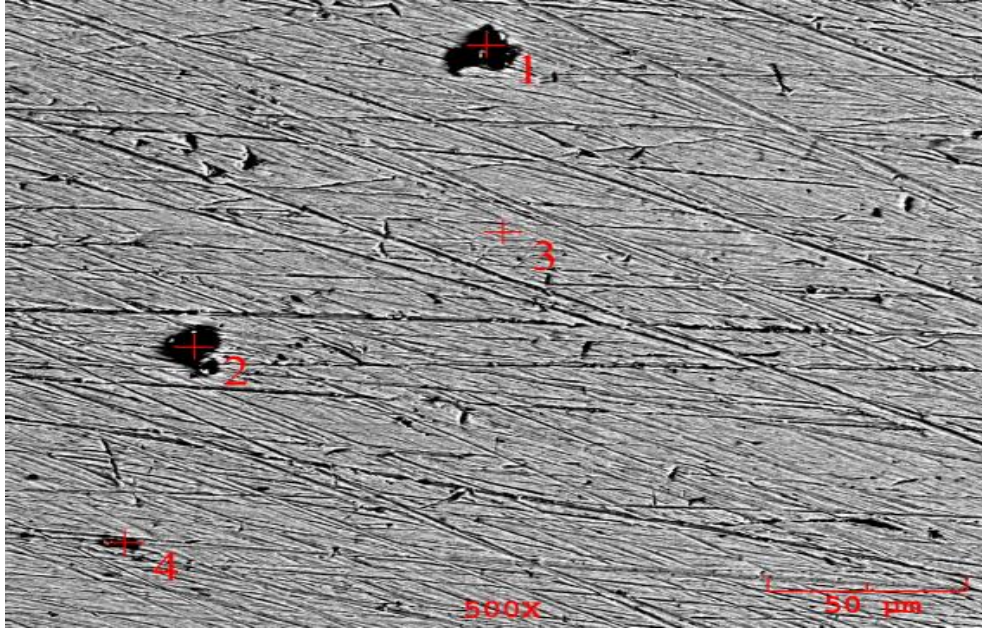


Şekil 3.45. %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS diyagramı.

Şekil 3.45’de %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS diyagramı görülmekte ve pas bileşiminde bulunan Fe ve O elementinin yanı sıra NaCl bileşiminde bulunan Cl elementinin pikleri yüksek oranda görülmektedir.

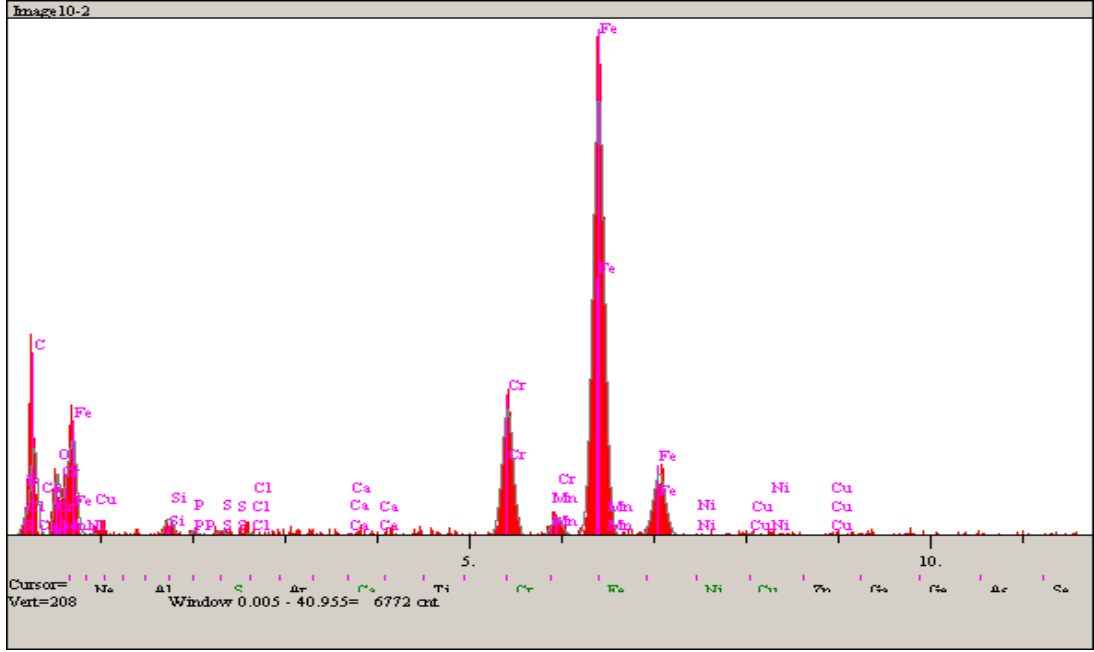
**Çizelge 3.23.** %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	0,00	0,000
O	42,97	12,295
Na	88,41	22,358
Si	5,05	0,640
P	0,49	0,057
S	1,03	0,103
Cl	92,17	9,309
Ca	2,14	0,220
Cr	59,01	7,676
Mn	0,31	0,053
Fe	237,96	46,502
Ni	1,31	0,362
Cu	1,24	0,425
		100,000



**Şekil 3.46.** %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü.

Şekil 3.46'da %4 CCB çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik ASI 420 metalinin SEM görüntüsü görülmektedir. %3,5 NaCl ortamının SEM görüntüsü ile kıyaslandığında daha az korozyona uğramış bir yüzey görüntüsü çıkmıştır.



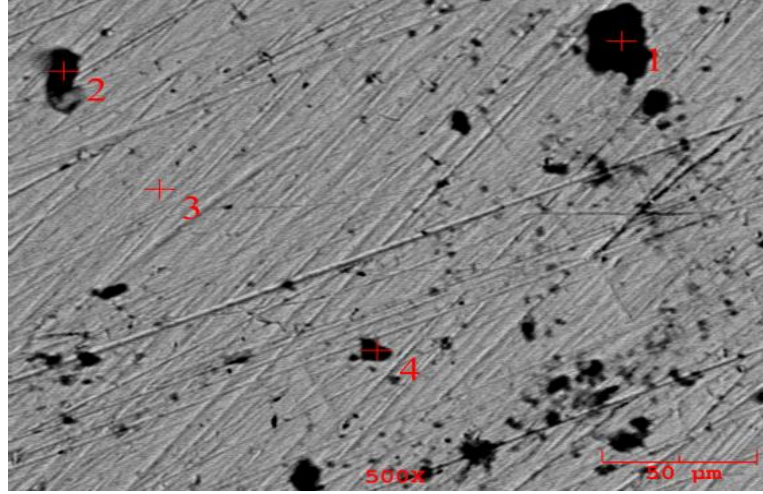
**Şekil 3.47.** %4 CCB empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 EDS diyagramı.

**Çizelge 3.24.** %4 CCB çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 420 metalinin Tafel polarizasyon sonrası EDS analizi.

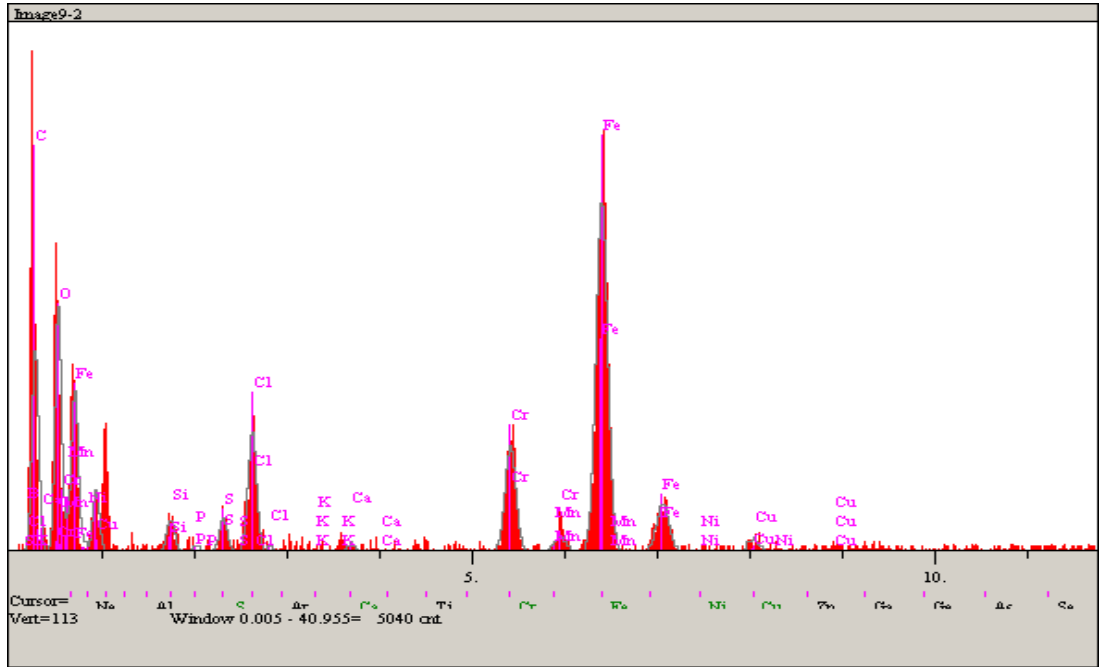
Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	32,26	20,976
O	19,18	7,224
Si	6,79	0,908
P	1,91	0,236
S	2,25	0,245
Cl	1,40	0,152
Ca	0,50	0,053
Cr	74,65	9,603
Mn	1,13	0,204
Fe	277,39	59,675
Ni	0,45	0,141
Cu	1,52	0,582
		100,000

Şekil 3.47’de paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %4 CCB empenye maddesi içerisindeki korozyonunun EDS diyagramı görülmektedir. Diyagramda CCB empenye maddesi bileşiminde bulunan Cr (krom) elementine rastlanmıştır. Çizelge 3.24’de ise paslanmaz çelik AISI 420 metalinin %4 CCB empenye maddesi ortamındaki korozyonunun EDS analiz sonuçları görülmektedir.





**Şekil 3.48.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.



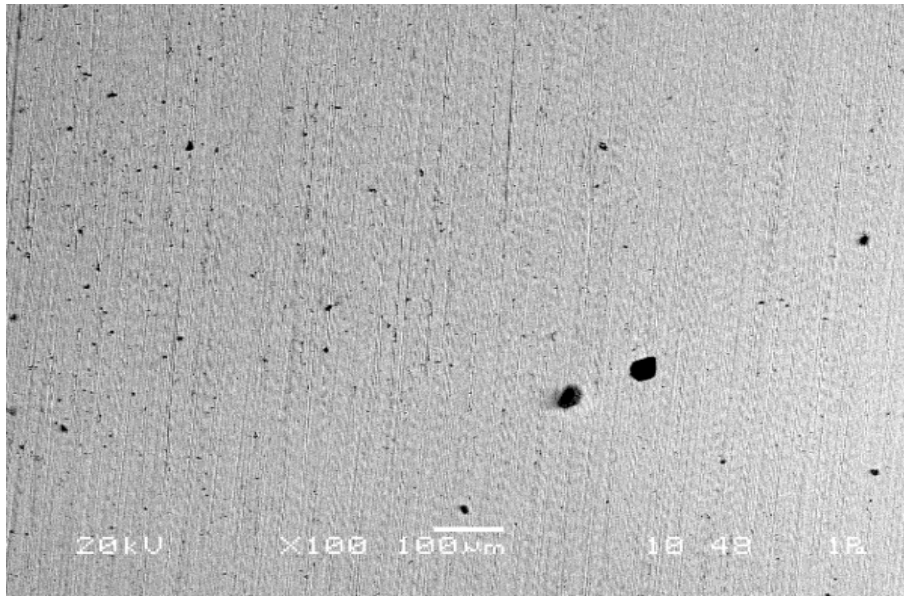
**Şekil 3.49.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.

Paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüleri ve EDS analizleri incelendiğinde %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde metal yüzeyinde Na, Cl, Fe ve O elementlerinin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu görülmektedir. Buradan hareketle paslanmaz çelik AISI 420 metalinin yüzeyinde tuzlu suyun etkisiyle paslanmanın olduğu görülmektedir.

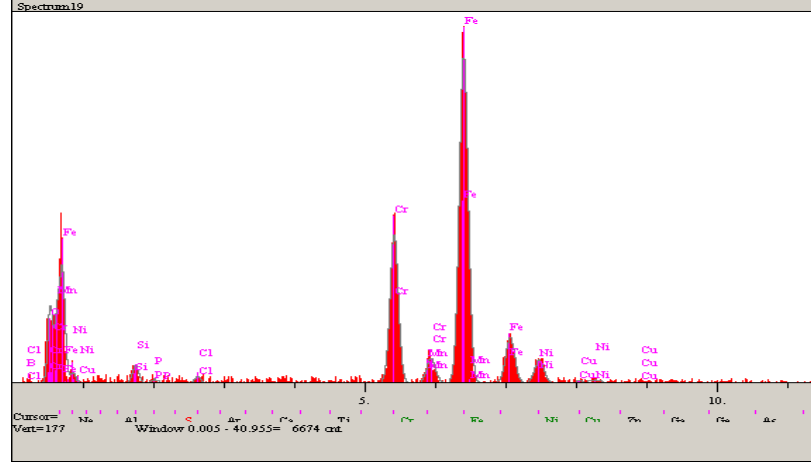
**Çizelge 3.25.** %4 CCB empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	40,06	31,058
O	45,25	25,366
Si	6,91	0,951
P	0,97	0,127
S	7,61	0,904
Cl	29,52	3,632
K	0,74	0,095
Ca	1,92	0,246
Cr	32,51	5,521
Mn	0,21	0,047
Fe	117,09	29,993
Ni	0,84	0,302
Cu	3,93	1,757
		100,000

CCB ve CCB'nin tuzlu ortamındaki SEM görüntüleri ve EDS analizleri incelendiğinde CCB çözeltisi içerisindeki AISI 420 numunesinin yüzeyinde krom elementinin, CCB empenye maddesinin %3,5 NaCl ortamındaki metalin yüzeyinde ise Fe ve O elementlerinin konsantrasyonunun yüksek çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla paslanmaz çelik AISI 420 metalinin CCB'nin tuzlu su çözeltilerinde en fazla korozyona uğrayan metal olduğu söylenebilir.



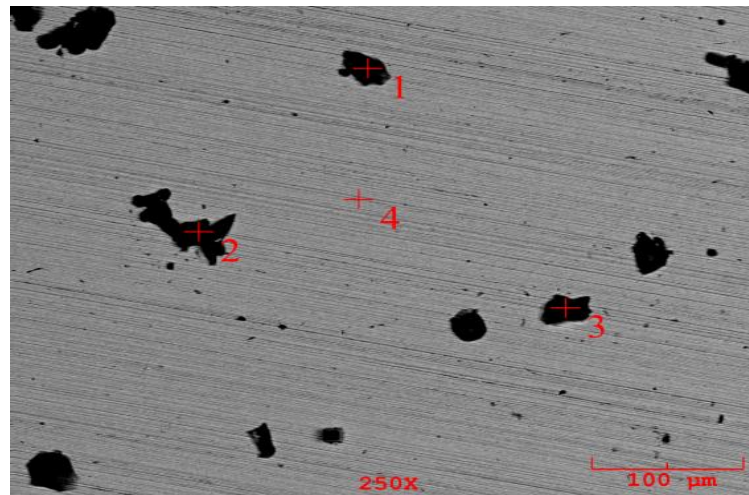
**Şekil 3.50.** %2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin SEM görüntüsü.



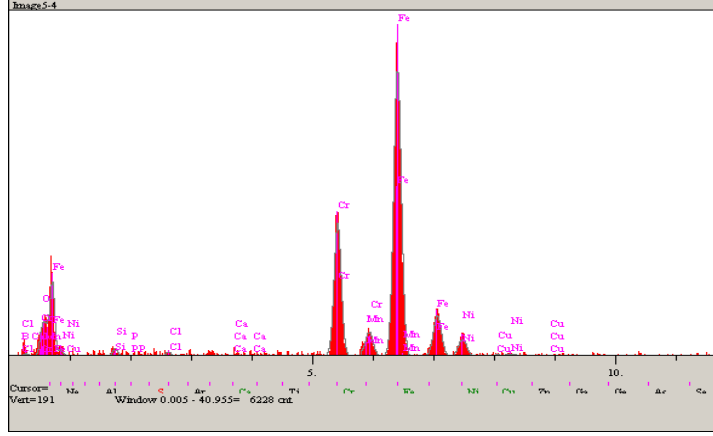
**Şekil 3.51.** %2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS diyagramı.

**Çizelge 3.26.** %2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	0,28	0,266
O	27,17	8,599
Si	9,17	1,621
P	1,63	0,263
Cl	2,98	0,409
Cr	103,80	16,954
Mn	3,67	0,800
Fe	245,71	63,599
Ni	17,89	6,735
Cu	1,63	0,753
		100,000



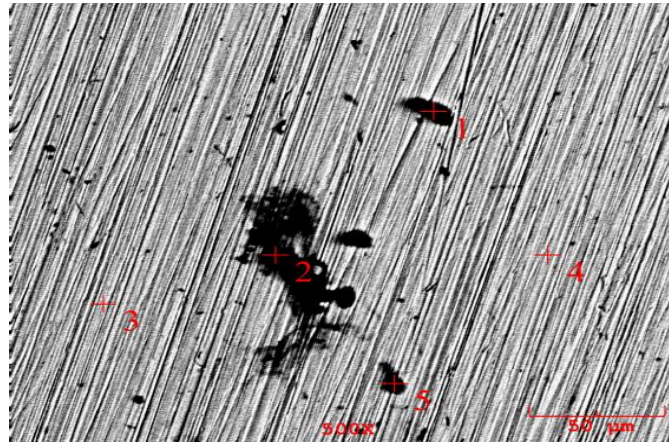
**Şekil 3.52.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.



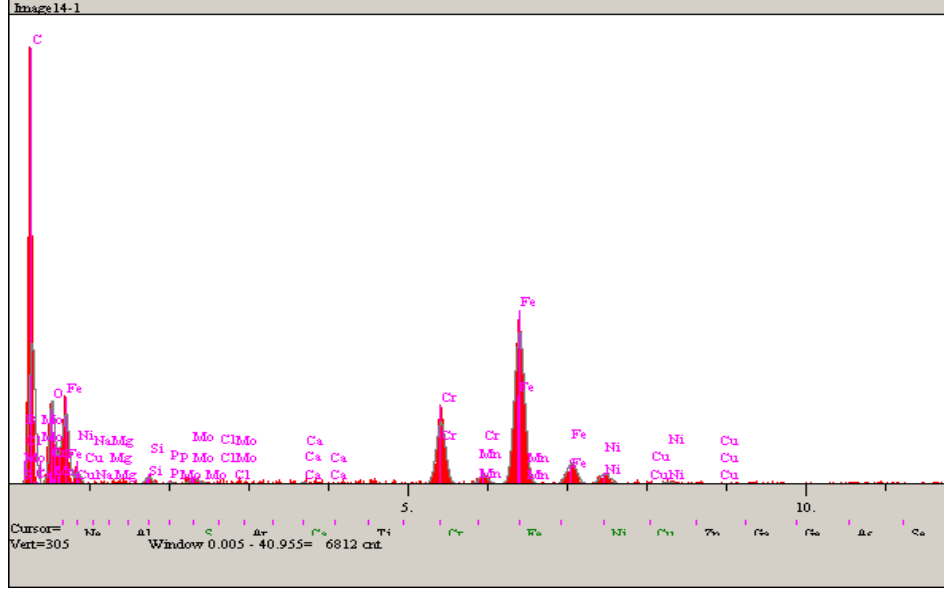
**Şekil 3.53.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.

**Çizelge 3.27.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 304 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	1,36	1,364
O	7,82	2,706
Si	4,04	0,766
P	0,36	0,062
Cl	2,45	0,355
Ca	0,70	0,094
Cr	107,21	18,404
Mn	6,09	1,398
Fe	248,97	68,165
Ni	14,89	5,950
Cu	1,51	0,736
		100,000



**Şekil 3.54.** %2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin SEM görüntüsü.

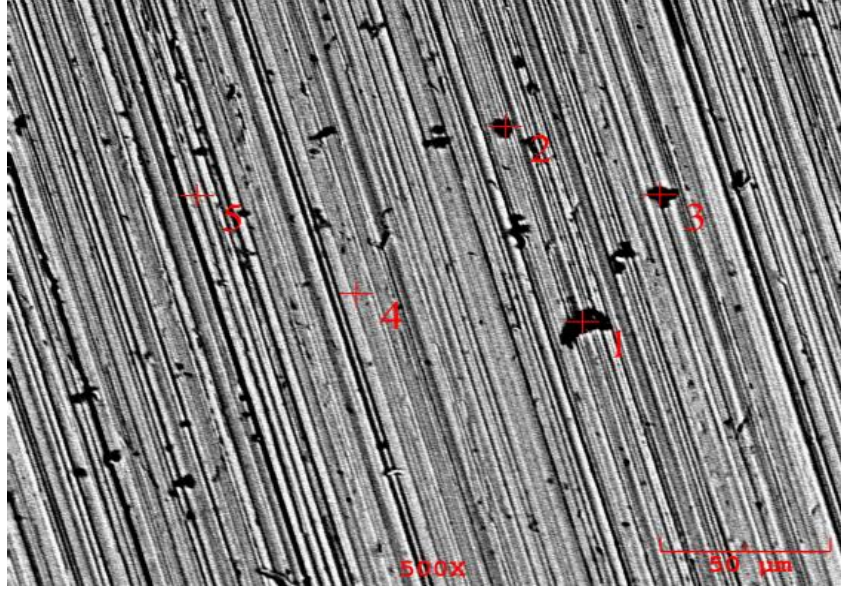


**Şekil 3.55.** %2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS diyagramı.

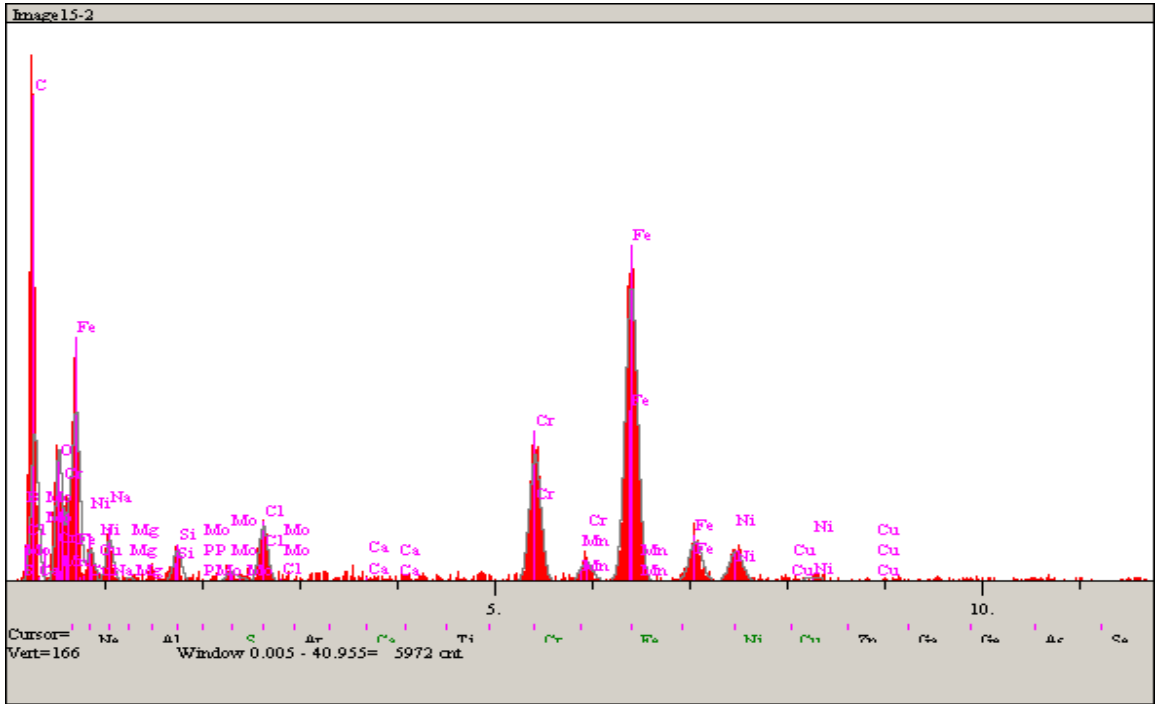
**Çizelge 3.28.** %2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	85,24	37,261
O	45,01	19,827
Na	0,47	0,115
Mg	0,23	0,036
Si	4,84	0,510
P	0,88	0,088
S	0,00	0,000
Cl	0,18	0,017
Ca	1,31	0,124
Cr	59,09	7,469
Mn	0,06	0,009
Fe	156,76	30,165
Ni	11,16	3,026
Cu	1,17	0,394
Mo	4,95	0,960
		100,000

Çizelge 3.28’de görüldüğü gibi %2 BA çözeltisi içerisindeki paslanmaz çelik AISI 316L metali yüzeyinde EDS analizi sonucu korozyon ürünü olan %30 Fe ve %19 dolayında O elementlerine rastlanmıştır.



Şekil 3.56. %2 BA empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.

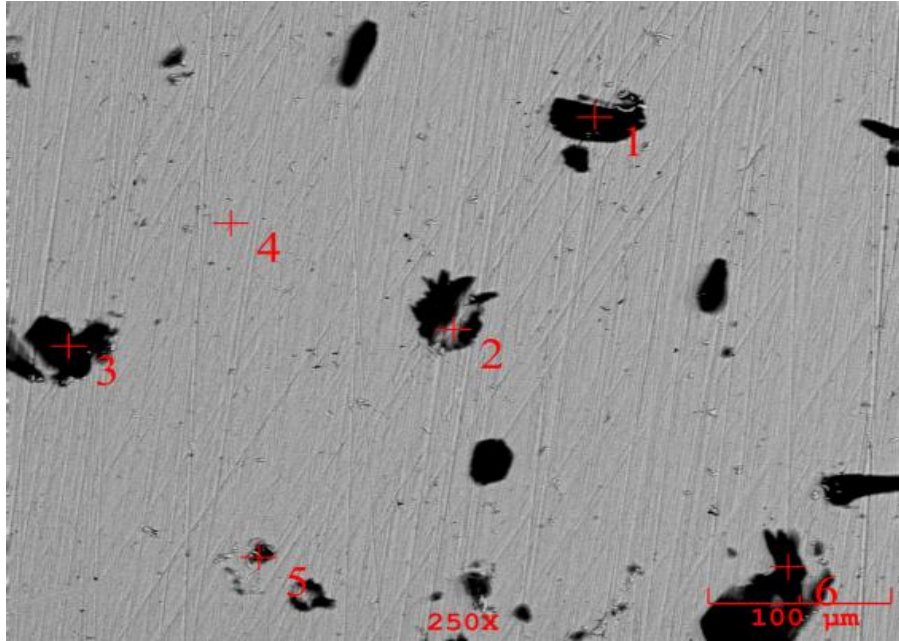


Şekil 3.57. %2 BA empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.



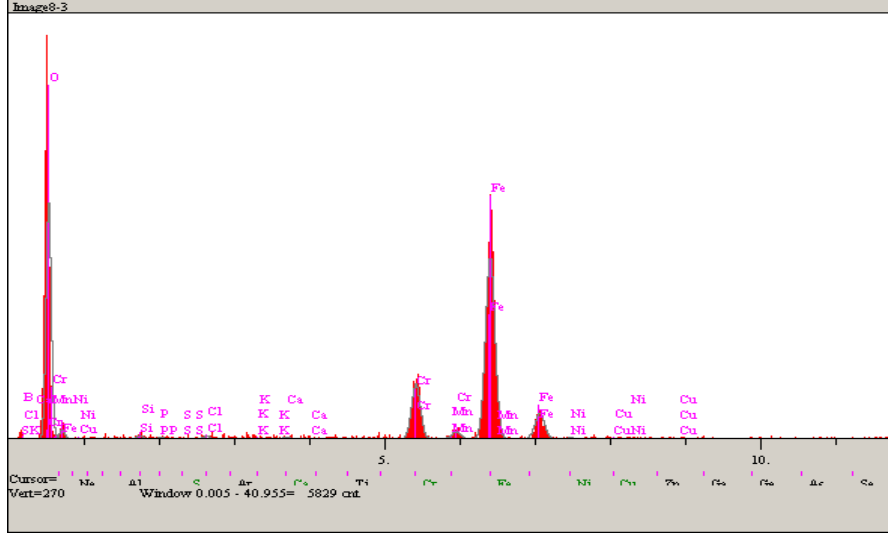
**Çizelge 3.29.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 316L metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	40,93	29,265
O	32,71	16,072
Na	12,25	3,745
Mg	1,04	0,214
Si	9,70	1,294
Cl	18,81	2,157
Ca	0,56	0,066
Cr	54,66	8,517
Mn	1,93	0,384
Fe	137,48	31,879
Ni	15,55	5,098
Cu	1,23	0,502
Mo	3,39	0,809
		100,000



**Şekil 3.58.** %2 BA emprenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin SEM görüntüsü.

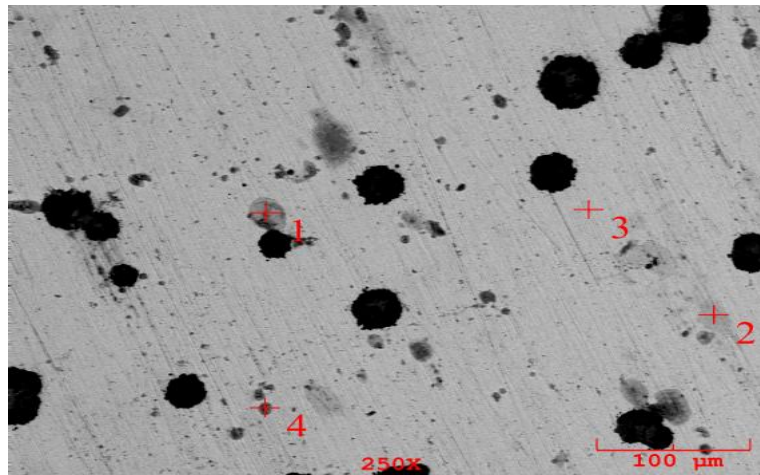
Şekil 3.59'da %2 borik asit çözeltisi içerisine daldırılmış paslanmaz çelik AISI 420 numunesi yüzeyinde yoğun bir şekilde korozyon ürünleri görülmektedir.



Şekil 3.59. %2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS diyagramı.

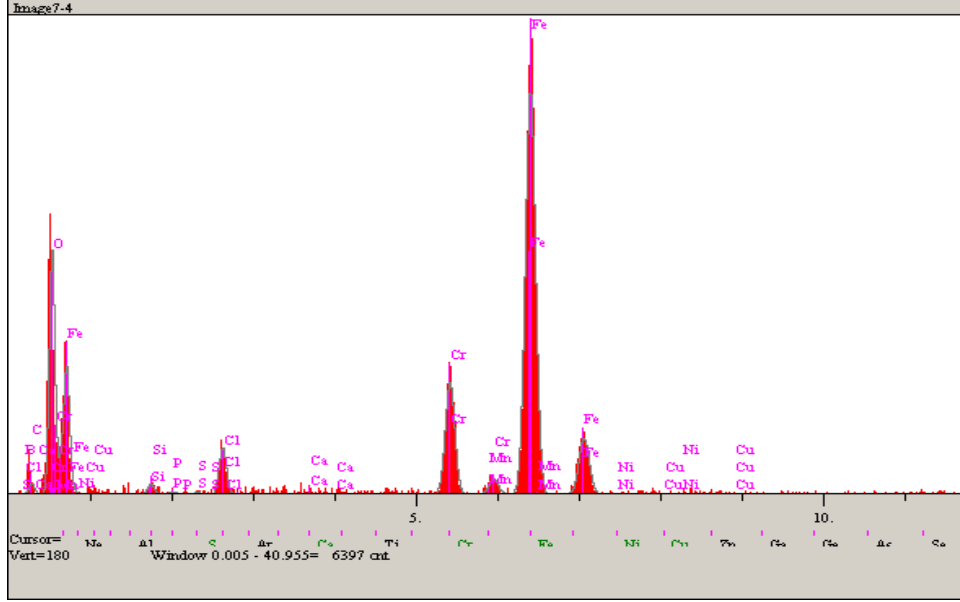
Çizelge 3.30. %2 BA empenye çözeltisi içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
O	129,07	37,615
Si	2,37	0,418
Cl	2,27	0,325
Ca	1,90	0,265
Cr	50,84	8,871
Fe	181,23	51,250
Ni	1,44	0,585
Cu	0,90	0,450
		100,000



Şekil 3.60. %2 BA empenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair SEM görüntüsü.





**Şekil 3.61.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS diyagramı.

**Çizelge 3.31.** %2 BA emprenye çözeltisinin %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çelik AISI 420 metalinin korozyonuna dair EDS analiz sonuçları.

Element	Yoğunluk (c/s)	Konsantrasyon (%)
C	3,92	3,422
O	78,25	24,148
Si	4,27	0,669
P	1,04	0,150
Cl	19,89	2,509
Cr	61,34	9,270
Mn	0,71	0,149
Fe	237,93	58,803
Ni	0,68	0,243
Cu	1,11	0,489
		100,000

Paslanmaz çeliklerin borik asit ve borik asidin tuzlu su çözeltilerindeki SEM ve EDS analizleri incelendiğinde en fazla korozyonun paslanmaz çelik AISI 420 metalinin yüzeyinde olduğu dolayısıyla paslanmaz çelik AISI 420 metalinin BA çözeltilerinde dayanıksız olduğu görülmektedir.

## 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Paslanmaz çeliklerin tuzlu su ortamında dayanımları EIS yöntemi ile belirlenmesi sonucu AISI 304 metalinin  $R_{ct}$  değeri 1232 ohm, AISI 316L metalinin 6211 ohm ve AISI 420 metalinin ise 875 ohm olarak ölçülmüştür. Tafel yönteminde ise paslanmaz çeliklerin  $I_{corr}$  değerleri AISI 304 için 3,81  $\mu A$  AISI 316L için 3, 20  $\mu A$  ve AISI 420 için 3,93  $\mu A$  olarak ölçülmüştür. Yani korozyon hızı en yüksek olan AISI 420 en yavaş olan AISI 316L metalidir. Tuzlu su ortamında en dayanıklı metal paslanmaz çelik AISI 316L iken en dayanıksız metal paslanmaz çelik AISI 420 olduğu görülmektedir.

2. CCB emprenye maddesi EIS yöntemi sonuçlarına göre her üç metal türünde de konsantrasyon artışına paralel olarak metalin korozyona karşı direncini ( $R_{ct}$ ) arttırmıştır. Dolayısıyla CCB, gerek %2 ve %4 CCB emprenye maddesi çözeltilerinde gerekse bu konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltilerin %3,5 NaCl ortamında inhibitör olarak davranmış ve metalleri korozyona karşı korumuştur.

3. CCB emprenye maddesi Tafel polarizasyon yöntemine göre de paslanmaz çelik AISI 304, paslanmaz çelik AISI 316L ve paslanmaz çelik AISI 420 metaline inhibitör etkisi göstererek korozyon hızını azaltmıştır. Bu sonuçlar EIS sonuçlarıyla paraleldir.

4. CCB emprenye maddesinin iyi bir odun koruma maddesi olmasının yanı sıra, metalleri de korozyona karşı koruduğu ilk kez bu tez çalışması ile gösterilmiştir.

5. Borik asit emprenye maddesi EIS yöntemine göre paslanmaz çelik AISI 304, 316L ve 420 sınıfı metallerine korozif etki yaparak metallerin direnç ( $R_{ct}$ ) değerlerinde azalmalara neden olmuştur. En fazla korozif etkiyi %3,5 NaCl ortamında AISI 420 metaline en az korozif etkiyi ise AISI 316L metaline göstermiştir.

6. Tafel polarizasyon yöntemi sonuçlarına göre paslanmaz çelik AISI 304, 316L ve 420 metallerinin korozyon hızları BA emprenye maddesinin konsantrasyon artışına paralel

olarak artmıştır. Ayrıca BA'nın tuzlu su ortamında en fazla korozif etki gösterdiği saptanmıştır. Tafel polarizasyon yöntemine göre borik asidin %3,5 NaCl ortamında en fazla korozif etkiyi paslanmaz çelik AISI 420 metaline yaptığı görülmektedir. Bu sonuçlar EIS yöntemi ile de uygunluk göstermiştir.

7. İyi bir odun koruma maddesi olarak kullanımı giderek artan borik asidin tuzlu su ortamlarında paslanmaz çelik AISI 304, 316L ve 420 sınıfları ile kullanımının uygun olmayacağı bu çalışma ile ortaya çıkmıştır.

8. Bu sonuçlara göre CCB ve BA odun koruma maddesini kullanan bir empenye tesisinde metal aksamların CCB empenye maddesi ile korozyona uğramadığı, borik asit ile korozyona uğradığının göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Altunbaş E., Polirodaninin bakır üzerine elektrokimyasal sentezi ve korozyon davranışlarının belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, (2008).
- Atar M., Bakır K., Türkiye’de emprenye edilmiş ağaç malzemenin dış ticareti, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (17) (2010) 1-9.
- Baker A.J., Degradation of wood by products of metal corrosion, Pub *Forest Products Laboratory*, Madison, USA, (1974).
- Bozkurt A.Y., Göker Y., Erdin N., Emprenye Tekniği, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, İ.Ü. 425, (1993) 429.
- Cogger N.D., Evans N.J., *An introduction to electrochemical impedance measurement technique report*, No: 6, Solartron Instrument, (1999).
- Cox C., Boric acid and borates, *Journal of Pesticide Reform*, 24 (2), (2004).
- Erbil M., Alternatif akım (AC) empedans yöntemiyle korozyon hızı belirlenmesi, *Doğa Türk Kimya Dergisi*, 11 (3) (1987) 100-111.
- Erten P., Ağaç tel direk ve çit kazıklarının pratik yöntemlerle emprenye edilme olanakları, *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Muhtelif Yayınlar Serisi No:36, Ankara, (1980).
- Feng Z., Cheng X., Dong C., Xu L., Li X., Passivity of 316L stainless steel in borate buffer solution studied by mott–schottky analysis, atomic absorption spectrometry and X-ray photoelectron spectroscopy, *Corrosion Science*, 52, (2010) 3646–3653.
- Gerengi H., Özgan E., Akçay Ç., Arslan İ., Asfalt betonu içerisine konulan düşük karbon çeliğinin %3,5 NaCl ortamındaki korozyonunun incelenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3, (2012a) 5-11.
- Gerengi H., Kocak Y., Jazdzewska A., Kurtay M., Durgun H., Electrochemical investigations on the corrosion behaviour of reinforcing steel in diatomite- and

zeolite-containing concrete exposed to sulphuric acid, *Construction and Building Materials*, 49 (2013) 471–477.

Gerengi H., Akçay Ç., Güler C., Şahin H.İ., Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, (2012b) 155-161.

Gerengi H., Tafel polarizasyon (TP), lineer polarizasyon (LP), harmonik analiz (HA) ve dinamik elektrokimyasal spektrometresi (DEIS) yöntemleriyle düşük karbon çeliği (AISI 1026), pirinç MM55 ve nikelium 118 alaşımlarının yapay deniz suyunda korozyon davranışları ve pirinç alaşımlarına benzotriazol'ün inhibitör etkisinin araştırılması, *Doktora Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, (2008).

Gezer E.D., Yüksek T., Yıldız Ü.C., CCA (Bakır, Krom, Arsenik) elementlerinin toprakta hareketleri, *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*: 3-4, (2004) 102-112.

Hafizoğlu H., Ağaç malzeme Emprenye Tekniği Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, (1986).

Hamdy A.S., Shenawy E. El, Bitar T. El., Electrochemical impedance spectroscopy study of the corrosion behavior of some niobium bearing stainless steels in 3,5% NaCl, *International Journal of Electrochemical Science*, (2006) 171-180.

Hemel, Imersol Aqua; Su Bazlı Çevre Dostu Ahşap Emprenye Maddesi, <http://www.hemel.com.tr>. (E.T: 16.02.2012).

Ibach R.E., Wood Handbook, Wood as An Engineering Material, Wood Preservation- Chapter 14, United State Department of Agricultural, Forest Service, Forest Product Laboratory, General Technical Report FPL- GTR-190, USDA, Madison, USA, (2010).

Joseph F.B., Corrosion preventions for practice engineering, Barnesv & Noble Inc., New York, USA, (2002) 202.

Kara A.M., Amonyaklı bakır quat (ACQ) ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus silvestris* L.) odununun karakterizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, (2003).

- Kartal S.N., Engür M.O., Köse C., Emprenye maddeleri ve emprenye edilmiş ağaç malzeme ile ilgili çevre problemleri, *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 56 (1) (2006) 17-23.
- Kartal S.N., Unamura Y., Borlu bileşiklerin emprenye maddesi olarak ağaç malzeme ve kompozitlerde kullanılması, *Ü. Uluslararası Bor Sempozyumu (23-25 Eylül)*, Eskişehir, (2004) 334.
- Kenneth R.T., Corrosion for science engineering, ISBN 978-0582238695 Longman pup, (1998) 125-225.
- Leçe H.D., Bazı makro yapıları aromatik schiff bazlarının asidik ortamdaki çelik korozyonuna inhibitör etkisinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi, (2008).
- Lin L.D., Chen Y.F., Wang S.Y., Tsai M.J., Leachability, metal corrosion, and termite resistance of wood treated with copper-based preservative, *International Biodeterioration & Biodegradation* 63, (2009) 533–538.
- Nan D., Wang S.X., Qing Z., Shao Z.S., Effects of boric acid on microstructure and corrosion resistance of boric/sulfuric acid anodic film on 7050 aluminum alloy, *Trans. Nonferrous Met. Soc.* 22 (2012) 1655-1660.
- Nicholas D.D., Wood deterioration and its prevention by preservative treatments, volume II, preservatives and preservative systems, *Syracuase University Press.*, New York, (1973).
- Okçu O., Emprenye edilmiş lamine ağaç malzemenin yapışma ve yanma özellikleri, *Yüksek Lisans Tezi*, ZKÜ, (2006).
- Örs Y., Keskin H., Ağaç Malzeme Bilgisi, *KOSGEB yayınları*, Ankara, (2001) 141 – 150.
- Örs Y., Atar M., Keskin H., Yavuzcan H.G., Impacts of impregnation with imersol-aqua on the modulus of elasticity in bending, *Journal of Applied Polymer Science*, 99, (2006) 3210–3217.
- Perçin O., Özbay G., Ordu M., Farklı Tutkallarla lamine edilmiş ahşap malzemelerin mekaniksel özelliklerinin incelenmesi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2009).

- Rammer D.R., Zelinka S.L., Line P., Fastener corrosion: testing, research and design considerations, *9th World Conference on timber engineering*; Oregon State University, 6-10 August, (2006) .
- Selamat S., Said Z., Ahmad F., Effectiveness of copper-chrome-boron as wood preservative, *Journal of Tropical Forest Science*, 6 (2) (1992) 98-115.
- Singh D.K., Abood F., Hamid H.A., Boric acid toxicity trials on the wood borer *heterobostrychus aequalis waterhouse (coleoptera: bostrychidae)*, *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6 (1) (2011) 84-91.
- Sivrikaya H., Saraçbaşı A., Bor madeninin ahşap koruma endüstrisinde değerlendirilmesi, *II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir, Türkiye, (2004) 365-373.
- Slepski P., Gerengi H., Jazdzewska A., Orlikowski J., Darowicki K., Simultaneous impedance and volumetric studies and additionally potentiodynamic polarization measurements of molasses as a carbon steel corrosion inhibitor in 1M hydrochloric acid solution, *Construction and Building Materials*, 52 (2014) 482–487.
- Stern M., Geary A.L., A theoretical analysis of the shape of polarization curves, *Electrochemical Society*, 104 (1957) 56-63.
- TÜİK 2007. İthalat – İhracat İstatistik Kayıtları, *T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)*.
- Tümsek M., Emprenye maddeleri ile ilgili standart test metodları ve türkiye’de emprenye maddeleri üretimi, *Yüksek Lisans Tezi*, KTÜ, (1987).
- URL 1: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Borik\\_asit](http://tr.wikipedia.org/wiki/Borik_asit) (Erişim Tarihi 24.12.2013)
- Üneri S., *Korozyonun Temel İlkeleri*, SAGEM, (1998) 462.
- Winandy J.E., Morrell J.J., Relationship between incipient decay, strength, and chemical composition of douglas-fir heartwood, *Wood Fiber Science*, 25 (1993) 278-288.
- Yazıcı H., Açık hava koşullarının odun dayanımına etkisi, *ZKÜ, Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 7, (2005) 8.

- Zelinka S.L., Candelaria L.O., Stone D.S., Rammer D.R., Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) as a tool for measuring corrosion of polymer-coated fasteners used in treated wood, *Forest Product Journal*, 59 (1) (2009).
- Zelinka S.L., Rammer D.R., Corrosion rates of fasteners in treated wood exposed to 100% relative humidity, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 758, (2009) 0899-1561.
- Zelinka S.L., Rammer D.R., Stone D.S., Gilbertson J.T., Direct current testing to measure corrosiveness of wood preservatives, *Corrosion Science*, 49, (2007) 1673–1680.
- Zelinka S.L., Sichel R.J., Stone D.N., Exposure testing of fasteners in preservative treated wood: gravimetric corrosion rates and corrosion product analyses, *Corrosion Science*, 52 (2010) 3943–3948.
- Zelinka S.L., Stone D.N., Corrosion of metals in wood: comparing the results of a rapid test method with long-term exposure tests across six wood treatments, *Corrosion Science*, 53 (2011) 1708–1714.
- Zelinka S.L., Rammer D.R., The use of electrochemical impedance spectroscopy (EIS) to measure the corrosion of metals in contact with wood, *TMS Letters* 2 (1) (2005) 15-16.



## ÖZGEÇMİŞ

### ***Kişisel Bilgiler***

Soyadı, adı : AKÇAY, Çağlar  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 19.06.1986 / Çıldır  
Telefon : 0 (380) 5421137  
Faks : 0 (380) 5421138  
E-posta : caglar.akcay@hotmail.com

### ***Eğitim***

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Lisans	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	2009
Lise	Gebze Lisesi	2004

### ***İş Deneyimi***

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2011-Halen	Düzce Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### ***Yabancı Dil***

İngilizce

### ***Yayınlar***

1. Antifungal properties of some plant extracts used as wood preservatives, Cihat Taşcıoğlu, Mesut Yalçın, Selim Sen, **Çağlar Akçay**, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85, (2013) 23-28.
2. Bazı Yerli Ağaç Türü Diri Odunlarının *Coptotermes formosanus* Termitine Karşı Doğal Dayanıklılığı, Cihat Taşcıoğlu, Mesut Yalçın, Mürşit Tufan, **Çağlar Akçay**, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (2) (2012) 201–209.
3. Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi, Hüsnu Gerengi, **Çağlar Akçay**, Cengiz Güler, Halil İbrahim Şahin, *SDU Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (2012) 155-161.
4. Asfalt betonu içerisine konulan düşük karbon çeliğinin %3,5 NaCl ortamındaki korozyonun incelenmesi, Hüsnu Gerengi, Ercan Özgan, **Çağlar Akçay**, İlhan Arsan, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1) (2012) 5-11.
5. Emprenyeli Ağaç Malzemedden Üretilen Odun Plastik Kompozitlerin Bazı Özellikleri, Cihat Taşcıoğlu, Mürşit Tufan, Mesut Yalçın, **Çağlar Akçay**, İlyas Uygur, *1st International Symposium on Plastic and Rubber Technologies and Exhibition*, (2013).