

# KLORÜRLÜ ORTAMLARDA NİKOTİNAMİDİN PİRİNCİN KOROZYONUNA KARŞI İNHİBİTÖR ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE INHIBITORY EFFECT OF NICOTINAMIDE ON CORROSION OF BRASS IN CHLORINATED MEDIA

**Dr. Öğr. Üyesi Gülден ASAN** 

Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 19030, Çorum

**Prof. Dr. Abdurrahman ASAN** 

Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 19030, Çorum

*Geliş Tarihi / Received: 10.08.2020*  
*Kabul Tarihi / Accepted: 30.08.2020*

*Araştırma Makalesi/Research Article*  
*DOI: 10.38065/euroasiaorg.233*

## ÖZET

Bu çalışmada nikotinamid bileşiğinin 0,2 M NaCl çözeltisinde pirincin korozyonuna karşı inhibitör etkisi araştırılmıştır. Ayrıca inhibitör derişiminin ve bekleme süresinin etkisi incelenmiştir. Pirincin bu ortamdaki elektrokimyasal davranışını belirlemek amacıyla Dönüşümlü Voltametri Tekniği kullanılmıştır. Korozyon hızının belirlenmesinde elektrokimyasal bir yöntem olan Tafel Polarizasyon yöntemi uygulanmıştır. Çalışmalar sonucunda nikotinamid bileşiğinin klorürlü ortamlarda pirinç için iyi bir korozyon inhibitörü olduğu ve anodik inhibitör olarak bir davranış gösterdiği anlaşılmıştır. En iyi inhibitör etkinliğinin 120 dakika bekleme süresi ile 500 ppm inhibitör derişimi ile sağlandığı belirlenmiştir.

## Anahtar Kelimeler

Korozyon, pirinç, sodyum klorür, nikotinamid, İnhibitör

## ABSTRACT

In this study, the inhibition effect of nicotinamide compound has been investigated on the corrosion of brass in 0.2 M NaCl solution. The effect of inhibitor concentration and holding time were examined. Cyclic Voltammetry Technique is used to determine the electrochemical behavior of brass in this environment. Tafel Polarization method, which is an electrochemical method, is used to determine the corrosion rate. As a result of the studies, it has been understood that nicotinamide compound is a good corrosion inhibitor for brass in chlorinated environments and shows behavior as an anodic inhibitor. It is determined that the best inhibition activity was achieved with a concentration of 500 ppm with 120-minute holding time.

## Keywords

Corrosion, brass, sodium chloride, nicotinamide, inhibitor

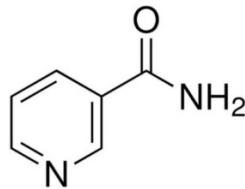
## 1. GİRİŞ

Metaller ve alaşımlar, mükemmel mekanik özellikleri nedeniyle endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, metaller ve alaşımları en kararlı halleri olan oksitlerine geri dönme yani korozyona uğrama eğilimindedir. Bakır ve alaşımları, mükemmel elektriksel ve ısıl iletkenlikleri nedeniyle endüstride ısıtma ve soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Arthur, 2013). Metallerin oksitlenmesini engellemek için metal içine katkı maddeleri ekleme veya ortamın değiştirilmesi gibi yöntemler uygulanmaktadır. Ancak, korozyon inhibitörlerinin kullanımı metal yüzeylerin korozyona uğramasını önlemede en ekonomik ve pratik yöntemlerden biridir. Yapısında azot, kükürt, fosfor veya oksijen atomları içeren halkalı yapıdaki organik bileşikler bu amaç için yaygın olarak kullanılmaktadır (Bokati & Albini 2018). Bu tür bileşiklerin koruma mekanizması mükemmel ligand yeteneklerine ve kararlı metal kompleksinin oluşumuna dayanır (Quraishi &

Qiang, 2017). Pirincin klorür içeren sulu çözeltiler ve atmosferik ortamda korozyona karşı dayanıksız olması nedeniyle endüstriyel alanda kullanımını sınırlamaktadır (Tasic & Asan, 2018)

Organik inhibitörler metal yüzeyinde kimyasal adsorpsiyon ile ince bir film tabakası oluşturarak anodik, katodik reaksiyonun veya her ikisini yavaşlatması ile korozyon hızını önemli miktarda azaltırlar. İmidazolinler, amidler, aminler ve tuzları gibi çok sayıda azot bazlı halkalı yapıdaki organik bileşik ve amido asitler, değişik korozif ortamlarda korozyon inhibitörü olarak başarıyla kullanılmıştır (Branzoi & Katava, 2017). Organik veya inorganik bir molekül ile metal bir yüzey arasındaki adsorptif etkileşimin, fonksiyonel gruplar, sterik faktörler gibi bazı fizikokimyasal özellikler ile aromatiklik ve moleküllerin elektronik yapılarına bağlı olduğu bilinmektedir (Wang & Bilgili). Yapısında ortaklanmamış elektron çifti bulunduran bir organik bileşik ile metal arasında kısmi bir yük transferi sağlanır ve bir kovalent bağı oluşturarak metal yüzeyinde adsorplanır. Adsorpsiyon ile metal yüzeyi ile korozif ortam arasında bir bariyer oluşur ve bu bariyer metalin elektron vermesini engelleyerek metali korozyondan korur (Amar, 2007).

Bu çalışma, Şekil 1'de yapı formülü verilen ve yapısında azot ve oksijen gibi heteroatomlar bulunduran halkalı yapıdaki nikotinamid bileşiğinin, ilk kez 0,2 M NaCl çözeltisinde pirincin korozyonuna inhibitör etkisi, derişimin etkisi ve etki süresini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Moleküler yapısında piridin halkası, -NH<sub>2</sub> fonksiyonel grubu bulundurması ve suda çok iyi çözünme kapasitesine sahip olması nedeniyle iyi bir inhibitör olma özelliğine sahiptir.



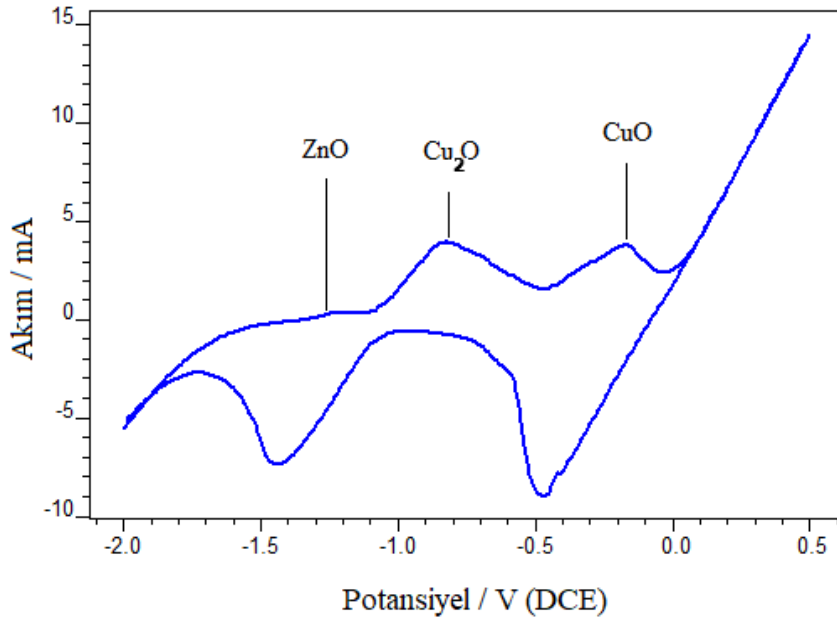
Şekil 1. Nikotinamidin yapı formülü

## 2. DENEYSEL METOT

Dönüşümlü Voltametri tekniği ve Tafel polarizasyon yöntemi, üç elektrotlu korozyon hücresinde yapılmıştır. Polarizasyon eğrileri bilgisayar kontrollü IviumStat cihazı ile yapıldı. Karşı elektrot olarak 1 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip platin levha ve referans elektrot olarak da doygun kalomel elektrot kullanıldı. Referans elektrot kapiler luginin içine yerleştirildi ve çözelti direncini en aza indirmek amacıyla çalışma elektrotuna luggin kapiler ucun çapı mesafesine kadar yaklaştırıldı. Çalışma elektrotu 1 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip olacak şekilde polyester reçineye gömülerek hazırlanmıştır. Her deneyden önce çalışma elektrotun yüzeyi su altında sırasıyla 400, 2000 ve 4000 numara zımpara kâğıdı ve gümüş pasta ile parlatıldı. Yağ ve kirlerden arındırmak için damıtılmış saf su ve etil alkolden geçirildi.

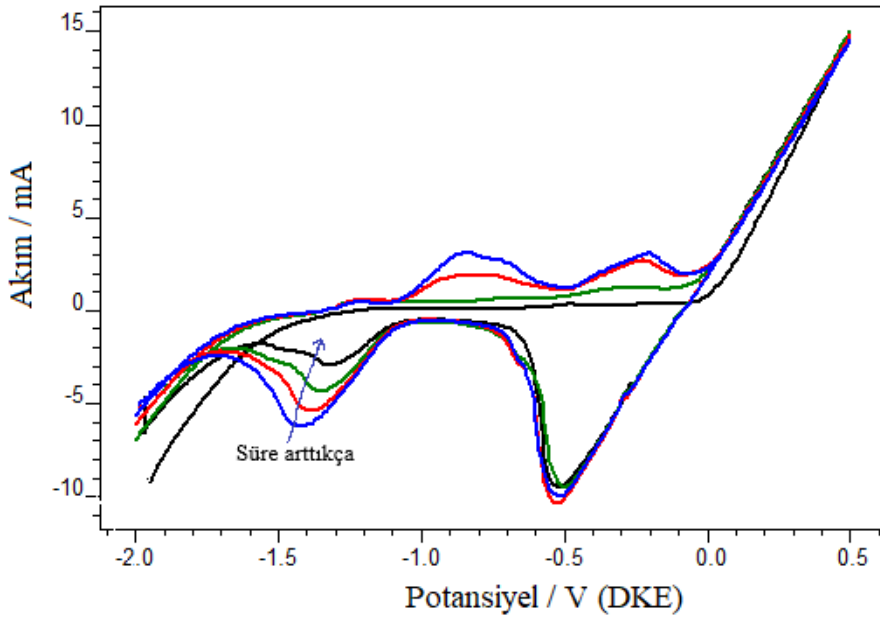
## 3. BULGU VE TARTIŞMALAR

Şekil 2'de pirincin anodik polarizasyonunda belirgin olarak iki pik görülmektedir. Bunlar, Cu<sub>2</sub>O ve CuO oluşum pikleridir. Ayrıca yaklaşık -1,2 V'da da tam belirgin olmayan ZnO ve Zn(OH) oluşum piki görülmektedir. Metal yüzeyi üzerinde oluşan bu oksitlerle elde edilen pasiflik, 0,0 V da bakırın yükseltgenmesi ile bozulmaktadır. Katodik polarizasyonda ise -0,5 V'da Cu<sup>2+</sup> ve Cu<sup>1+</sup>'nin indirgenme piki, -1,4 V'da Zn<sup>2+</sup>'nin indirgenme piki görülmektedir.



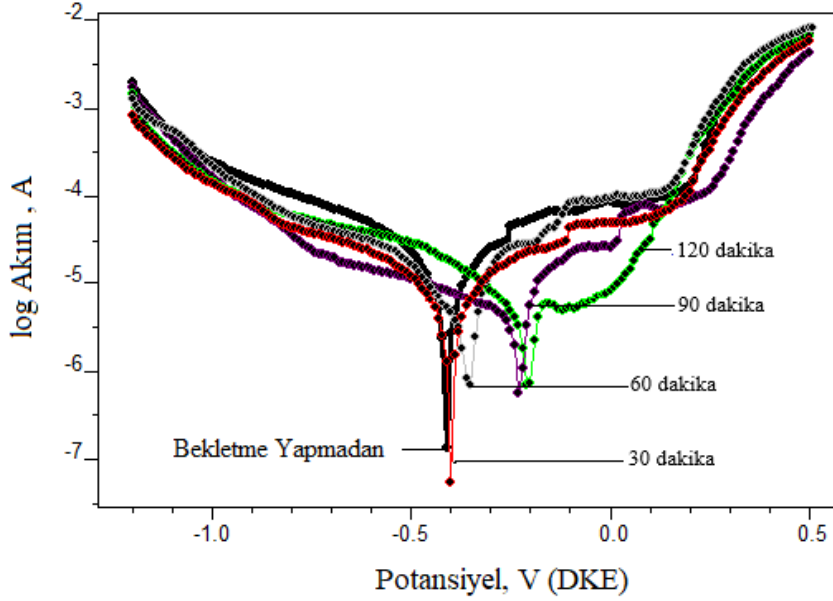
Şekil 2. Pirincin 0,2 M NaCl çözeltisinde elektrokimyasal davranışı

Pirincin 500 ppm inhibitör içeren 0,2 M NaCl çözeltisinde 30, 60, 90 ve 120 dakika bekletildikten sonra elde edilen dönüşümlü voltammogram eğrisi Şekil 3'te verilmektedir. Pirincin, inhibitör içeren çözeltide bekletme süresi arttıkça anodik ve katodik piklerde gittikçe küçülme görülmektedir. Bu durum inhibitör ile pirinç arasında adsorpsiyonun yavaş olduğunu ve zamanla daha iyi adsorpsiyon yaptığını göstermektedir. 30 ve 60 dakika bekletme sürelerinde tüm piklerde küçülme meydana gelirken, 90 dakikada ZnO ve Cu<sub>2</sub>O piki, 120 dakikada ise tüm yükseltgenme (ZnO, Cu<sub>2</sub>O ve CuO) piklerin kaybolduğu görülmektedir. Nikotinamidin inhibitör etkinliği bekleme süresi ile arttı ve en iyi etkinlik için 120 dakikanın yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Bekleme süresinin artışı ile piklerin küçülmesi, kaybolması ve anodik akımda meydana gelen akım azalmasından inhibitörün metal yüzeyi üzerinde iyi tutunduğu ve kararlı bir film tabakası oluşturduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Pirincin 0,2 M NaCl çözeltisinde elektrokimyasal davranışı

Bekletme süresi ile nikotin amidin inhibitör etkinliği arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla ayrıca Tafel polarizasyon eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4). Polarizasyon eğrilerinde, bekletme süresinin artması ile korozyon potansiyelinde pozitif yönde artış görülmektedir. 30 ve 60 dakika bekletme süreleri için küçük bir artış kaydedilirken, 90 ve 120 dakika bekletme için belirgin oranda yükseliş görülmektedir.



**Şekil 4.** 0,2 M NaCl çözeltisinde farklı bekletme sürelerinde pirinç için elde edilen Tafel Polarizasyon eğrileri

Tafel polarizasyon yöntemi ile belirlenen korozyon hızları bekleme süresi ile azalma göstermiştir. 30, 60, 90 ve 120 dakikalar için korozyon hızları sırasıyla 0,131, 0,110, 0,620 ve 0,056 mm/yıl olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, dönüşümlü voltamagramlardan elde edilen sonuçları desteklemektedir. Farklı bekletme süreleri için Tafel Polarizasyon yöntemi ile elde edilen sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Bekletme süresinin inhibitör verimliliğine etkisi

Süre, dakika	$E_{cor}$ , V	$R_p$ , ohm	Korozyon Hızı, mm/yıl
0	-0,396	4125	0,145
30	-0,378	4219	0,131
60	-0,351	4309	0,110
90	-0,227	4525	0,059
120	-0,204	4563	0,056

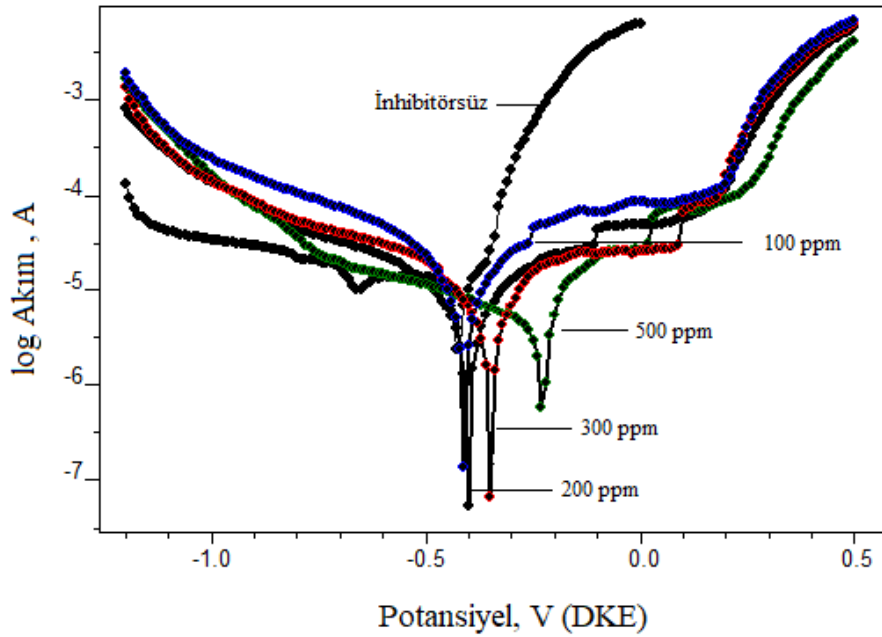
İnhibitör derişiminin, pirincin korozyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla 0,2 M NaCl ortamında ve bu ortama sırasıyla 100, 200, 300 ve 500 ppm inhibitör katılarak elde edilen Tafel polarizasyon eğrileri toplu olarak Şekil 5’te verilmiştir. Çözeltide inhibitör derişiminin artırılması ile korozyon potansiyelin ( $E_{cor}$ ) daha pozitif değerlere kaydığı açıkça görülmektedir. Tafel polarizasyonundan elde edilen katodik dalda katodik akımda az miktarda artış, anodik dallarında ise anodik akımın belirgin bir şekilde azalma gözlenmektedir. Anodik dal ve katodik dal eğimlerinin kesiştirilmesi ile

elde edilen korozyon akımları inhibitör derişiminin artması ile azalmıştır. Nikotinamid derişimin artması ile korozyon potansiyelindeki artış ve korozyon akımındaki azalma, nikotinamidin anodik inhibitör olarak davrandığını göstermektedir.

Yüzde inhibitör etkinliği, inhibitörsüz ve inhibitörlü koşullarda Tafel polarizasyon yöntemi ile belirlenen korozyon hızları yardımıyla aşağıdaki bağıntı kullanılarak elde edilmiştir.

$$\% \text{ İnhibitör Etkinliği} = \frac{i_0 - i_{inh}}{i_0} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

Bu bağıntıda  $i_0$  ve  $i_{inh}$  sırası ile inhibitörsüz ve inhibitörlü koşullarda belirlenen korozyon hızlarıdır.



**Şekil 5.** 0,2 M NaCl çözeltisinde farklı inhibitör derişimlerinde pirinç için elde edilen Tafel Polarizasyon eğrileri

Tafel polarizasyon yöntemi ile elde edilen korozyon parametreleri, Korozyon potansiyeli, polarizasyon dirençleri, korozyon hızları ve inhibitör etkinlikleri Tablo 2’de özetlenmiştir. Tablo 2’de çözelti içinde inhibitör derişiminin artması ile korozyon potansiyelinde pozitif değerde artış olduğu görülmektedir. Derişim artışı ile polarizasyon direncinde artış olurken, korozyon hızında azalma olmuştur. Eşitlik 1’e göre yapılan hesaplamada inhibitör etkinliği 100, 200, 300 ve 500 ppm için sırasıyla % 46,0, % 60,2, %74,2 ve %82,6 olarak belirlenmiştir. En pozitif korozyon potansiyeli ( $E_{cor} = -0,247$  V), en yüksek polarizasyon direnci ( $R_p = 4563$  ohm) ve en düşük korozyon hızı ( $KH = 0,056$  mm/yıl) 500 ppm inhibitör derişiminde elde edilmiştir. En iyi inhibitör etkinliği % 82,6 ile 500 ppm derişim ile sağlanmıştır.

**Tablo 2.** Pirincin korozyonuna inhibitör derişiminin etkisi

	E cor, V	Rp, ohm	Korozyon Hızı, mm/yıl	% Etkinlik
<b>İnhibitörsüz</b>	-0,425	3728	0,322	-
<b>100</b>	-0,408	4309	0,174	46,0
<b>200</b>	-0,401	4425	0,128	60,2
<b>300</b>	-0,365	4512	0,083	74,2
<b>500</b>	-0,204	4563	0,056	82,6

#### 4. SONUÇLAR

Sonuç olarak nikotinamid bileşiği 0,2 M NaCl ortamında pirincin korozyonu için iyi bir inhibitör olduğu anlaşılmaktadır. Nikotinamid anodik inhibitör davranışı göstererek koruma sağlamaktadır. Nikotinamid metal yüzeyinde adsorpsiyon yaparak bu korumayı sağlamaktadır. İnhibitör derişimi artmasıyla inhibitörün koruma etkisi artmaktadır. Etkinlik; 100, 200, 300 ve 500 ppm derişimlerde sırasıyla %46,0, %60,2, %74,2 ve %82,6 olarak bulunmuştur. İnhibitör etkinliği süreye bağlı olup süre artışıyla artmaktadır. Korozyon hızı, 30, 60, 90 ve 120 dakika bekletme süresi için sırasıyla; 0,131, 0,110, 0,620 ve 0,056 mm/yıl olarak ölçülmüştür. En iyi inhibitör etkinliği 120 dakika bekleme süresi ile 500 ppm inhibitör derişimi ile sağlanmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Albini M., Letardi P., Mathys L., Brambilla L., Schröter J., Junier P., et al., (2018). “Comparison of a bio-based corrosion inhibitor versus benzotriazole on corroded copper surfaces”, *Corros Sci.*, 143,84-92.
- Amar H., Tounsi A., Makayssi A., Derja A., Benzakour J., (2007) “Outzourhit A. Corrosion inhibition of Armco iron by 2-mercaptobenzimidazole in sodium chloride 3% media”, *Corros Sci.*, 49(7), 2936-45.
- Arthur D.E., Jonathan A., Ameh P.O., Anya C. (2013). “A review on the assessment of polymeric materials used as corrosion inhibitor of metals and alloys”, *Int J Ind Chem.*, 4(1), 2.
- Asan A., Kabasakaloglu M., Işıklan M., Kılıç Z., (2005). “Corrosion inhibition of brass in presence of terdentate ligands in chloride solution”, *Corros Sci.*, 47(6),1534-44.
- Bilgili E.Z, Salamci E., Asan A., Unal R., Valov R., (2016). “Investigation of corrosion behaviour of porous powder metallurgy parts electrochemically coated with diamond nano particles modified chromium”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, , 31(3),580-589.
- Bokati K.S, Dehghanian C, Yari S., (2017). “Corrosion inhibition of copper, mild steel and galvanically coupled copper-mild steel in artificial sea water in presence of 1H-benzotriazole, sodium molybdate and sodium phosphate”, *Corros Sci.*, 126,272-85.
- Branzoi F., Branzoi V., (2013). “Effect of some new organic polymers as green corrosion inhibitors for brass in cooling water system”, *Rev Roum Chim.*,58(9-10), 747756.
- Katava R., Zorko F., Mance A.D., Otmačić-Ćurković H., Pavlović G., (2017). “Synthesis and structure of 4-methyl-1-N-(p-tolyl) imidazole as organic corrosion inhibitor”, *Mol Cryst Liq Cryst*, 642(1),29-37.
- Qiang Y., Zhang S., Yan S., Zou X., Chen S., (2017). “Three indazole derivatives as corrosion inhibitors of copper in a neutral chloride solution”, *Corros Sci.*,126, 295-304.
- Quraishi M., Farooqi I., Saini P., (1999). “Investigation of some green compounds as corrosion and scale inhibitors for cooling systems”, *Corrosion*, 55(5), 493-497.
- Tasic Z.Z., Mihajlovic M.B.P., Radovanovic M.B, Simonovic A.T, (2018). “Antonijevic M.M., Cephadrine as corrosion inhibitor for copper in 0.9% NaCl solution”, *J Mol Struct.*, 1159,46-54.
- Wang H.L, Fan H.B, Zheng J.S., (2003). “Corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid solution by a mercapto-triazole compound”, *Mater Chem Phys*, 77(3),655-61.