



Derleme Makale

Orman Ürünleri Endüstrisinde Metal Korozyonu ve Koruma

Çağlar Akçay^{1,*} ve Hüsnü Gerengi^{2,*}

¹ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 81620, Düzce, Türkiye

² Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 81620, Düzce, Türkiye

* Sorumlu yazar: caglarakcay@duzce.edu.tr

Öz: Korozyon metallerin bulunduğu ortamda özelliğini yitirecek kullanılmaz hale gelmesidir. Korozyon olayı endüstrinin her bölümünde kendini göstermektedir. Orman Endüstrisinde birçok yerde metal aksamlar (Çivi, vida, cıvata, ayak ve bağlantı elemanları) kullanılmaktadır. Ancak metal aksamlar zamanla korozyona uğrayarak hem ağaç malzemenin hem de metalik aksamların direnç özelliklerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı orman endüstrisi sektöründe meydana gelen korozyonun önemini ve korozyonun neden olduğu ekonomik zararı ortaya koymaktır. Çalışmada orman endüstri mühendisliği alanında korozyonun görüldüğü başlıca alanlar ele alınmış ve bu alanda görülen korozyon hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir. Bu çalışma orman endüstri sektöründe görülen korozyon hakkında ilk bilimsel Türkçe çalışma olması bakımından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: korozyon, orman ürünleri endüstrisi, metal bağlantılar, koruma önlemi

Metal Corrosion and Protection in Forest Products Industry

Abstract: Corrosion is the situation that metals become unusable by losing its properties depending on their environment. Corrosion has been observed in all areas of industry. Metal parts such as nail, screw, bolt, leg and fasteners are used many of places in the forest industry. But metal fasteners cause to decrease in resistance properties of wood material and metallic parts by corroding in time. The goal of this study is to determine the importance of corrosion and the economic damage caused by the corrosion in the field of forest industry. In the study, major areas of corrosion have seen in the forest industry have been discussed and gave detailed information about the corrosion seen in this field. This study is important of in terms of first Turkish scientific paper is being written about corrosion observed in the forest products industry.

Atıf: Akçay, Ç. ve Gerengi, H. Orman Ürünleri Endüstrisinde Metal Korozyonu ve Koruma. Journal of GreenTech 2023, 1(1): 34-42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8079954>.

Akademik Editör: Emre Birinci

Geliş: 09.06.2023

Revizyon: 24.06.2023

Kabul: 25.06.2023

Yayın: 30.06.2023



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Keywords: corrosion, forest products industry, metal fasteners, protection measurements

1. Giriş

Korozyon olayı metallerin doğada buldukları kararlı haldeki orijinal hallerine geri dönme istekleridir. Metaller zamanla ortamda bulunan su ve oksijen ile reaksiyon vererek korozyona uğrarlar. Korozyon olayı tahmin edildiğinden daha fazla zararlı bir olaydır. Korozyondan kaynaklanan zararlar ülkelerin gayri safi milli hasıllarının yaklaşık %3,5 oranında olduğu bilinmektedir. Korozyondan kaynaklanan zararların önemi aşağıdaki nedenlerden dolayı daha da artmaktadır [1].

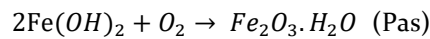
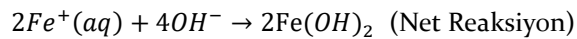
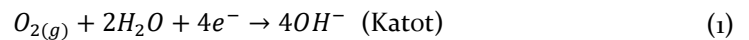
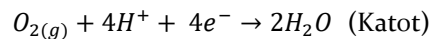
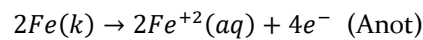
- Teknolojinin sürekli gelişerek metallerin kullanım alanının artması;
- İnşaat sektöründe çelik konstrüksiyonuna olan eğilimin artması;
- Dünya nüfusunun artmasıyla metallere olan ihtiyacın da artması ve metal üretiminin artış göstermesi;
- Korozyona uğrayan cihazların bozulması ya da tamamıyla devre dışına alınması sonucu endüstri üretiminin azalması;
- Yer altı maden kaynaklarının gelecekte tükenerek olması bilinci;
- Korozyona uğrayan metallerin insan sağlığı açısından da son derece risk taşıması.

Bu nedenle korozyondan kaynaklanan zararları önlemek için çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Korozyona karşı kullanılan maddelere inhibitör denmekte ve bu inhibitörlerin maliyeti Tablo 1'de belirtilmiştir. Ayrıca inhibitörlerin olumsuz çevresel etkilerinden dolayı son yıllarda doğal korozyon inhibitörleri kullanılması amaçlanmıştır. Gerengi ve ark. [1] bazı orman yan ürünlerinin korozyon inhibitörü olarak kullanılabilirliğini rapor etmişlerdir.

Tablo1. Korozyondan korunmak için harcanılan inhibitörlerin sektörlere göre maliyeti [1].

Inhibitör Kullanılan Endüstriler	Maliyet (\$milyon)
Petrol Rafinerileri	246
Petrol Üretimi	153
Petrol Stok ve Transferi	31
Petrol Katkılı Ürünler	108
Otomotiv Sanayi	12
Kâğıt Üretimi	198
Kimyasal Üretimi	180
Demir ve Çelik	50
Yiyecek – İçecek Sanayisi	88
Toplam	1,1 \$Milyar

Korozyon reaksiyonunu Eşitlik 1'de gösterilmektedir [2].



2. Orman Ürünleri Endüstrisinde Korozyon ve Önemi

Orman ürünleri ve orman yan ürünleri her geçen gün yaşamımızın vazgeçilmez bir parçası olmaya devam etmektedir. Yalnızca ağaç malzemenin kendi başına 5000'den fazla kullanım alanı bulunmaktadır [3]. Buna ilaveten lignoselülozik kökenli, kâğıt ve kâğıt ürünleri de eklendiğinde bu rakam daha da ivme kazanmaktadır. Ağaç malzemeye olan ihtiyaca paralel olarak orman endüstri sektörü de bu yönde büyümektedir. Her geçen gün yeni fabrikalar kurulmakta ve yeni sistemler devreye alınmaktadır. Ancak bütün bu gelişmelere rağmen metalik sistemlerde korozyonun neden olduğu zararlar ile karşılaşmaktadır. Sonuçta gerek insan sağlığı gerekse ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır.

2.1. Metal Bağlantı Elemanlarının Ağaç Malzeme İçerisindeki Korozyonu

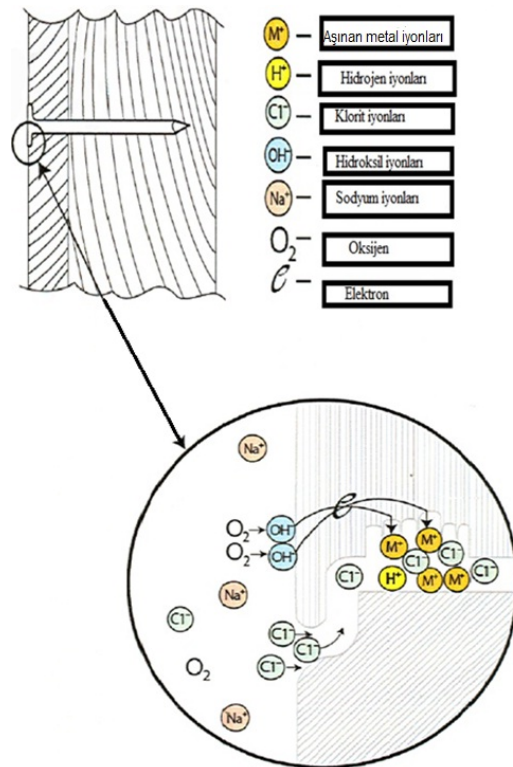
Orman endüstri sektöründe metaller yüksek dayanımlarından dolayı ağaç malzemeyle beraber kullanılmaktadır. Mobilya aksamalarında alüminyum, paslanmaz çelik, demir, pirinç, zambak ve pik gibi metaller kullanılmaktadır. Ortamda bulunan rutubet ve oksijenden dolayı metaller üzerinde korozyon meydana gelmekte ve metallerin ağaç malzemeden ayrılması söz konusu olmaktadır. Metalik bağlantıların korozyona uğramasına ağaç malzemenin kendi yapısında bulunan bileşenler neden olabileceği gibi [4] ağaç malzemenin biyolojik etkenlerden korunması amacıyla kullanılan koruyucu maddelerde neden olabilmektedir [5-10].

Ahşap içerisinde bulunan birçok aşındırıcı bileşenin yansız uçucu asetik asit yeterince havalandırılmayan ortamlarda metallerle korozyon oluşturabilir. Asetik asidin yanı sıra ahşap malzeme içerisinde az miktarda formik asit, propanik asit ve bütirik asit bulunmaktadır. Ancak bunların miktarları asetik asitle mukayese edildiğinde göz ardı edilebilir. Ahşabın ana bileşeni olan selüloz, uzun zincirlerdeleştirilmiş şeker moleküllerinden oluşan bir polimerdir. Her şeker birimi, bir kısmı ester (organik tuz) gruplamaları biçiminde asetik asit radikalleri (asetillenmiş) ileleştirilmiş hafif bazik hidroksil radikalleri içerir. Bu gruplamalar, serbest hidroksil radikalleri ve asetik asit vermek üzere su ile birleşebilir (Eşitlik 2). Şekil 1'de ağaç malzeme içerisinde gerçekleşen korozyon görülmektedir.



Burada; X zincirdeki selüloz şeker ünitelerini temsil etmektedir.

Eşitlik odundaki nemin her zaman asit oluşturmasına neden olduğunu göstermektedir. Bu eşitlikte asetik asidin uçucu olmasından dolayı reaksiyon her zaman yavaşça sağ tarafa doğru hareket eder. Asetil radikali kuru odun ağırlığının %1 ile %6'sını oluşturur. Yapraklı ağaçlarda iğne yapraklı ağaçlara göre daha fazla asetil radikali bulunur ve bu da ağaçtaki oluşabilecek asetik asit miktarını belirler. Odun yapısında büyük ölçüde kalsiyum, potasyum ve magnezyumdan oluşan %0,2 ile %4 oranında mineral kül bulunmaktadır. Ayrıca karbonat, fosfat, silikat ve klorit; alüminyum, demir ve sodyum da mevcuttur. Sülfat, külün ağırlıkça %1 ile %10'una ve klorit %0,1 ile %5'ine katkıda bulunur ve bu iki radikal asetik asidin aşındırıcı etkisini artırır [11].



Şekil 1. Ağaç malzeme içerisinde metal korozyonun şematik gösterimi [9].

2.2. Ağaç Malzemede Metal Bağlantı Elemanlarının Korozyon Riski

Ahşap doğal olarak korozif bir ortamdır ve maruz kaldığı ortama göre ya da uygulanan modifikasyon türüne göre daha da korozif hale gelebilmektedir. Ahşaptaki asidite pH değeri ile yakından ilgilidir. Genel bir kural olarak pH değeri 4' ün altında olan ağaç türleri korozif olarak kabul edilmektedir. Kurutulmuş bir ağaç malzemenin rutubeti % 16'lara kadar düşürülebilmektedir. Ancak ağaç malzeme, ne kadar iyi kurutulmuş olursa olsun herhangi bir sıcaklıkta özellikle yüksek sıcaklıklara çıktığında korozif hale gelebilmektedir. Ağaç malzemenin asit miktarının bilinmesi ağaç malzemenin kullanım yeri için önemlidir. pH değeri düşük olan (4,5 – 6,0) ağaç türleri korozyon riski oluşturmakla beraber ağaç malzeme çürüklük meydana getiren mantarlar içinde ortam oluşturmaktadır. Bulunduğu koşullara göre ahşap yapılarıdaki korozyon riski Tablo 2'de görüldüğü gibi gösterilebilir [4].

Tablo 2. Ahşap yapılarda şartlara bağlı olarak korozyon oluşma riski [4].

		Odun Türü	Korozyon Riski		
			Düşük	Orta	Yüksek
Depolama süresi	1 aydan daha az		x		
	1 – 5 ay			x	
Depolama koşulları	6 ay ve daha fazla				x
	İç ortam sıcaklığı		x		
	Dış ortam sıcaklığı			x	
	Tropik bölgede iç ortam sıcaklığı			x	
Metal türü	Tropik bölgede dış ortam sıcaklığı				x
	1) Kadmium karbon çelikler, düşük alaşım çelikleri, kurşun ve kurşun alaşımlar, magnezyum ve alaşımlar				x
	2) Bakır ve alaşımlar			x	
	3) Alüminyum ve nikel alaşımlar			x	
Odunun asiditesi	4) Östenitik paslanmaz çelik, krom altın, gümüş, molibden, kalay, titanyum ve alaşımlar		x		
	Yüksek / çok yüksek				x
	Orta / Hava kuru		x		
	Orta / Finn kuru			x	

2.3. Ahşap İşleme Makinelerinde Görülen Korozyon Sorunları

Ahşap endüstrisinde, ahşap ile temas halinde olan metallerin degradasyonu hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Ahşap işleme makinelerinin korozyona uğrama süresinin farklı odun türleri ile ilişkili olması bu sürenin hesaplanmasını engellemektedir. Ağaç işleme makinelerinin bozunumundan hem mekanik hem de aşındırıcı mekanizmaların sorumlu olduğu bildirilmiştir. Dolayısıyla ağaç malzeme işleme makinelerinin bozunum süresini hesaplamada her parametrenin ilişkisini belirlemek ayrı bir zorluk teşkil etmektedir. Örneğin asidik olarak bilinen meşe odununun işlenmesi sırasında meydana gelen aşınma miktarı pH'ı 7'ye yakın olan köknar gibi ağacın işlenmesinde meydana gelen aşınma miktarından daha fazladır. Ahşap rutubeti ve ahşap işleme makinelerinin doğal bileşenleri de makinelerin bozunmasında rol oynamaktadır [12]. Çeşitli ağaç türlerinde ölçülen pH değerleri Tablo 3'te verilmiştir [11].

Tablo 3. Bazı ağaç türlerinde ölçülen asidite değerleri [11].

Ağaç Türü	pH Değeri	Buhar Korozyonu Tehlikesi
Meşe	3,35; 3,45; 3,85; 3,9	Yüksek
Kestane	3,4; 3,45; 3,65	Yüksek
Avrupa kayını (buharlanms)	3,85; 4,2	Orduka yüksek
Huş	4,85; 5,05; 5,35	Orduka yüksek
Douglas köknarı	3,45; 3,55; 4,15; 4,2	Orduka yüksek
Gabon odunu	4,2; 4,55; 5,05; 5,2	Orduka yüksek
Teak	4,65; 5,45	Orduka yüksek
Kırmızı sedir	3,45	Orduka yüksek
Parana çamı (Brezilya çamı)	5,2; 8,8	Orta
Ladin	4,0; 4,45	Orta
Karaağaç	6,45; 7,15	Orta
Afrika maunu	5,1; 5,4; 5,55; 6,65	Orta
Ceviz	4,4; 4,55; 4,85; 5,2	Orta
Iroko	5,4; 6,2; 7,25	Orta
Ramin	5,25; 5,35	Orta
Ayous	4,75; 6,75	Orta

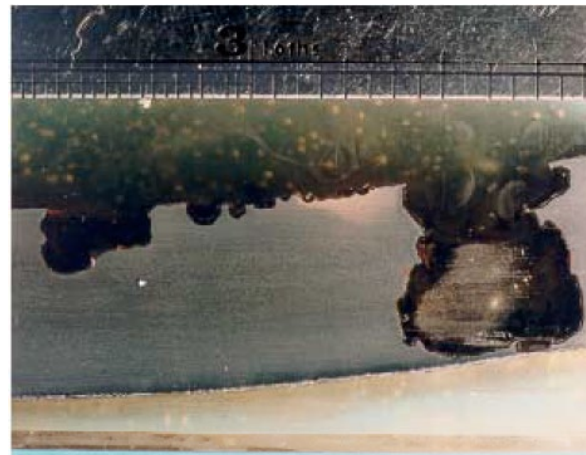
Şekil 2’de ağaç malzeme içerisinde korozyona uğramış bir metal birleştirme elemanının şekli görülmektedir. Şekil 2’de gösterildiği gibi gerek ağaç malzeme ile temas eden gerekse ağaç malzeme içerisinde bulunan metalik birleştirme elemanı zamanla korozyona uğrayarak hem ağaç malzemenin hem de kendi direncini düşürebilmektedir.



Şekil 2 Ağaç malzeme ile bağlantı halinde olan korozyona uğramış metalin görüntüsü

2.4. Kâğıt Fabrikalarında Görülen Mikrobiyolojik Korozyon Sorunları

Kâğıt fabrikalarında yaş parti kısmında formasyon eleklerinin, vakum kasaları ve diğer donanımların mikroorganizmalar tarafından oluşturulan biyofilm tabakaları ve mantar hüfleri ile tıkanması sonucu üretim hızı yavaşlamaktadır. Biyofilm tabakasının oluşmasının ardından bakteri kapsülü etrafında koruyucu bir katman oluşur ve bu koruyucu katman sayesinde oksijenin kapsüle girmesi engellenir. Bu durumda anaerobik bir sistem oluşur ve bakterilerin solunumu sonucunda asetik asit, bütirik asit, laktik asit gibi yan ürünler oluşur. Bu yan ürünler metalik yüzeylerde korozyona ve kötü kokuların oluşmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan sülfat indirgeyen bazı bakteri türleri de hidrojen üreterek beton yapıların zarar görmesine ve metalik yapılar üzerinde bölgesel korozyon oluşmasına sebep olurlar. Ayrıca nitratlayıcı bakteri türleri nitrik asit oluşturmakta ve demir birikimi oluşturan bakteriler ise demir II iyonlarını yükseltgeyerek çökmeler oluşturup makine ekipmanları üzerinde ciddi zararlar oluşturmaktadır. Bu durumda korozyona uğramış makine yüzeylerinin iyileştirilmesi ve değiştirilmesi için bakım işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Ancak bakterilerin oluşturduğu film tabakasını ortadan kaldırmak oldukça güç durum olabilmektedir. Bakterilerin oluşturduğu film tabakası çok kuvvetli bir şekilde makine ekipmanlarının görünmeyen kısımlarına yapışmaktadır. Diğer bir etken ise kullanılan biyositlerin bakteri filminin içerisine nüfuz etmesi oldukça zordur [13].



Şekil 3. Kâğıt fabrikasında mikrobiyolojik etkiyle oluşmuş korozyon

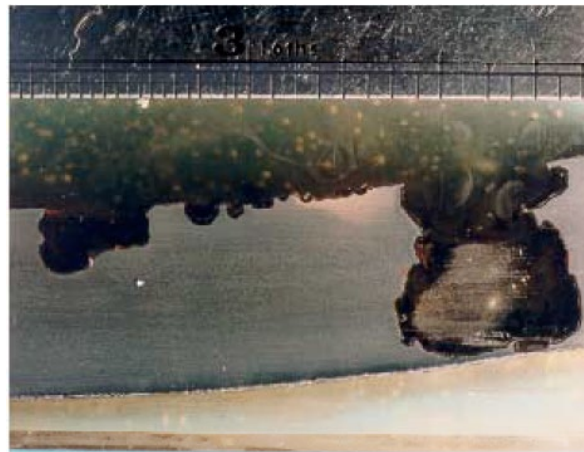
Tablo 4 Kâğıt, kâğıt hamuru ve mukavva için yıllık bakım- korozyon maliyetleri yüzdesi.

Kâğıt Üretim Tipi	1998 Üretimi (\$1000)		Toplam Bakım Maliyeti (\$/Kısa ton)		Korozyon Bakım Maliyeti (%)		Toplam (\$ Milyon)	
	Kısa ton	Metrik ton	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
Kâğıt hamuru	64,183	58,226	26,04	130,32	40	60	1,003	5,019
Kâğıt	44,777	40,621	26,04	130,32	30	50	583	2,918
Mukavva	49,719	45,132	26,04	130,32	25	30	389	1,945
TOPLAM							1,974	9,881
1998 yılı toplamsatışı = \$ 164,9 Milyar						Kıvrıntı ORTALAMA	1,20%	5,99%
								5,928 \$ Milyar

Tablo 4'te dünyanın kâğıt, kâğıt hamuru ve mukavva için yıllık bakım-korozyon maliyetlerini gösterilmektedir. 1998 yılı toplam satış miktarı 164,9 milyar dolar iken ortalama 5,928 milyar dolar bakım maliyeti ve % 1,20'den % 5,99'a kadar kıvrıntı oranı tahmin edilmiştir [14].

2.5. Emprenye Endüstrisinde Görülen Korozyon Sorunları

Dış mekânda kullanılan ağaç malzeme herhangi bir muamele görmediği takdirde çürükçül mantarlar, böcekler ve termitler gibi çeşitli biyolojik zararlılar tarafından degrade olabilmektedir. Bu nedenle orman endüstri sektöründe ağaç malzeme dış ortamlarda kullanılacağı durumlarda emprenye (zehirli kimyasallarla muamele) edilmektedir. Bu vesileyle ağaç malzeme ömrü 10 kata kadar uzatılabilmektedir [15]. Ancak kullanılan bu kimyasallar, zamanla ağaç malzeme ile bağlantı halinde olan metalik aksamaların korozyona uğramasına neden olabilmektedir. Özellikle CCA (Bakır Krom Arsenik) emprenye maddesinin çevresel endişelerden dolayı birçok Avrupa ülkesi ve Amerika'da kısıtlanmasının ardından yeni nesil emprenye maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Ancak CCA yapısında bulunan krom ve arseniğin doğal korozyon inhibitörü olduğundan bakır içerikli ACQ (Amonyaklı Bakır Quat) ve CuAz (Bakır Azol) gibi emprenye maddeleri CCA emprenye maddesinden iki kat daha korozif olduğu bil-dirilmiştir [16]. Korozyondan korunmak için yangın geciktiricilerle muamele edilmiş odunun paslanmaz çelik veya plastik kaplı çelik ile kullanılması tavsiye edilmektedir. Eğer ağaç malzeme CCA ile emprenye edilmişse de metal bağlantı elemanları ile kullanılmasından önce bakırın ağaç malzemeye fiksasyonunun sağlanması amacıyla birkaç gün süreyle bekletilmesi önerilmektedir [11].



Şekil 4 ACQ (Amonyaklı Bakır Quat) emprenye maddesi ile muamele edilmiş ağaç malzemeye tutturulmuş alüminyum trafik işaret levhasında meydana gelen metalik korozyon [17].

Emprenyeli ahşap ile kullanılan mevcut ürünler ve bu ürünlerin korozyon açısından zamanla oluşabilecek tasarım endişeleri Tablo 5'te özetlenmiştir [18, 19].

Tablo 5. Emprenyeli ahşap ile kullanılan ürünler ve muhtemel dizayn endişeleri.

Ürün	Tasarım Endişesi
Paslanmaz çelik	Farklı bir metal ile birleştirme
Metalik kaplamalar (anodik)	Farklı bir metal ile birleştirme Kaplamanın korozyon oranı
Metalik kaplamalar (katodik)	Farklı bir metal ile birleştirme Kaplama hatası
Seramik/Organik Kaplamalar	Kaplama hatası Kaplama hatası
Bariyerler	Korozyon oranı Bariyerdeki kusurlar Konstrüksiyon sırasında bariyerdeki zararlar

2.6. Yangın Geciktirici Kimyasalların Korozyon Etkileri

Ağaç malzemenin yangına karşı korunmasında kullanılan en yaygın tuzlar mono ve diamonyum fosfat, amonyum sülfat, borik asit ve boraktır. Tescilli olarak kullanılan kimyasalların çoğu bu tür maddelerin karışımlarından oluşmaktadır. Formülasyonlara, birden fazla amaç kazandırmak için içeriğine fungusit amaçlı Bakır-Krom-Arsenik (CCA) ve korozyondan korunmak için de sodyum dikromat ve amonyum tiyosiyanat gibi inhibitörler eklenebilir. Ahşabın yüzeyindeki alev geciktirici konsantrasyonu oldukça yüksek olabilir. Bu tuzlardan amonyum sülfat çok fazla aşındırıcı iken amonyum fosfatlar daha az aşındırıcıdır. Borik asit ise kayda değer ölçüde aşındırıcı değildir. Diğer bir borlu bileşik olan boraks hafif bir inhibitör özelliği sergilemektedir. Metal yüzeyinde film tabakası oluşturarak pasifliği sağlamakta ve borlu bileşiğin derişimi arttığında korozyon hızında azalma görülmektedir. Tüm tuzlar, belirli bağıl nemdeki hava ile temas halinde ahşabın nem içeriğini artırır. Amonyum bileşikleri, özellikle ahşap emprenye edildikten sonra fırında kurutulursa, ahşabın mekanik özelliklerini azaltabilir. Korozif alev geciktiriciler, ahşapla temas halindeki metalin korozyonuna önemli ölçüde katkıda bulunabilir [11], [20, 21, 22].

2.7. Tutkal ve Levha Endüstrisinde Korozyon Sorunları

Sentetik tutkalların üretiminde kullanılan borular, mikserler, tanklar ve kompozit malzeme üretiminde üretim sırasında tutkallama, serme üniteleri, sıcak presler sıvı halde kullanılan tutkaldan dolayı %20'lere varan rutubetlerden ötürü metal aksamlar üzerinde korozyon riski oluşturabilmektedir. Diğer yandan korozyon etkisi ile pres sacları ve tablaları deformasyona neden olarak pürüzlü yüzeye sahip levhalara ve çok fazla kalınlık toleransına sahip kompozit levhaların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durumda yüzeylerin zımparalanması gerektiği için zayıf miktarı da artmaktadır. Ayrıca melamin emprenye edilmiş kâğıtlar ve preslerde uzun süre bekleyen laminant levhaların korozyon etkisi yüzeylerde pürüzlülük oluşturmaktadırlar [2].

2.8. Korozyona Karşı Koruma Önlemleri

Korozyon zararlarından korunmak için bazı uygun metot ve tekniklerinin seçimi ve konstrüksiyon öncesi uygun dizayn seçimleri yapmak büyük önem arz etmektedir. Tanklar, borular, kontrol sistemleri ve taşıyıcılar gibi kullanılan çeşitli yapılar tüm proses aşamalarında fonksiyonelliği sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir. Korozyon zararlarından korunmak için diğer bir yöntemse materyal seçimidir. Korozyon direnci malzeme seçiminin ana faktörüdür. Çoğu zaman yüksek maliyetli korozyon direnci yüksek olan malzemelerin kullanılması az maliyetli sık sık bakım gerektiren malzemelerin kullanılmasından daha ekonomiktir. Deneme yanılma yöntemi ile malzeme seçimi sık sık çalışılmasına rağmen her zaman en uygun ya da yenilikçi bir karar olamayabilir. Bu yüzden bilgisayarlı yazılımlar malzeme özellikleri ve performansın belirlenmesi üzerine yeni bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Koruyucu kaplamalar, korozyondan korunmak için çok eski bir geçmişe sahip diğer bir yöntemdir. Organik kaplamalar korozif çevre ve metalin korunacak yüzeyi arasında çok iyi bir fiziksel bariyer oluşturur. Organik kaplamalar reçine, cila, boya ve vernik içerirken inorganik kaplamalar kimyasal dönüşüm kaplamaları ve cam kaplamalardan oluşmaktadır. Günümüzde çelik için en yaygın kullanılan kaplamalar çinko, kadmiyum, krom ve nikelidir. Bu kaplamaların kalınlıklarının arttığı durumda daha kalın bir bariyer oluşturarak korozyona karşı koruma performansı da artacaktır [11, 16, 18].

2.8. Korozyona Karşı Koruma Önlemleri

Korozyon ilk zamanlar metallerin kütle kayıplarının belirlenmesi esasına dayanıyordu. Ancak bu yöntem hem uzun zaman alıyordu hem de hassas bir ölçüm vermekten uzaktı. Bu nedenle korozyon hızı ve miktarı son zamanlarda gelişen elektrokimyasal yöntemlerle daha hızlı ve duyarlı hesaplanabilmektedir. Bu yöntemlerde korozyon hızı akım potansiyel eğrileri yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu yöntemlerden Tafel Polarizasyon Yöntemi (TP), Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS), Lineer Polarizasyon (LP), Harmonik Analiz (HA) ve Dinamik Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (DEIS) korozyon hızı ve miktarını ölçmede kullanılabilir [23].

3. Sonuçlar ve Öneriler

- Bu çalışmada orman ürünleri alanında görülen korozyon sorunları ele alınmıştır. Ağaç malzeme ile temas halinde olan metal bağlantı elemanlarında, ahşap işleme makinelerinde, kâğıt fabrikalarında, emprenye endüstrisinde, tutkal ve levha fabrikalarında korozyon sorunları görülebilmektedir.
- Sonuç olarak orman endüstri mühendisliğinde birçok alanda korozyon olayı görülmekte ve önemli zararlara neden olmaktadır. Gerek dünya gerekse Türkiye’de orman endüstri mühendisliğinde kullanılan metallerin korozyonuna dair sınırlı bilimsel çalışmalar vardır. Bu çalışmaların sayısı artırılarak orman endüstri mühendisliği alanında görülen korozyondan kaynaklı zararların azaltılması gerekmektedir.
- Ağaç malzemenin son kullanım yerinde hangi metal ile kullanılacağı seçiminin iyi yapılması gerekmektedir. Maliyet analizi yapıldıktan sonra ahşap yapılarda ve ahşap yapıların konstrüksiyonlarında uygun dizayn ve tasarım çalışmaları yapılmalıdır.
- Hem kullanılan ağaç türü bakımından hem de kullanılan metal türü açısından burada yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak korozyon sorunlarının önüne geçilebilir.

Yazar Katkıları: Kavramsallaştırma, Ç.A. ve H.G.; metodoloji, Ç.A. ve H.G.; yazılım, Ç.A. ve H.G.; doğrulama, Ç.A. ve H.G.; içerik analizi, Ç.A. ve H.G.; araştırma, Ç.A. ve H.G.; çalışma olanakları, Ç.A. ve H.G.; veri düzenleme, Ç.A. ve H.G.; yazma—orijinal taslak hazırlama, Ç.A. ve H.G.; yazma—inceleme ve düzenleme, Ç.A. ve H.G.; görselleştirme, Ç.A. ve H.G.; süpervizyon, Ç.A. ve H.G.; proje yönetimi, Ç.A. ve H.G.; fon sağlama, Ç.A. ve H.G. Tüm yazarlar makalenin yayınlanan versiyonunu okumuş ve kabul etmiştir.

Fon Desteği: Bu çalışmada herhangi bir dış finansmandan maddi destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışmaları: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

- [1]. H. Gerengi, H. Bilgiç, ve H.İ. Şahin, “Ekolojik inhibitör Olarak Fındıkkabuğu, Nar ve Karalahananın % 5’lik NaCl Çözeltisindeki Çinko Levha Korozyonuna Etkisi,” *DÜOD*, Cilt 6, sayı 2, ss. 10-22, Ocak 2010.
- [2]. H. Gerengi, Ç. Akçay, C. Güler, ve H.İ. Şahin, “Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi,” *TJF*, Cilt: 13, no: 2, ss.155 - 161, Ekim 2012.
- [3]. H. Yazıcı, “Açık Hava Koşullarının Odun Dayanımına Etkisi,” *BAROFD*, cilt:7, no:8, ss. 72-79, Haziran 2005.N. Ayrılmış, T. Dunder, A. Kaymakci, F. Ozdemir, and J. H. Kwon, “Mechanical and thermal properties of wood-plastic composites reinforced with hexagonal boron nitride,” *Polym Compos*, vol. 35, no. 1, pp. 194–200, Jan. 2014, doi: 10.1002/pc.22650.
- [4]. S. Yıldız, and A.Can, “Isıl İşlem Uygulanmış Ladin, Karaçam, Kayın ve Kavak Odunlarının Korozyon Özellikleri,” *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.
- [5]. S. L. Zelinka, and D.R. Rammer, “The Use of Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) To Measure the Corrosion of Metals in Contact with wood,” *TMS Letters*, volume 2, no:1, pp. 15-16, 2005.
- [6]. D.R. Rammer, S.L. Zelinka, and P. Line, “Fastener Corrosion: Testing, Research and Design Considerations,” *9th World Conference on timber engineering*; Oregon State University, p.8, 6-10 August. 2006.
- [7]. L.D. Lin, Y.F. Chen, S.Y. Wang, and M.J. Tsai, “Leachability, Metal Corrosion, and Termite Resistance of Wood Treated With Copper-Based Preservative,” *Int. Biodeter & Biodegr*, vol.63, no.4, pp.533-538, March 2009. doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.07.012.
- [8]. S.L. Zelinka, R.J. Sichel, and D.N. Stone, “Exposure Testing of Fasteners in Preservative Treated Wood: Gravimetric Corrosion Rates and Corrosion Product Analyses,” *Corros Sci*, vol. 52, no. 12, pp. 3943-3948, December 2010. doi.org/10.1016/j.corsci.2010.08.014.
- [9]. S.L. Zelinka, and D.N. Stone, “Corrosion of Metals in wood: Comparing the Results of a Rapid Test Method with Long-Term Exposure Tests across Six Wood Treatments,” *Corros Sci*, vol. 53, no.5, 1708-1714, May 2011. doi.org/10.1016/j.corsci.2011.01.039.
- [10]. Ç. Akçay, “Bakır Krom Bor (CCB) Ve Borik Asit (BA) Emprenye Maddelerinin Metal Bağlantı Elemanları Üzerine Korozyon Etkisinin İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, 2014.

- [11]. Anonim, 2023. Guides to practice in Corrosion Control, Corrosion of Metals by Wood [Online], Available: http://resource.npl.co.uk/docs/science_technology/materials/life_management_of_materials/publications/online_guides/pdf/corrosion_of_metals_by_wood.pdf. Erişim Tarihi: 06.06.2023.
- [12]. M. Gauvent, E. Rocca, P.J. Meausoonec, P. Brenot, "Corrosion of materials used as cutting tools of wood," *Wear*, vol. 261, no. 9, pp.1051-1055. Nov. 2006. doi.org/10.1016/j.wear.2006.03.036.
- [13]. S. İmamoğlu, C. Atık, and A. Karademir, "Atık kağıt kullanan kağıt-karton fabrikalarında Ortaya çıkan mikrobiyolojik sorunlar," *Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, vol. 6, no. 1-2, pp. 179-190, 2005.
- [14]. M.P.H. Brongers, and A.J. Mierzwa, "Pulp and Paper", *Appendix W. Summary and Analysis of Results, Corrosion Control and Prevention*. CC Technologies Laboratories, Inc., Dublin, Ohio. 2001.
- [15]. C. Tascioglu, M. Yalcin, S. Sen, and C. Akcay, "Antifungal properties of some plant extracts used as wood preservatives," *Int Biodeter & Biodegr*, vol. 85, pp. 23-28, Nov. 2013. doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.06.004
- [16]. S.L. Zelinka, and D. Rammer, "Corrosion Avoidance with New Wood Preservatives," *Wood Design Focus*, Vol. 16, No. 2, pp. 7-8, 2006.
- [17]. D.R. Rammer, S.L. Zelinka, and P. Line, "Fastener Corrosion: Testing, Research, and Design Considerations," *9th World Conference on timber engineering*, August 6-10, 2006; Portland, OR.
- [18]. S.L. Zelinka, and D. Rammer, "Corrosion Avoidance with New Wood Preservatives," *Structure Magazine*, pp.48-49, March 2007.
- [19]. B.V. Salas, M.S. Wiener, M. Stoytcheva, R. Zlatev, and M.C. Beltran, "Corrosion in the Food Industry and Its Control," *Food Industrial Processes - Methods and Equipment*, Dr. Benjamin Valdez (Ed.), ISBN: 978-953-307-905-9.
- [20]. A. J. Baker, "Corrosion of Metal In Wood Products," *Durability of Building Materials and Components*. ASTM STP 691. P. J. Sereda and G. G. Litvan, Eds., American Society for Testing and Materials, pp. 981-993. 1980.
- [21]. A. Güliden, and A. Abdurrahman, "Çeliklerin Korozyonuna Boraksın Etkisi" *Journal of Boron*, Vol.6 no.3, pp. 332-337, 2021.A. J.
- [22]. Baker, "Corrosion of Metal In Wood Products," *Durability of Building Materials and Components*. ASTM STP 691. P. J. Sereda and G. G. Litvan, Eds., American Society for Testing and Materials, pp. 981-993. 1980
- [23]. H. Gerengi "Tafel Polarizasyon (TP), Lineer Polarizasyon (LP), Harmonik Analiz (HA) ve Dinamik Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (DEIS) Yöntemleriyle Düşük Karbon Celiği (AISI 1026), Pirinc-MM55 ve Nikalium-118 Alaşımlarının Yapay Deniz Suyunda Korozyon Davranışları ve Pirinc Alaşımlarına Benzotriazol'un İnhibitor Etkisinin Araştırılması," *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskisehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2008.*

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s). *Journal of Green Technology and Environment*, and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.