

İç ortam kullanım yerlerinde güneş ışınlarının ahşabın özelliklerine etkisi

The effect of sunlight on the wood properties in indoor applications

Uğur ÖZKAN¹

Eylem DİZMAN TOMAK²

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Orman Fakültesi, Isparta

² Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi,
Bursa

Sorumlu yazar (Corresponding author)

Uğur ÖZKAN
ugurozkan@isparta.edu.tr

Geliş tarihi (Received)

17.03.2022

Kabul Tarihi (Accepted)

29.04.2022

Sorumlu editör (Corresponding editor)

Samet DEMİREL
sdemirel@ktu.edu.tr

Atıf (To cite this article): Özkan, U. & Dizman Tomak, E. (2022). İç ortam kullanım yerlerinde güneş ışınlarının ahşabın özelliklerine etkisi . Ormanlık Araştırma Dergisi , Karok 2021 , 299-309 . DOI: 10.17568/ogmoad.1089335



Creative Commons Atıf -
Türetilemez 4.0 Uluslararası
Lisansı ile lisanslanmıştır.

Öz

Doğal bir mühendislik yapı malzemesi olan ahşap, dış ortam koşullarında dış cephe, yürüyüş yolları, kamelya, ev yapımı gibi pek çok kullanım yerlerinde değerlendirilebilirken, iç mekan kullanımı için de sıklıkla tercih edilen dekoratif bir malzeme olmaktadır. Ahşabın iç mekan malzemesi olarak kullanımında, özellikle mobilyada yüzey görünümü ve renk stabilizasyonu çok önemlidir. Ahşap ürünlerde dış ortam koşullarına benzer şekilde iç ortamda da ligninin foto-oksidasyonu sonucu zamanla sararmalar ve koyulaşmalar görülmektedir. Ahşabın güneş ışınlarına karşı dayanımının belirlenmesi amacıyla laboratuvar koşullarında UV, nem ve sıcaklığın değişken döngülerinde belirli bir sürede yapay yaşlandırma testine tabi tutulması yaygın bir uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır. Ahşabın servis ömrünün doğru tespit edilmesi için laboratuvar koşullarındaki testlerin yanı sıra doğal ortam koşullarına maruz bırakılma gerekli görülmektedir. İç ortam koşullarında pencere yakınındaki kullanım yeri olan ahşap malzemeler camdan geçen güneş ışıkları nedeniyle renk değişimi ve yüzey bozunmasına maruz kalabilmekte ve bu bozunma UVA-351 nm'lik lambaların kullanılması ile yapay olarak simüle edilebilmektedir. Bu derleme çalışmasında, ahşap malzemenin iç ortam koşullarında kullanımını sırasında maruz kalabileceği bozunduruç faktörlerin ahşabın özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada farklı yapay ve doğal iç ortam yaşlandırma test yöntemleri irdelenmiş ayrıca yapay ve doğal yaşlandırma arasında modelleme çalışmalarına da değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: UV, fotodegradasyon, yapay yaşlandırma, iç ortam koşulları, renk değişimi

Abstract

Wood, as a natural building material, can be used in many places such as exterior facades, pathways, camellias and house construction. It is also preferred indoors due to its aesthetic appearance. Surface appearance and color stabilization are very important in indoor applications, especially for furniture. Similar to outdoor conditions, wood products tend to yellowing and darkening over time as a result of photo-oxidation of lignin in indoor conditions. It is a common practice to subject the wood to artificial weathering test in a variable cycle of UV, water and temperature in laboratory conditions to determine the resistance of wood against solar irradiance degradations. However, more realistic and objective results can be obtained by exposure to natural conditions. The wooden materials, which are used near the windows in indoor conditions, can be subjected to color change and surface degradation due to sunlight passing through the glass, and this can be artificially simulated by using UVA-351 nm lamps. In this review study, the effects of the degrading factors of wood in indoor conditions, and its effects on wood properties were investigated. In addition, different artificial and natural weathering test methods were examined, and the modellings between the artificial and natural weathering tests were mentioned in this study.

Keywords: UV, photodegradation, artificial weathering, indoor conditions, color changes

1. Giriş

Ahşap, yenilenebilir bir malzeme olması, kolay işlenebilmesi, ısı yalıtımının yüksek olması, özgül ağırlığına oranla yüksek taşıma gücüne sahip olması gibi özelliklerinden dolayı iç mekanlarda uzun yıllar hiçbir şekilde değerini kaybetmeyen bir malzeme olarak değerlendirilmektedir. Ancak, ahşabın bu avantajlarının yanı sıra iç ve dış ortam koşullarında maruz kaldığı bazı bozunduruç faktörler vardır. Bunlar çevresel koşullara göre değişmektedir. Örneğin, oksijen, güneş radyasyonu (ultraviyole (UV), görünür ve kızılötesi ışık), sıcaklık, nem (çiğ, yağmur, kar ve nem), hava kirlenmeler vb. gibi faktörler çeşitli etkiler yaparak ahşabın yüzeyinde renk değişikliği ve bozulmalara sebebiyet vermektedir (Hon ve Chang, 1982).

Ahşabın yüzeyindeki renk değişikliğine sebebiyet veren UV ışığı genel olarak ahşabı bozandıran en etkili faktörlerden biri olarak bilinmektedir (Browne ve Simonson, 1957; Tolvaj ve Faix, 1995; Andrady ve ark., 1998; Hon ve Shiraishi, 2001; Muller ve ark., 2003; Tolvaj ve Mitsui, 2005). UV ışığına maruz kalma sonucunda ahşabın yapısındaki bazı kimyasal bileşenler duyarlılık göstermektedir. Ahşaptaki renk değişimi, ahşap bileşenlerinin ışığı emmesinin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır (Chang ve Chang 2001). Özellikle renk stabilitesi iç ortamlarda ahşap ve ahşap esaslı ürünler için son derece önemli görsel özelliklerden biridir (Derbys-hire ve Miller 1981).

Bir yapı malzemesi olan ahşap, dış ortam koşullarında dış cephe, yürüyüş yolları, kamelya, ev yapımı gibi pek çok kullanım yerlerinde değerlendirilebilirken, iç mekan kullanımı için de sıklıkla tercih edilen dekoratif bir malzeme olmaktadır. Ahşabın iç mekan malzemesi olarak kullanımında, özellikle mobilyada yüzey görünümü ve renk stabilizasyonu çok önemlidir. İç mekan uygulamasında mobilya ve parke öncelikli olmaktadır (Hayoz ve ark., 2003). Ahşap rengi, üretim sırasında buharlama, kurutma, ya da ışığa, ısıya, neme, alkali veya asitlere maruz kaldığında büyük ölçüde değişebilir (Aydın ve Colakoğlu, 2005).

Ticari öneme sahip ağaç türlerinin birçoğunun zamanla renklenmeye yatkın bir yapısı vardır (Oltean ve ark., 2008). Çünkü yapısındaki odun bileşenleri ışığa karşı hassastır (Chang ve Chang, 2001). Ahşap ürünlerde dış ortam koşullarına benzer şekilde iç ortamda da ligninin foto-oksidasyonu sonucu (Miklečić ve ark., 2012) zamanla sararmalar ve koyulaşmalar görülmektedir (Hayoz ve ark., 2003). İç ortam koşullarının da renk değişimi ve yüzey kimyasındaki değişim başta olmak üzere ahşap yüzeylerde önemli değişikliklere neden olduğu bildiril-

miştir (Zigon ve ark., 2019). Ahşabın rengi, genetik faktörleri göz önünde bulundurulduğunda önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir (Burtin ve ark., 1998). Ahşabın yüzeyinde çevresel faktörlerden dolayı meydana gelen renk değişikliği fotokimyasal reaksiyonlar tarafından gerçekleşmektedir (Hon ve Ifju, 1978; Hon ve Shiraishi, 2001; Aydın ve Çolakoğlu, 2005; Kataoka ve ark., 2007).

Ahşabın yüzey rengi üzerindeki ışık etkileri, tam anlamıyla solma veya koyulaşma gibi farklı tonlarda gerçekleşmektedir. Bununla birlikte yapılan kapsamlı çalışmalar ve gözlemler, ticarileşen ağaç türlerinin tamamının olmasa da birçoğunun, renk bozulmalarına yatkın olduğunu göstermektedir. Ahşabın rengindeki bozulmalar genellikle ışığın yoğunluğu (Kataoka ve ark., 2007), dalga boyu (MacLeod ve ark., 1995; Mitsui 2004; Papp ve ark., 2004; Kataoka ve ark., 2007) ve ışığa maruz kalma süresi ile ilişkilidir (Tolvaj ve Faix, 1995; Hon ve Shiraishi, 2001; Muller ve ark., 2003; Pandey, 2005).

Ahşap UV degradasyonuna maruz kaldıktan sonra, yüzeyde renk değişikliği, mikro yapıda hasar ve ağırlık kaybı, çatlama ve pürüzleşme gibi istenmeyen etkiler gösterebilir. Bu istenmeyen etkilere ahşabın temel bileşenlerinin (selüloz, hemiselüloz, lignin) yapısındaki kimyasal modifikasyonlar (değişimler) neden olmaktadır (Hon ve Feist, 1992; Hon ve Shiraishi, 2001; Pastore ve ark., 2004). Bu durumda, ahşabın mekanik özelliklerinin bir seviyeye kadar kaybına da yol açabilmektedir (Turkulin ve Sell, 2002). Ahşabın bozunmasındaki ışığın etkisi, diğer faktörlere (sıcaklık, nem hava kirliliği vb.) nazaran daha az zaman alması ve ışığa maruz kalma sırasında oluşan koşulların sabit ve risk teşkil etmemesinden dolayı genellikle yapay koşullar altında yaşlandırma testleri araştırılmıştır. Bununla birlikte, iç mekanlarda kullanılan ahşap malzemenin yüzeyinde pencere camından geçen ışığın etkisi nedeniyle meydana gelen olası bozunmaları araştıran az sayıda çalışma mevcuttur (Chang ve Chang, 2001; Wu ve ark., 2002).

2. İç mekan koşullarında ahşap malzemeyi bozandıran etmenler

İç mekan koşullarında ahşap malzemeyi bozandıran etmenleri kimyasal faktörler, çevresel faktörler ve biyolojik zararlılar olarak üçe ayırmak mümkündür. Ahşap malzemeyi bozandıran bu faktörler, güneş ışığı, su (rutubet), sıcaklık, yanma, mantar ve böcek zararlıları, kimyasal maddeler ve insan etkisi gibi etmenler sonucunda oluşmaktadır. Bu etmenler ahşabın fiziksel ve kimyasal yapısında ciddi hasarlar meydana getirmektedir (Erdin, 2009).

Fiziksel hasarlar, bir sürece bağlı olarak iç mekandaki havanın aşırı sıcak veya aşırı soğuk olması ve bununla birlikte sıcaklık değerlerinde ani değişimler görülmesi sonucunda oluşmaktadır. Bununla birlikte, çevresel faktörlerde ahşap malzemeyi fiziksel hasara maruz bırakmaktadır. Özellikle insanlar ve biyolojik zararlılar tarafından oluşan degradasyonlar ahşapta direnç kaybına yol açabilmektedir. Kimyasal hasarlarda ise ahşap asit, baz ve gazlara maruz kaldığında olumsuz şekilde etkilenmektedir (Erdin, 2009).

2.1. Kimyasal faktörler

Kimyasal maddeler ahşabı iç ortamda etkileyen önemli faktörlerden biridir. Kimyasal maddeler ahşabın hücre çeper bileşenlerinde kimyasal bozunma meydana getirmektedir. Kimyasal maddeler genellikle ahşap malzemenin önce rengini değiştirmektedir. Buna ilaveten metaller ahşap üzerinde korozyon oluşumuna, asitler erimeye, bazlar yumuşamaya, alkoller şişmeye neden olmaktadır. Gaz borularındaki sızmalarda ahşabın bozunmasına neden olan önemli kimyasal faktörlerdendir. Ancak ahşabın kimyasını değiştiren en önemli faktörler ışık ile asitler ve alkalilerdir (Terzi, 2008).

Asit ve alkali ortamlar ahşabı farklı şekillerde etkilemektedir. Asitler, şekerlerin arasındaki karbon bağlarını bozularak 5 karbonlu şekerleri 6 karbonlu şekerlerden çok daha kolay hidrolize uğratmaktadır. Bunun sonucunda ahşap daha kırılabilir bir yapıda olmaktadır. Alkaliler ise asidik ortamların ahşaba verdiği etkiden daha fazlasını vermektedir. Odun dokusu tamamen liflerine ayrılmakta ve bu etkiyle beraber ahşapta ciddi şekilde bozunmalar meydana gelmektedir. Ahşap alkalilerin etkisiyle yumuşamaktadır ve önemli ölçüde direnç kaybı yaşamaktadır (Erdin, 2009).

2.2. Çevresel faktörler

Ahşap malzemeler radyatörler, havalandırma delikleri, şömine, soba, kalorifer vb. gibi ısıtma cihazlarının yakınında olduğunda maruz kalacağı ısı, ahşap malzemedeki yapıştırıcı ve kaplamaların açılmasına neden olmaktadır. Ayrıca ahşap malzeme yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşma kabiliyetinden dolayı yanma görülmektedir.

Çevresel faktörlerde bağıl nem değişiklikleri ve insan etkisi de ahşabın bozunmasına doğrudan etki eden faktörlerdendir. Ahşap çalışan bir malzeme (ıslanma ya da ortam rutubetinin değişmesi ile boyut değiştirmesi) olduğundan dolayı bağıl nemdeki dalgalanmalar ahşabın daralmasına ve şişmesine neden olmaktadır. Bu daralma ve şişmeler ahşapta heterojen bir özellik gösterdiği için çarpılma ve

bükülmelere neden olmaktadır. Ayrıca neme uzun süre maruz kalan ahşaplar zamanla çürümeye veya böcek istilasına da uğrayabilmektedir. Böylelikle böceklerin ahşabın yapısında tüneller kazarak çeşitli derecede tahribata neden olduğu bilinmektedir (Terzi, 2008).

Işık, ahşap yüzeyde fotokimyasal ve termal bozunmaya neden olmaktadır. Işık bir enerji kaynağı olmakla beraber aydınlattığı her şeyle etkileşime girmektedir ve ışık enerjisi ahşap yüzeyleri bozundurabilmektedir. Bu bozulmaların miktarı ışığın yoğunluğuna ve miktarına göre değişmektedir. Gözle görülemeyen UV radyasyonu ışığın en zararlı bileşenidir. Çoğu zaman güneş tarafından, floresan tüpler ve ampuller gibi bazı yaygın armatürlerce üretildiği için görünür ışığa eşlik etmektedir. Çoğunlukla ağartma gibi renk değişikliğine neden olmaktadır. UV bozunma, ahşabın hücre yapısının bozunmasına neden olmakla birlikte, en çok lignin bileşenini bozmaktadır. İç mekan koşullarında ultraviyole ışığın ahşaba etkisi çoğunlukla gölgesiz pencerelerden geçen güneş ışığından kaynaklanmaktadır (Feist ve Hon, 1984).

2.3. Biyolojik zararlılar

Ahşap malzeme biyolojik zararlılar tarafından da degradasyona uğramaktadır. Çünkü özellikle bazı böcekler ahşabı kendileri için yaşam ortamı sağlayan bir besin kaynağı olarak kullanmaktadır. Çoğunlukla tehlikeli olduğu bilinen ve ahşap malzeme üzerinde önemli derecede bozunmalar meydana getirip ekonomik kayıplara sebep veren böcek türleri mobilya böceği (*Anobium punctatum*), ev teke böceği (*Hylotrupes bajulus*) ve ölüm saati böceği (*Xestobium rufovillosum*) ülkemizde çokça gördüğümüz önemli böcek türlerindedir. Bu 3 böcek türü de ahşaba farklı şekillerde ve farklı kullanım yerlerinde arız olmaktadır. Örneğin mobilya böceğine genellikle eski mobilyalarda, duvarla bağlantısı olan yerlerde ve döşemelerde rastlanırken, ev teke böceği çatı kerestelerinde, ölüm saati böceği ise çoğunlukla eski binalarda kullanılmış olan meşe ve karaağaç türlerinin yapı malzemesi olarak kullanımında ve mantarların arız olduğu ahşap ve yonga levhalarda görülmektedir (Erdin, 2009).

Böceklerle birlikte çürütücü mantarlarda ahşap malzemenin ciddi şekilde bozunmasına neden olmaktadır. Rutubet bu mantarlar için en önemli faktördür (Williams, 2005). Mantarlara yaşamını sürdürdüğü bir besin ortamı sağlanmaması için rutubet değerinin %20'yi aşmaması, yeterli oksijenin bulunmaması ve 15-45 °C aralığında sıcaklık olmaması gerekmektedir. Bu değerlere dış ortam koşullarında kullanılan ahşap malzemedeki daha sık rastlanılmaktadır (Zabel ve Morrell, 1992; Yıldız,

2000). Bu yüzden iç ortam koşullarında mantar tahribatı fazla görülmemektedir. Ancak ahşap malzemenin kullanıldığı ortamın çok rutubetli olması sonucu mantar tahribatı, küflenme, renk değişimi ve şişmeler meydana gelebilmektedir (Akkılıç ve Avcı, 2015).

3. Dış ortam koşullarında ahşap malzemenin fotodegradasyonu

Dış ortam koşullarında ahşap malzemenin bozunma mekanizması, kullanılan odunun türü, UV ışığı, ortamın rutubet değeri, ortam sıcaklığı, hava kirliliği vb. gibi faktörlerden etkilenmektedir (Feist ve Hon, 1984; Williams, 2005). Bunlar ahşabı çeşitli şartlarda bozundurarak farklı etkiler meydana getirmektedir ve aralarında en önemli etkiyi UV ışığının gösterdiği bildirilmiştir (Feist ve Hon, 1984; Anderson ve ark., 1991a; Temiz ve ark. 2005, 2007; Zhang ve ark., 2009).

Ahşap yapısında kromoforik gruplar bulundurmaktadır. Bunlar karbonil, karboksil, peroksit, kinon, hidroperoksit, konjuge çift bağlar, asetil vb. gibi gruplar olup odunun fotodegradasyonunda oldukça etkilidir (Feist ve Hon, 1984; Temiz, 2005; Williams, 2005; Can ve Sivrikaya, 2019). Ahşap malzemede güneş ışığı, ahşabın yapısındaki kimyasal bağları yeterli ışık ile kopararak fotodegradasyon olayını meydana getirmektedir. Ahşabın yapısındaki bileşenlerden biri olan lignin fotodegradasyondan en çok etkilenendir. Ultraviyole ışığının etkisi sonucu serbest radikaller oluşmaktadır. Bunun sonucunda ise yüzey kimyasında değişiklikler meydana gelmektedir (Temiz, 2005).

Ahşap malzemede ultraviyole bozunmanın ardından metoksil ve lignin içeriğinde bir düşüş meydana gelmekte, karboksil ve asidite oranında ise bir artış gerçekleşmektedir. Işık etkisiyle odunun yüzeyinde renk değişimleri ve çatlaklar görülmektedir. Degradasyonun oluşması ise hücre çeperi bağlarının dayanımı yüzeye yakın olan yerlerde kaybedilmesiyle meydana gelmektedir (Temiz, 2005; Can, 2018).

4. İç ortam koşullarında ahşap malzemenin fotodegradasyonu

Ahşabın iç ortam koşullarında bozunmasına neden olan faktörler, ahşabın yüzeyinde renk değişikliği, grileşmeye ve yüzeyde liflenme meydana getirerek yüzey kalitesini bozundurmaktadır. Bunun sonucunda ahşapta fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmektedir (Derbyshire ve Miller, 1981). Ahşabın iç ortam koşullarında bu bozundurucu faktörlere maruz kalma süresi artarsa, ahşap yüzeyde çatlaklar, eğilmeler ve koşulların uygun ol-

ması durumunda biyolojik zararlıların verdiği hasarlar meydana gelmektedir. İç ortam koşullarında kullanılan ahşap dış ortam koşullarında kullanılan ahşaba kıyasla daha az renk değişimine uğrar. Çünkü fotooksidasyondan sorumlu UV spektrumun bir kısmı cam tarafından absorbe edilir. İç ortam koşullarında kullanılan ahşap malzemenin renk değiştirmesinde UV ile görünür ışığın etkisi olduğu ve görünür ışığın odundaki ekstraktifleri degrade edebilecek enerjiye sahip olduğu belirtilmiştir (Williams, 2005). Çeşitli organik bileşiklerden oluşan ekstraktifler, lignin ve karbohidratlara kıyasla daha düşük enerjilerde fotodegradasyona uğrayabilirler. Oysa görünür ışık, lignin ve odun karbohidratlarındaki bağları koparma yeteneğine sahip enerjiye sahip değildir (Williams, 2005).

İç ortamda kullanılan ahşap ürünler çoğunlukla natürel ya da şeffaf üst yüzey işlem maddeleri ile muamele edilerek kullanılırlar ve güneş ışınları bu yüzeyi kolaylıkla degrade edeceği için renklenme kaçınılmaz olur (Miklečić ve ark., 2011). Odunun renk değiştirmesinde ışığın enerjisi ve UV bölgesinde olması önemlidir (Miklečić ve ark., 2011). Lignin ultraviyole ışığı absorbe ederek serbest radikallerin oluşumunu sağlamaktadır ve bunların etkisiyle moleküler yapı ayrılmaktadır. Sonucunda ise oksitlenmiş radikallerin oluşumu meydana gelmektedir.

Ahşap malzemenin yüzeyinde meydana gelen renk değişikliklerine kinonlar da neden olmaktadır. Bu degradasyonun gelişmesi biraz zaman almaktadır (Feist ve Hon, 1984; Kartal, 1992; Temiz, 2005; Williams 2005; Temiz ve ark., 2005; Kılıç ve Hafizoğlu, 2007).

Yoğunluğu yüksek ağaç türlerinin fotodegradasyona karşı dayanımı, düşük yoğunluklu olan ağaç türlerine karşı daha iyi olduğu görülmektedir (Anderson ve ark., 1991b). Yaşlanma sonrasında odundaki spektrumlar karşılaştırıldığında, düşük yoğunluklu ağaç türlerinin fonksiyonel gruplarında ciddi şekilde göze çarpan değişiklikler görülüyorken, yüksek yoğunluklu ağaç türlerinde küçük değişiklikler görüldüğü tespit edilmiştir (Anderson ve ark., 1991b).

5. Ahşap malzemeye uygulanan iç ortam yapay ve doğal yaşlandırma testleri

Ahşabın yüzeyinde iç ve dış ortam faktörlerinin etkisini en kısa zamanda saptamak için yapay yaşlandırma testleri yapılmaktadır. Bu testlerde, ahşap yüzeye dış ortam koşullarındaki etkinin benzeri olması için güneş ışığı, sıcaklık, nem ile yağmur etkisi gösterecek birtakım döngülerin kullanılması gerekmektedir. Laboratuvarında yaşlandırma test-

lerinin yapılması; UV florasan lamba, ksenon-ark lambası ve termal işlemlerle yapılarak 3 şekilde gerçekleştirilebilir (Çakıcıer ve Korkut, 2009; Çolak, 2014; Arpacı ve Tomak, 2020).

Termal işlemler olarak ifade edilen ısıl döngü testi (donma ve çözünme) kaplamaların veya kaplama sistemlerinin tekrarlanan ısıl döngülere karşı çatlama, kabarma, yapışma direnci ve benzeri özelliklerini değerlendirmek için kullanılan bir test yöntemidir (ASTM D6944, 2020). Oberhofnerova ve ark. (2018), Kristyna ve ark. (2020), Budakçı ve Korkurt (2010) çeşitli vernik/kaplamalar ile muamele edilen odun örneklerini farklı döngü ve sıcaklıklarda ısıl döngü prosesine maruz bırakmış ve ısıl döngü prosesi sonrasında örneklerde renk ve parlaklık bozunmasını incelemiştir. Oberhofnerova ve ark. (2018) ile Kristyna ve ark. (2020), ısıl döngü prosesinin UV yaşlandırmaya göre örneklerde daha az renk ve parlaklık bozunmasına neden olduğunu tespit etmiştir.

Yaşlandırma testinin ultraviyole florasan lamba ile yapımında UVA 340 nm lambalar kullanılmaktadır. Bu lambalar 295-365 nm aralığındaki dalga boyuna sahiptir. Böylelikle doğal ışıkta zararın en az olduğu ışığı vermesi ve dış ortam koşullarında maruz kalma ile en iyi bağıntıyı sağladıkları için çokça tercih edilmektedir. UVA-351 lambaları ise, pencere camında geçen ultraviyole ışığının bir kısmını taklit etmek için kullanılmaktadır. Bu

yüzden, UVA-351 nm lambalar iç ortam koşullarını test etmek için tercih edilmektedir (Chang ve Chang, 2001). UVB ışığı ise malzemelerin, özellikle de polimerlerin, yaşlandırmaya maruz kalma süresince yapısında meydana gelen gevrekliği göstermektedir. Bunun aksine UVA lambaların yüzeyde oluşan renk solmasını ve sararmayı gittikçe hızlandırdığı görülmektedir (ASTM G154, 2006). Süreyi kısaltmak amacıyla yapay yaşlandırma testleri doğal yaşlandırmaya kıyasla tercih edilen bir yöntemdir (Chang ve Chang, 2001).

Ahşap malzemenin UV degradasyonunu belirlemeye yönelik araştırılmasını konu alan çalışmalar özellikle UVA-340 nm'lik lambaların kullanıldığı ve doğal dış ortam koşullarının simüle edilmeye çalışıldığı yapay yaşlandırma testine maruz bırakılması ardından malzemenin dayanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Oysa iç ortam koşullarında pencere yakınındaki kullanım yeri olan ahşap malzemeler camdan geçen güneş ışıkları nedeniyle renk değişimi ve yüzey bozunmasına maruz kalabilmekte ve bu bozunma UVA-351 nm'lik lambaların kullanılması ile yapay olarak simüle edilebilmektedir. İç ortam koşulların (camdan geçen ışığı simüle eden) yaşlandırmasını konu alan çalışmalar dış ortam yaşlandırmasına kıyasla literatürde nispeten daha azdır (Oltean ve ark., 2008, 2010; Zigon ve ark., 2019). Bu konuda yapılan çalışmalar Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 1. İç ortam yapay ve doğal yaşlandırma testleri
Table 1. Indoor artificial and natural weathering tests

Ağaç türü	Lamba	Önemli Bulgular	Çalışmayı yapanlar
Soğuk suda ekstrakte edilen sarıçam odunu kullanılmıştır.	Soğuk suda ekstrakte edildikten sonra 0,5Wm ⁻² ve 38 °C'de 340nm ve 351nm dalga boyundaki lambalara maruz bırakılmıştır.	Örneklerin 1, 5, 10, 25, 50 ve 100 saat boyunca renk ölçümünü yapmış ve ilk 10 saatte önemli değişimler tespit etmiştir.	Stachowiak-Wencek ve ark. (2013)
Ipe (<i>Tabebuia</i> spp.) örneğinin UV ışınlarıyla fotodegradasyonu üzerine iki tip lamba kullanılmıştır.	UVA-340nm ve 351nm 0,5Wm ⁻² ve 38 °C'de kullanılarak 1, 5, 10, 25, 50 ve 100 saat sonrasında renk değişikliğini gözlemlemiştir.	UVA-340 lambanın etkisi 351nm lambaya kıyasla daha fazla değişikliğe neden olmuştur.	Zborowska ve ark. (2014)
Asit ve alkali ile muamele edilen kara-ceviz (<i>Juglans nigra</i>) odunu örnekleri kullanılmıştır.	Asit ve alkali ile muamele edildikten sonra 0,5Wm ⁻² ve 38 °C'de UVA-351nm ve 340nm ışığa 100 saat maruz bırakılmıştır.	Sonuçlarda örneklerin b* renk parametresinin iç ortam koşullarındaki ışığa daha duyarlı olduğunu bulmuştur.	Zborowska ve ark. (2015)
Isıl işlemli kavak ve kızılgağaç odunu örnekleri kullanılmıştır.	Riga'da doğal dış ve iç ortam ile 340nm'lik lambaların kullanıldığı yapay yaşlandırma testine 30 saat boyunca bırakılmıştır.	2,5, 5 ve 10 saat sonunda renk parametreleri belirlenmiş ve testler kendi içinde kıyaslanmıştır.	Cirule ve ark. (2015)

(Tablo 1'in devamı / Table 1 continued)

Ağaç türü	Lamba	Önemli Bulgular	Çalışmayı yapanlar
Titanyum oksit, çinko oksit ve mika katkılı üst yüzey işlemleriyle muamele edilen radiata çamı, kwila, tik, akasya, kayın, mahogany, akçağaç, meşe, dişbudak ve kara-ceviz kullanılmıştır.	UVA-351nm ve 340nm 0,5Wm ⁻² ve 38 °C'de deney yapılmıştır.	Üst yüzey işleminden sonra iç ortam koşulları (camdan geçen ışık) ve dış ortam koşullarının simüle edildiği yaşlandırma testine sırasıyla ASTM G24-97 ve ASTM D1006-01 standartları esas alınarak tabii tutulmuş ve örneklerde meydana gelen renk değişimleri araştırılmıştır.	Baur ve ark. (2006)
Boya ile muamele edilen huş kaplama örnekleri kullanılmıştır.	Muamele ettikten sonra 254, 313, 340, 365 ve 420 nm ışık kaynağında, 55 °C'de, %50 bağıl nemde ve 35 Wm ⁻² 'de 5, 10, 20, 40 ve 100 saat boyunca yapay olarak yaşlandırmış ardından örneklerin renk ve FTIR analizleri yapılmıştır.	Renk değişiminin araştırılan tüm dalga boylarının ilk saatlerinde önemli olduğunu bulmuş, 254nm'de ilk 20 saatlik değişim dikkati çekmiştir. En fazla renk değişimi 254 ve 420nm'ye kıyasla 313 ve 340 nm'de görülmüştür. Renk değişiminin karbonil grupların oluşması ve lignin degradasyonu ile alakalı olduğu belirtilmiştir.	Liu ve ark. (2015)
<i>Tsuga heterophylla</i> , <i>Cunninghamia lanceolata</i> , <i>Cryptomeria japonica</i> odunu örnekleri kullanılmıştır.	UVA-351nm lambalarda 60°C'de 4, 8, 16 saat ile 1, 4, 8, 12 ve 16 gün boyunca yapay yaşlandırma testine maruz bırakılmış ve aynı zamanda gerçek iç ortam koşullarında 1, 2, 3, 6 ay ile 1, 2, 3, 4 ve 5 yıl boyunca %65-95 bağıl nemde 12,8-30 °C'de bekletilmiştir.	Regresyon modelleri ile 2 yaşlandırmayı kıyaslamıştır. Yapay yaşlandırmanın doğal koşullara kıyasla 250 kez daha fazla renk değişimine sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmanın yapraklı ağaçlar ile yapılmasına gerek duyulduğu belirtilmiştir.	Chang ve Chang (2001)
Avrupa'da yaygın olarak kullanılan on altı ağaç türü kullanılmıştır.	Örnekleri 3 mm pencere camı filtresi ile donatılmış bir ksenon arkı lambasına 765Wm ⁻² radyasyonda ve 45 °C'de 600 saat süreyle maruz bırakılmışlardır.	Önemli renk değişimleri İYA'da ilk 24 saat içerisinde, YA'da ilk 12 saat içinde tespit edilmiştir. Örnekler için kırılma noktası 120 saat olarak belirlenmiştir.	Oltean ve ark. (2008)
2 tip kavak hibriti ile yalancı akasya odun örnekleri kullanılmıştır	Örnekler 96 saat pencere cam ekipmanlı ksenon ark lambasında 765Wm ⁻² ışınımı ve 45 °C'de maruz bırakılmıştır.	Örneklerdeki renk değişimlerini 30, 60, 90 ve 120 dakika ile 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat boyunca tespit edilmiştir. 12 saat sonunda önemli renk değişimleri olduğu belirlenmiş ve 72 saate kadar artış gösterdiği rapor edilmiştir.	Oltean ve ark. (2010)
Isıl işlemleri ve yüzeyi üst yüzey işlem maddeleri (su bazlı, 2k solvent bazlı poliüretan ve su bazlı nano kimyasal madde) ile kaplanan dişbudak, kayın ve adi gürgen örnekleri kullanılmıştır.	UVA-351nm lambalarla 60 °C'de 0,77Wm ⁻² nm ⁻¹ koşullarında 768 saat (32 gün) boyunca araştırılmıştır	Örneklerin FTIR ve renk değişimleri 1, 2, 4, 8, 16 ve 32 gün sonrasında belirlenmiştir. İlk 4 günde L* değerlerinde azalmalar gözlenmiştir. Kontrol örneklerinde ilk 8 günde önemli renk değişimleri tespit edilmiştir.	Mikleciç ve ark. (2011)

(Tablo 1'in devamı / Table 1 continued)

Ağaç türü	Lamba	Önemli Bulgular	Çalışmayı yapanlar
Isıl işlemler ve üst yüzeyi kaplanan kayın, gürgen ve dişbudak örnekleri kullanılmıştır.	351nm lambalar ve 60 °C'de 32 gün yaşlandırma testine tabi tutulmuş ve 1, 2, 4, 8, 16 ve 32. günün sonunda renk değişimlerini belirlemiştir.	Test sonunda yüzeyi kaplanmayan örneklerde kaplanan örneklere kıyasla daha fazla renk değişimi tespit edilmiştir.	Mikleic ve ark. (2008)
Bu çalışmada kızılâğaç ve kiraz kaplama örnekleri kullanılmıştır.	1 ve 3 ay boyunca yaklaşık 25 °C'de ve %60 bağıl nemde iç ortam koşulunda ışık ve karanlık ortamda bekletilmiş ve örneklerin renk değişimleri belirlenmiştir.	Örneklerde önemli renk değişiklikleri tespit edilmiştir.	Salca ve ark. (2007)
OSB, yongalevha, MDF ve kontrplak levha örnekleri kullanılmıştır.	6 farklı proseste iç ortam yaşlandırma testine tabi tutulmuştur. Testler 10 yıl ve ortam rutubeti %5 ile 18 arasında tutulmuştur.	Test sonunda örneklerin mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü, iç yapışma direnci ve vida tutma direncini) araştırılmıştır.	Sekino ve Korai (2018)
Sarıçam odun örnekleri kullanılmıştır.	351nm lambalar kullanılmıştır.	Sarıçamın yaşlandırmasını renk ölçümünü inceleyerek araştırmıştır.	Grekin ve ark. (2005)
Taze kesilmiş kızılâğaç kaplama örnekleri kullanılmıştır.	20-22,5 °C'de %62 bağıl nemde 1 ve 3 ay boyunca güneşli ve karanlık olan 2 iç ortam koşulunda bekletmiş, örneklerin renk ölçümünü yapmıştır.	Renk parametrelerinde değişimler güneşli ortamda ilk ay sonunda belirgin olarak ortaya çıkmıştır.	Salca ve Cismaru (2011)
İç ortam koşullarında depolanmış Japon sediri örnekleri kullanılmıştır.	%65 bağıl nemde, 18-21 °C'de, 32W*6 floresan lambada günde 8 saat lambanın açık olduğu iç ortam koşullarında renk, kimyasal ve mikroskobik analizler yapılmıştır.	Örneklerde meydana gelen değişimlerin dış ortam koşullarında meydana gelen tahribata benzer olduğunu vurgulamıştır.	Lee ve ark. (2009)
Kayın, sarıçam, yalancı akasya, kavak, zelnova, Japon sediri, bambu, Japon selvi, ladin kaplamaları kullanılmıştır.	Örnekler doğal koşullarda güneş ışığına ve 300-400nm aralığında 200 saat ksenon ışığı ile 20 saat civalı ışığa maruz bırakılmıştır.	Örneklerin renk ve yüzey kimyasını araştırmıştır.	Tolvaj ve Mitsui (2005)
Yüzeyleri modifiye edilen akçağaç ve çam odunu örnekleri kullanılmıştır.	Dış (0,35Wm ⁻² nm ışınımında 340nm lamba) ve iç ortam (1,10Wm ⁻² nm, 420 nm, işlem döngüsü: 3,8 saat ışık, %35 bağıl nem ve 63 °C sıcaklık; 1 saat karanlık, %90 bağıl nem, 43°C) yaşlandırma testlerine 250, 500, 750 ve 1000 saat tabi tutulmuştur.	Örneklerin temas açısı, rengi ve boyut stabilitesi analiz edilmiştir.	Raphael ve ark. (2018)
CuP ile emprenyele edilen 3 grup Bambu odun örnekleri kullanılmıştır.	Örnekler UVA-351nm lambalar kullanılarak 60 °C'de 32, 180 ve 360 gün yapay olarak yaşlandırılmaya maruz bırakılmış, ayrıca bir grup örnekte Tayvan'da 1 yıl boyunca doğal dış ortam ve iç ortam testine tabii tutulmuştur	Örneklerin renk parametreleri incelenmiştir. Emprenyeli örnekler daha iyi bir yüzey rengi vermiştir.	Wu ve ark. (2002)
Plasma ile yüzeylerin aktivasyonu amaçlanan ladin ve kayın odun örnekleri kullanılmıştır.	3mm pencere cam ekipmanlı 340nm ksenon ark lambası- 0,35Wm ⁻² -55 °C kullanılmıştır.	5, 10 ve 24 saat maruz bırakarak yaşlandırma testine tabi tutulmuş, odunun yaşlanması ile renginde önemli değişiklikler olduğu, aromatik lignin bileşenlerinde azalmalar olduğu, geçitlerin açıldığı ve hücre çeperinde bozunmalar olduğu gözlemlenmiştir.	Zigon ve ark. (2019)

İç ortam yaşlandırmasını simüle eden yapay yaşlandırma testlerinden görüleceği üzere odun yüzeyindeki değişiklikler odunun özellikleri, lamba türü, ışık kaynağı (yoğunluk ve dalga boyu), ışınma süresi ve sıcaklık ile rutubet gibi faktörlere bağlıdır (Oltean ve ark., 2008, 2010; Zigon ve ark., 2019).

Yapılan çalışmalarda, iç ortam yaşlandırması uygulandıktan sonra yoğunlukla odunun yüzeyindeki renk farklılıkları ve yüzey kimyasındaki değişimin araştırıldığı görülmüştür. İç ortam yaşlandırmasını konu alan çalışmalar incelendiğinde yoğunlukla camdan geçen ışığı simüle eden ve 351 nm'lik lambaların kullanıldığı yapay yaşlandırma testleri çalışılmıştır. Cama yakın bir yerde doğal iç ortam koşullarına maruz bırakılmaya yönelik çalışmalar ise yapay yaşlandırmaya kıyasla daha az çalışılmıştır (Chang ve Chang, 2001; Wu ve ark., 2002; Salca ve ark., 2007; Lee ve ark., 2009; Salca ve Cismaru, 2011; Cirule ve ark., 2015; Liu ve ark., 2016).

6. Ahşabın yapay ve doğal yaşlandırmasında öne çıkan modelleme çalışmaları

Laboratuvar ortamında yapılan yapay yaşlandırma testlerinin sonuçları malzemenin doğal ortam koşullarında ne kadar dayanma göstereceği sorusuna da cevap aramaktadır. Bu konuda yapay ve doğal yaşlandırma test sonuçları arasında modellemeler yapılmıştır. Atlas Malzeme Test Cihazı Şirketine göre (Linsengericht, Almanya, www.atlasmtt.com) 26 gün süresince yapay yaşlandırma test cihazında (UVA-312 nm, 765 W/m², 45 °C) bekleme zamanının Avrupa'daki bir iç mekan kullanımında (camın arkası) 1 yıla eş değer olduğu belirtilmiştir (Oltean ve ark., 2008, 2010; Valverde ve Moya, 2014).

Chang ve Chang (2001), tsuga (*Tsuga sp.*), göknar (*Abies sp.*) ve sedir (*Cedrus sp.*) ağaç türü örnekleri ile UVA-351 nm lambaların 16 gün süresince kullanıldığı iç ortam yaşlandırma testinin Tayvan'daki gerçek iç alanda 5 yıla eş değer olduğunu bildirmiştir.

Wu ve ark. (2002) bambu (*Bambusoideae*) örneklerinin 32 gün UVA-351 nm lamba yaşlandırmasını Tayvan'daki gerçek iç ortamda 22 yıla eşdeğer olduğunu rapor etmiştir.

Liu ve ark. (2016) pavlonya (*Paulownia sp.*), odun türü örneklerini 3 farklı yaşlandırmaya maruz bırakmış (doğal iç ortam testi-6 ay-Brasov, UV testi -72 saat, sıcaklık yaşlandırma testi-288 saat) ve örneklerdeki renk farklılığını ile yüzey kimyasını (FTIR) araştırmıştır. Doğal iç ortam testinde örnekler cam arkasında 20-25 °C'de, 90 derecelik açı ile güney yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiş ve her ay renk ölçümleri yapılmıştır. UV testinde 24,

48 ve 72 saat, sıcaklık yaşlandırma testinde ise 72, 144, 216 ve 288 saat sonunda ölçümler alınmıştır. Sonrasında renk ve FTIR ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlarda 3 aylık doğal iç ortam yaşlandırması 36 saatlik UV testine eşdeğer olduğu görülmüştür. Doğal iç ortam ile kıyaslandığında UV testinde yaşlandırma indeksi 50X olarak bulunmuştur.

7.Sonuçlar ve Öneriler

Ahşap ürünlerde dış ortam koşullarına benzer şekilde iç ortamda da ligninin foto-oksidasyonu sonucu zamanla sararmalar ve koyulaşmalar görülmektedir. İç ortam koşullarının da renk değişimi ve yüzey kimyasındaki değişim başta olmak üzere ahşap yüzeylerde önemli değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. İç ortam koşullarında kullanılan ahşap malzemenin renk değiştirmesinde UV ile görünür ışığın etkisi olduğu ve görünür ışığın odundaki ekstraktifleri degrade edebilecek enerjiye sahip olduğu belirtilmiştir. Yapay ve doğal iç ortam yaşlandırma testleri; ağaç türüne, lamba türüne, filtre kullanılıp kullanılmamasına, radyasyon süresine ve değerine, yaşlandırma testindeki sıcaklığa, örneklerin konulduğu ülkenin iklimsel parametrelerine ve bozundurucu faktörlerine göre değişiklik göstermektedir (Pandey ve Vourinen, 2008; Tolvaj ve ark., 2011; Liu ve ark., 2016).

Literatürde yapay yaşlandırma ile gerçek ortam koşullarında yaşlandırma arasında korelasyona yönelik çalışmaların çok olmadığı ve bu konuda yapılacak çalışmalara gerek duyulduğu bahsedilmiştir. İç ortam koşulların (camdan geçen ışığı simüle eden) yaşlandırmasını konu alan çalışmalar dış ortam yaşlandırmasına kıyasla literatürde nispeten daha azdır.

Açıklama

Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi'nin 50. yılına özel etkinlikleri kapsamında, 6 - 9 Aralık 2021 tarihleri arasında düzenlenen IV. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Ancak, tam metin halinde hiçbir yerde yayımlanmamıştır.

Kaynaklar

Akkılıç, H., Avcı, E. Mobilya servis ömrünün uzamasında kullanıcı faktörü, *3. Ulusal Mobilya Kongresi*, Konya, Turkey, pp.45-57, 2015

Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist, W.C. 1991a. Infrared studies of wood weathering. Part I: Softwoods, *Applied Spectroscopy*, 45 (4), 641-647.

Anderson, E.L., Pawlak, Z., Owen, N.L., Feist W.C. 1991b. Infrared studies of wood weathering. Part II: Hardwoods, *Applied Spectroscopy*, 45 (4), 648-652.

- Andrady, A. L., Hamid, S. H., Hu, X., & Torikai, A. 1998. Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *Journal of photochemistry and photobiology B: Biology*, 46(1-3), 96-103.
- Arpacı, Ş. S., Tomak, E. D. 2020. Yaşlandırma testlerinin ahşap malzemenin özelliklerine etkisi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(2), 654-673.
- ASTM G154. 2006. Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials, American Society for Testing and Materials. (astm.org)
- ASTM D6944. 2020. Standard Practice for Determining the Resistance of Cured Coatings to Thermal Cycling, American Society for Testing and Materials. (astm.org)
- Aydin, I., Colakoglu, G. 2005. Effects of surface inactivation, high temperature drying and preservative treatment on surface roughness and colour of alder and beech wood. *Applied Surface Science*, 252(2), 430-440
- Baur, S., Easteal, A., Edmonds, N., Waddingham, D., Jones, R., Devendra, R. 2006. Photoprotection and photostabilisation of timber surfaces using clear coatings. *Surface Coatings Australia*, 43(10), 20.
- Browne FL, Simonson HC 1957. The penetration of light into wood. *For Prod J* 7(10):308-314
- Budakçi, M., Korkut, D.S. 2010. The color changes on varnish layers after accelerated aging through the hot and cold-check test, *African Journal of Biotechnology*, 9(24), 3595-3602.
- Burtin P, Jay-Allemand C, Charpentier J-P, Janin G 1998. Natural wood colouring process in *Juglans sp.* (*J.nigra*, *J.regia* and hybrid *J.nigra* 23x *J.regia*) depends on the native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heartwood. *Trees* 12:258-264
- Can, A., 2018. Su itici maddeler ile kombine edilmiş bazı empenye maddelerinin performansının incelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi, Doktora Tezi, Bartın, Türkiye.
- Can, A., Sivrikaya, H. 2019. Surface characterization of wood treated with boron compounds combined with water repellents. *Color Research & Application*, 44(3), 462-472.
- Chang, H. T., Chang, S. T. 2001. Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and by indoor exposure, *Polymer Degradation and Stability*, 72, 361-365.
- Cirule, D., Kuka, E., Antons, A. 2015. Disparity in discoloration of thermally modified wood exposed to solar and artificial ultraviolet irradiation, *Rural Sustainability Research*, 34(329), 10.1515.
- Çakıcıer, N., Korkut, D.S. 2009. Ahşap yüzeylere uygulanan kaplama katmanlarında yaşlandırma Testleri, *Düzce Üniversitesi Ormanlık Dergisi* , 5 (1), 75-90.
- Çolak G. 2014. Isıl işlemin (Thermowood yöntemi) bazı ağaç türlerinin fiziksel özellikleri, çürüklük ve hava koşullarına karşı dayanıklılığı üzerine etkileri). Düzce Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / (Yüksek Lisans Tezi
- Derbyshire, H., Miller, E. R. 1981. The photodegradation of wood during solar irradiation. *Holz Roh Werkst off Journal*, 39(8), 341-350.
- Erdin, N. 2009. Ahşap Konservasyonu. İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No:51, İstanbul
- Feist, W.C., Hon, D.N.S. 1984. Chemistry of weathering and protection, The chemistry of solid wood, *Advances in chemistry series*, 207, 401-451
- Grekin, M., Lukkarinen, A., Verkasalo, E. 2005. Colour change of Nordic Scots pine wood under UV radiation – A laboratory approach, *Natural Resources Institute*, 16, FI-96301.
- Hayoz, P., Peter, W., Rogez, D. 2003. A new innovative stabilization method for the protection of natural wood. *Progress in organic coatings*, 48(2-4), 297-309.
- Hon DNS, Chang S-T 1982. Participation of singlet oxygen in the photodegradation of wood surfaces. *Wood Sci Technol* 16:193-201
- Hon DNS, Feist WC 1992. Hydroperoxidation in photoirradiated wood surfaces. *Wood Fiber Sci* 24(4):448-455
- Hon DNS, Ifju G 1978. Measuring penetration of light into wood by detection of photo-induced free radicals. *Wood Sci* 11:118-127
- Hon DNS, Shiraishi N 2001. Wood and Cellulose chemistry, Chap. 9 Color and Discoloration, Chap. 11 Weathering and photochemistry of wood. Marcel Dekker Inc, New York, Basel
- Kartal,S.N. 1992. Odun degradasyonunda güneş ışığı ve su etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42,169-176.
- Kataoka, Y., Kiguchi, M., Williams, R. S., Evans, P. D. 2007. Violet light causes photodegradation of wood beyond the zone affected by ultraviolet radiation.
- Kılıç, A., Hafızoğlu, H. 2007. Açık hava koşullarının ağaç malzemenin kimyasal yapısında meydana getirdiği değişimler ve alınacak önlemler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orm Fak Derg A* (2), 175-183.
- Kristýna, Š., Štěpán, H., Eliška, O., Miloš, P., Hakan, F. 2020. Effect of artificial weathering and temperature cycling on the adhesion strength of waterborne acrylate coating systems used for wooden windows, *Journal of Green Building*, 15(1), 1-14.
- Lee, K. H., Cha, M. Y., Chung, W. Y., Bae, H. J., Kim, Y. S. 2009. Chemical and morphological change and discoloration of cedar wood stored indoor. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 37(6), 566-577.
- Liu, X. Y., Timar, M. C., Varodi, A. C., Yi, S. L. 2016.

- Effects of ageing on the color and surface chemistry of paulownia wood (*P. elongata*) from fast growing crops, *Qing Hua East Road*, 35, 100083.
- Liu, Y., Shao, L., Gao, J., Guo, H., Chen, Y., Cheng, Q., Via, B. K. 2015. Surface photo-discoloration and degradation of dyed wood veneer exposed to different wavelengths of artificial light. *Applied Surface Science*, 331, 353-361.
- MacLeod IT, Scully AD, Ghiggino KP, Ritchie PJA, Paravagna OM, Leary B 1995. Photodegradation at the wood-clearcoat interface. *Wood Sci Technol* 29:183–189
- Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Antonović, A. 2012. Discolouration of coated modified oak wood during simulated indoor sunlight exposure, *Innovation In Woodworking Industry And Engineering Design*, 1 (1), 31–37.
- Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Antonović, A., Španić, N. 2011. Discolouration of thermally modified wood during simulated indoor sunlight exposure, *BioResources*, 6(1), 434-446.
- Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Čmarec, S. 2008. Photosresistance of heat treated wood in interior use. In Proceedings of the 19th International Scientific Conference Wood is Good: Properties, Technology, Valorisation, Application. Ed. Grbac, I. Faculty of Forestry, University of Zagreb (pp. 137-143).
- Mitsui K. 2004. Changes in the properties of light irradiated wood with heat treatment: Part 2 Effect of light irradiation time and wavelength. *Holz Roh- Werkst* 62:23–30
- Muller U, R "atzsch M, Schwanninger M, Steiner M, Z "obl H 2003 " Yellowing and IR-changes of spruce wood as a result of UVirradiation. *J Photochem Photobiol B* 69:97–105
- Oberhofnerová, E., Hýsek, Š., Pánek, M., Böhm, M. 2018. Effect of artificial weathering and temperature cycling on the performance of coating systems used for wooden Windows, *Journal of Coatings Technology and Research*, 15(4), 851-865.
- Oltean, L., Hansmann, C., Nemeth, R., Teischinger, A. 2010. Wood surface discolouration of three hungarian hardwood species due to simulated indoor sunlight exposure, *Wood Research*, 55, 49-58.
- Oltean, L., Teischinger, A., Hansmann, C. 2008. Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure, *HolzalsRoh- und Werkstoff*, 66, 51–56.
- Pandey KK. 2005. A note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood. *Polym Degrad Stabil* 87:375–379
- Pandey, K. K., Vuorinen, T. 2008. Comparative study of photodegradation of wood by a UV laser and a xenon light source, *Polymer Degradation and Stability*, 93(12), 2138-2146.
- Papp G, Preklet E, Kosikova B, Barta E, Tolvaj L, Bohus J, Szatm "ari ' S, Berkesi O 2004. Effect of UV laser radiation with different wavelengths on the spectrum of lignin extracted from hard wood materials. *J Photochem Photobiol A* 163:187–192
- Pastore TCM, Santos KO, Rubim JC. 2004. A spectrorimetric study on the effect of ultraviolet irradiation of four tropical hardwoods. *Bioresour Technol* 93:37–42
- Raphael, W., Martel, T., Landry, V., Tavares, J. R. 2018. Surface engineering of wood substrates to impart barrier properties: a photochemical approach. *Wood science and technology*, 52(1), 193-207.
- Salcă, E. A., Cismaru, I. 2011. Colour changes evaluation of freshly cut alder veneers under the influence of indoor sunlight. *Pro Ligno*, 7(1), 15-24.
- Salcă, E. A., Cismaru, I., Fotin, A. 2007. Effect of sunlight upon colour stability of alder and cherry veneers. *Pro Ligno*, 3(4).
- Sekino, N., Korai, H. 2018. The evaluation of long-term mechanical properties of wood-based panels by indoor exposure tests. *Journal of Wood Science*, 64(4), 377-389.
- Stachowiak-Wencek, A., Zborowska, M., Waliszewska, B., Prądzyński, W., Nowaczyk-Organista, M. 2013. Colour changes in pine wood subjected to ageing tests in an uv chamber, *Forestry and Wood Technology*, 84, 300-304.
- Temiz, A. 2005. Benzetilmiş dış hava koşullarının empenyeli ağaç malzemeye etkileri, Doktora Tezi. KTU, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Temiz, A., Terziev, N., Eikenes, M., Hafren J. 2007. Effect of accelerated weathering on surface chemistry of modified wood, *Applied Surface Science*, 253, 5355-5362.
- Temiz, A., Yildiz, U.C., Aydin, I., Eikenes, M., Alfredsen, G., Colakoglu, G. 2005. Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test, *Applied Surface Science*, 250, 35-42.
- Terzi, E., 2008. Amonyum bileşikleri ile empenye edilen ağaç malzemenin yanma özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tolvaj L, Faix O. 1995. Artificial ageing of wood monitored by DRIFT spectroscopy and CIEL*a*b* color measurements. *Holzforshung* 49:397–404
- Tolvaj, L., Mitsui, K. 2005. Light source dependence of the photodegradation of wood, *Journal of Wood Science*, 51, 468–473.
- Tolvaj, L., Persze, L., Albert, L. 2011. Thermal degradation of wood during photodegradation, *Journal of Photochemistry And Photobiology*, 105, 90–93.
- Turkulin H, Sell J. 2002. Investigations into the photodegradation of wood using microtensile testing. Part 4: Tensile properties and fractography of weathered wood. *HolzRoh- Werkst* 60:96–105

-
- Valverde, J. C., Moya, R. 2014. Correlation and modeling between color variation and quality of the surface between accelerated and natural tropical weathering in *Acacia mangium*, *Cedrela odorata* and *Tectona grandis* wood with two coating. *Color Research & Application*, 39(5), 519-529.
- Williams, R.S. 2005. Weathering of wood, Handbook of wood chemistry and wood composites. R. Florida. 139-185.
- Wu, J. Y., Wu, S. Y., Hsieh, T. Y., Chang, S. T. 2002. Effects of copper-phosphorous salt treatments on green colour protection and fastness of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*), *Polymer Degradation and Stability*, 78, 379–384.
- Yıldız, Ü.C. 2000. Odun zararlıları ders notları (basılmamış). Trabzon: KTÜ, Orman Fakültesi.
- Zabel, R.A., Morrell, J.J. 1992. Wood Microbiology: Decay and Its Prevention, UK: *Academic Press.*, 254-25
- Zborowska, M., Pradzynski, W., Stachowiak – Wencek, A., Waliszewska, B., Biernat, H. 2015. “ Δa^* and Δb^* of walnut wood (*Juglans nigra L.*) treated with acid and alkaline buffers and UV - VIS light irradiation” *Ann. WULS - SGGW, For. and Wood Technol.*, 91, 229-233.
- Zborowska, M., Wencek, A. S., Waliszewska, B., Prądzyński, W. 2014. Annals of comparative studies of ipe (*tabebuia spp.*) wood photodegradation cause by treatment with outdoor and indoor UV-a light irradiation, *Forestry and Wood Technology*, 88, 292-296.
- Zhang, J., Kamdem, P.D., Temiz, A. 2009. Weathering of copper–amine treated wood, *Applied Surface Science*, 256, 842–846.
- Zigon, J., Petrič, M., Dahle, S. 2019. Artificially aged spruce and beech wood surfaces reactivated using FE-DBD atmospheric plasma. *Holzforschung*, 73(12), 1069-1081.