



## Emprenyeli Sarıçam Ağaç Malzemeye Uygulanan Üst Yüzey İşlemlerinin Isı İletkenliğine Etkisinin Belirlenmesi

Raşit ESEN<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, 78100, Safranbolu/KARABÜK

### Öz

Ağaç malzeme iç ve dış mekânda bir çok alanda yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, yangın geciktirici özelliğe sahip olan; boraks, çinko klorür, borik asit ve amonyum sülfat ile 2 çeşit emprenye yöntemi (daldırma, basınç) uygulanarak emprenye edilen sarıçam ağaç malzeme üzerine farklı üst yüzey vernikleri (sentetik, poliüretan, selülozik,) ve boyaları (endüstriyel selülozik, sentetik, selülozik,) uygulanarak ısı iletkenliğine etkisini belirlemektir. Isı iletkenliği testi ASTM C 113-99 standardında belirtilen özelliklere göre uygulanmıştır. Sonuç olarak, kullanılan emprenye maddelerinin ısı iletkenliğini düşürdüğü görülmüştür. Isı iletkenliği katsayısı en düşük 0.117 (kcal /mh°C) olarak sarıçam kontrol örneklerinde bulunmuştur. Isı iletkenlik katsayısı en yüksek 0.143(kcal/mh°C) olarak basınç yöntemi uygulanarak borik asit emprenyeli sarıçam örneklerinden elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sarıçam, ısı iletkenliği, vernik ve boyalar, yangın geciktiriciler.

## The Determination of Effect of Finishing on The Thermal Conductivity of Impregnated Scotch Pine

### Abstract

Wood material has used as construction material in many interior and outdoor areas. The aim of this study; to specify effects of wood material (Scotch Pine) impregnated by borax, zinc chloride, boric acid and ammonium sulfate by applying and two type impregnation methods (dipping and pressure), finished with some varnishes (synthetic, polyurethane, cellulosic) and different paints (industrial cellulosic, synthetic, cellulosic) on thermal conductivity. Thermal conductivity test was applied according to ASTM C 1113-99. As a results, observed that impregnation materials increased on thermal conductivity. The founded that the lowest thermal conductivity of 0.117 (Kcal / mh°C) from scotch pine control samples. In addition the highest value thermal conductivity of 0.143 (Kcal/mh°C) was aquired from scotch pine application finished and industrial painted impregnated by boric acid chemical applying pressure method.

**Keywords:** Scotch pine, thermal conductivity, varnishes and paints, fire retardants.

### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Raşit ESEN (Dr.); Karabük Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tas. Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, 78100, Karabük-Türkiye. Tel: +90 (370) 418 8564, Fax: +90 (370) 418 8334, E-mail: [resen@karabuk.edu.tr](mailto:resen@karabuk.edu.tr), ORCID: 0000-0003-1710-7915

Geliş (Received) :05.07.2019  
Kabul (Accepted) :14.10.2019  
Basım (Published) :15.12.2019

## 1. Giriş

En eski yapı malzemesi olan ağaç malzeme iç ve dış mekân donatılarında ilk çağlardan beri kullanılan ve yeri doldurulamayan bir malzemedir. İç mekân ile dış mekan arasında çeşitli kapı, pencere, zemin döşemesi gibi birçok alanda kullanıldığı için ısı iletkenlik değeri önem arz etmektedir. Isı iletkenlik katsayısı kurutma, tutkallı sertleşme süresi gibi özelliklerinde belirlenmesinde önemli rol oynar (Sanyal vd., 1991, Gu ve Zınc-Sharp 2005).

Ağaç malzemenin ısı iletkenliği çok farklı sebeplere bağlı olarak değişmektedir. Ağaç malzemenin içinde bulunan ekstraktif maddeler, lif açısı, denge rutubet değeri, yapısal bozukluklar katsayı değerini doğrudan etkilemektedir (Yapıcı vd., 2011, Raggländ vd., 1992). Isı iletkenlik değeri çok önemli olan pencere yapımında kullanılan farklı ağaç malzemeler üzerine yapılan bir çalışmada en önemli etkenlerden birisi de ağaç malzemenin yoğunluğu olarak elde edilmiştir (Jankowska ve Kozakiewicz 2014). Yoğunluğa bağlı olarak mekanik özelliklerin değiştiği gibi ısı iletkenlik katsayısı da değişmektedir (Laine vd., 2013, Sandberg vd., 2013). Yapılan bir çalışmada; ısı işlem, uygulanan ağaç malzemenin yoğunluğunun azalmasına yol açmaktadır. Bundan dolayı ısı işlem uygulanmamış ağaç malzemenin elde edilen örnekler göre ısı işlem uygulanan ağaçtan elde edilen malzemelerde ısı iletkenliği azalmaktadır (Gu ve Hunt 2007, Aytin vd., 2016, Şahin Kol 2009, Sefil 2010). Aynı ağaç türü için bile yoğunlaştırılmış ağaç malzemenin ısı iletkenliği değeri yoğunluğa bağlı olarak artmıştır (Pelit vd., 2017).

Endüstriyel alanda kullanılan %12 rutubetteki ağaç malzemelerin ortalama ısı iletkenliği 0.1-1.4 w/m.K arasında değişirken, alüminyum 216 w/m.K, çelik 45 w/m.K, beton 0.9 w/m.K, cam 1 w/m.K, olarak elde edilmiştir (George vd., 2010, Simpson vd., 1999).

Ayrıca ısı iletkenlik katsayısının “yanma” üzerinde de belirleyici etkisi vardır (Özdemir vd., 2013). Çeşitli kimyasallar ile empenye edilen ve üstyüzey işlemi uygulanan ağaç malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı hem izalasyon malzemesi olarak hem de yanma direncine karşı koyması açısından önemlidir. Çeşitli kimyasallar kullanılarak yapılan çalışmalar bunu desteklemektedir (Boasiako ve Boadu 2017, Lagüela vd., 2015, Özdemir vd., 2018).

Ağaç malzemenin ısı iletkenliği ile ilgili birçok çalışma olmasına rağmen, empenye yapılmış ve sonrasında üst yüzey işlemi uygulanmış ağaç malzemenin ısı iletkenliğine olan etkisinin çok fazla incelenmediği tespit edilmiştir. Bu amaçla; yangın geciktirici özelliklere sahip olan boraks, çinko klorür, borik asit ve amonyum sülfat, empenye maddeleri ile 2 farklı empenye yöntemi uygulanan sarıçam ağaç malzemenin elde edilen deney örnekleri üzerine; selülozik vernik, poliüretan vernik, endüstriyel boya, selülozik boya, ve sentetik boya uygulanmış örneklerin ısı iletkenlik değerine olan etkisini araştırmak hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Safranbolu ilçesindeki kerestecilerden büyüme kusuru olmayan, reaksiyon odunu bulunmayan, budaksız, gövdesi düzgün olan, mantar vb. zararlılar tarafından tahrip edilmemiş Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ağaç malzeme özenle seçilmiştir.

Emprenye maddesi olarak yangın geciktirici özelliğe sahip olan; çinko klorür, boraks, amonyum sülfat ve borik asit kullanılmıştır. Suda çözünen kimyasal maddelerin en fazla çözüldükleri oran %5 lik çözeltiler halinde hazırlanmıştır. Kullanılan empenye maddelerinin özellikleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Emprenye Maddeleri Özellikleri ve Özellikleri

Emprenye Maddesi	Çözelti Kon.	Çözücü	Safılık	pH		Yoğunluk (g/ml)	
	(%)		(%)	EUÖ	EUS	EUÖ	EUS
Amonyum Sülfat	5	Su	97	6	5.5	1.05	1.06
Boraks	5	Su	98	9.12	9.15	1.07	1.10
Borik Asit	5	Su	98	5.23	5.30	1.02	1.02
Çinko Klorür	5	Su	99	6	5.5	1.07	1.07

EUÖ:Emprenye Uygulama Öncesi, EUS: Emprenye Uygulama Sonrası

Üst yüzey işlemi için; Sentetik, poliüretan, selülozik vernik, sentetik boya, selülozik boya, endüstriyel selülozik boyalar (Disan 2018) kullanılmıştır (TS 2472).

Deney numuneleri  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\% 65 \pm 3$  nemde değişmeyen ağırlığa gelene kadar iklimlendirilmiştir. Deney örneklerinin hava kuruğu yoğunluğu ( $\delta_{12}$ ) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (TS2472).

$$\delta_{12} = M_{12}/V_{12} \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (1)$$

## 2.2. Metod

### 2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Kullanılan deney numuneleri  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\%65 \pm 3$  bağıl neme sahip özel klima odasında değişmez ağırlığa gelene kadar yaklaşık 90 gün bekletilen ağaç malzemelerden kesilmiştir. Hava kuruğu rutubet değerine sahip deney örnekleri 20X50X100 mm ölçülerinde kesilerek standartlara uygun olarak empenye işlemi için deney örnekleri hazırlanmıştır (ASTM D 1413-76, ASTM D-3023-98, TS 344 ,TS345). 2 farklı empenye yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle vakum metodu 760 mmHg olacak şekilde örneklere uygulanmış, bu işlemin ardından 8 atm basınç altında ve çözelti içinde 60 dakika bekletilmiştir. Ardından 760 mm Hg lik 10 dakika süre ile son vakum uygulanmıştır. İkinci olarak uzun süreli daldırma yöntemi olan 48 saat çözelti içinde bekletilerek örneklere empenye uygulanmıştır. Empenye işleminden önce tüm örnekler ağırlıkları  $\pm 0,01$  hassasiyetteki terazi ile tartıldı ve tam kuru ağırlığa ulaşana kadar  $103^\circ\text{C}$  ( $\pm 2$ )de etüvde kurutulmuştur. Empenye işleminden sonra  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\%65 \pm 3$  bağıl nemli ortamda denge rutubet miktarına erişene kadar yaklaşık 15 gün süre ile bekletilmiştir. Bu işlemden sonrasında; empenye yapılmış örnekler  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelene kadar tam kuru ağırlığa getirilmiştir. Desikatörde soğutulan örnekler hassas terazi ile tartılarak deney örneklerinin tam kuru ağırlıkları bulunmuştur. Deney örneklerindeki empenye tutunma (retensiyon) miktarı ASTM D1413-07e1’de belirtilen standartlara göre hesaplanmıştır.

$$R = \frac{G \times C}{V} 10^3 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (2)$$

Buradaki  $G = T_2 - T_1$

$T_2$  Empenye yapılmış örnek ağırlığı (g),  $T_1$  Empenye yapılmadan önceki ağırlık (g),  $V$  numunelerin hacmi ( $\text{cm}^3$ ) ve  $C$  ise çözelti konsantrasyonu (%).

$$R(\%) = \frac{M_{di} - M_d}{M_d} 100 \quad (3)$$

$$G = M_2 - M_1 \quad (4)$$

Buradaki  $G$ , empenye sonrası ağırlık ( $M_2$  kg)tan, empenye öncesi ağırlığı ( $M_1$  kg) çıkartarak bulunur.  $M_{di}$  empenye sonrası tam kuru ağırlık(kg),  $M_d$  empenye öncesi tam kuru ağırlık (kg).

Isı iletkenlik katsayısını belirlemek için ASTM C 1113-99’da belirtilen esaslar dikkate alınarak 20X50X100 mm ölçülerinde kesilmiştir. Deney örnekleri üst yüzey işlemleri için  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\% 65 \pm 3$  bağıl nemi olan ortamda denge rutubeti oluşana kadar iklimlendirme dolabında bekletilmiştir.  $\%12$  denge rutubetine ulaşan bu örnekler ASTM D-3023-98 deki esaslar dikkate alınarak deney örneklerine üst yüzey işlemleri uygulanmıştır. Üst yüzey işlemleri firmanın önerileri ve tavsiyeleri doğrultusunda  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ta uygulanmıştır. Üst yüzey işlemi sonrasında test yapılacak numuneler  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  ve  $\% 65 \pm 3$  bağıl nemde bekletildi.

### 2.4. Isı İletkenlik Testi

Isı iletkenlik testi ASTM C1113-99’da belirtilen standartlara göre gerçekleştirilmiştir(ASTM-C 1113-99, 2004). Deneylerin uygulanması esnasında Quick Thermal Conductivity 500 ısı iletkenlik deney makinesi ve PD-11 sensörlü prob kullanıldı. Isı iletkenlik katsayı değerleri kcal/mh $^\circ\text{C}$  cinsinden ölçülmüştür. Deney örnekleri 20 x 50 x 100 mm ölçülerinde deney numuneleri hazırlanmıştır. Ölçüm zamanı ise standart 100-120 sn (Gu 2001).

### 2.5. Verilerin Analizi

Herhangi bir işlem yapılmayan kontrol örnekleri, 6 farklı üst yüzey malzemesi, 4 farklı emrenye maddeleri ve bir

adet deney numunesi (7x2x5x20) her bir grup için 20'er adet olacak şekilde hazırlanmıştır. Deney sonuçlarından bulunan sonuç verilerine; çoklu varyans analizi uygulanmış, gruplar arası farklılığın önemli olan derecesini bulmak için Duncan testi yapılmıştır.

### 3. Bulgular

2 farklı emrenye metodu ve 4 farklı emrenye maddesi ile emrenye edilen sarıçam deney örneklerinin ortalama yoğunluk verileri tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Elde Edilen yoğunluk verileri (gr/cm<sup>3</sup>)

Emrenye Yöntemi	Boraks	Amonyum Sülfat	Çinko Klorür	Borik Asit	Kontrol
<b>Daldırma</b>	0.536	0.535	0.533	0.542	0.528
<b>Basınç</b>	0.540	0.542	0.537	0.552	0.528

En yüksek yoğunluk değeri basınç yöntemi kullanılarak borik asit ile emrenye edilen sarıçam örneklerinden elde edilmiştir (0.552 gr/cm<sup>3</sup>). En düşük yoğunluk değeri ise; herhangi bir işlem yapılmamış sarıçam kontrol örneklerinden elde edilmiştir(0.528 gr/cm<sup>3</sup>).

Ağaç malzemedeki emrenye tutunma (retensiyon) miktarları hesaplanmış ve tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Emrenye tutunma (retensiyon) miktarı (%)

Emrenye Yöntemi	Boraks	Amonyum Sülfat	Çinko Klorür	Borik Asit
<b>Daldırma</b>	1.56	1.41	0.94	2.58
<b>Basınç</b>	2.30	2.74	1.61	4.54

En yüksek retensiyon miktarı % 4.54 borik asit ile basınç yöntemiyle emrenye edilen sarıçam örneklerinde elde edilirken, en düşük retensiyon miktarı % 0.94'le çinko klorür ile daldırma yöntemiyle emrenye uygulanan sarıçam örneklerinden elde edilmiştir.

Emrenye işlemi uygulandıktan sonra üst yüzey işlemleri uygulanmış ve uygulanan üst yüzey işlemlerinin katı madde miktarları (%) hesaplanmış ve tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Üst yüzey işlemleri katı madde miktarları (gr)

Emrenye Yöntemi	Emrenye Malzemeleri	Poliüretan Vernik	Selülozik Vernik	Sentetik Vernik
<b>Daldırma Yöntemi</b>	Amonyum S.	1.4	1.3	1.8
	Boraks	1.3	1.2	1.6
	Borik Asit	1.0	1.1	1.4
	Çinko Klorür	1.5	1.4	1.9
	Control	1.6	1.4	1.9
<b>Basınç Yöntemi</b>	Amonyum S.	1.1	1.0	1.5
	Boraks	1.2	1.1	1.5
	Borik Asit	0.9	0.8	1.1
	Çinko Klorür	1.3	1.2	1.7
	Control	1.6	1.4	1.9

En yüksek katı madde miktarı % 1,9 sentetik vernik uygulanmış kontrol örneklerinde elde edilmiştir. En düşük katı madde miktarı % 0,8 selülozik vernik uygulanmış basınç yöntemi ile borik asit ile empenye yapılan sarıçam deney örneklerinden elde edilmiştir. Emprenyeli sarıçam ağaç malzeme üzerine uygulanan üst yüzey işlemlerinin ısı iletkenliğine etkisi belirlenmiş ve ortalama değerleri tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Isı iletkenliği katsayı ortalama değerleri (kcal/mh C)

E.T.	Üst Yüzey .	Ortlama	Min..	Maks.	St. Sapma.	Üst Yüzey .	Ortlama	Min.	Maks.	St. Sapma
		<b>Daldırma Yöntemi</b>					<b>Basınç Yöntemi</b>			
<b>Alüminyum Sülfat</b>	Polyester V.	0.134	0.131	0.137	0.0022	Polyester V.	0.139	0.136	0.142	0.0030
	Selülozik V.	0.133	0.130	0.136	0.0019	Selülozik V.	0.138	0.135	0.141	0.0012
	Sentetik V.	0.138	0.135	0.141	0.0017	Sentetik V.	0.142	0.139	0.145	0.0017
	Selülozik B.	0.134	0.131	0.137	0.0037	Selülozik B.	0.139	0.136	0.142	0.0016
	Endüstriyel B.	0.136	0.133	0.139	0.0025	Endüstriyel B.	0.142	0.139	0.145	0.0032
	Sentetik B.	0.130	0.127	0.133	0.0035	Sentetik B.	0.136	0.133	0.139	0.0028
	Kontrol	0.121	0.118	0.124	0.0030	Kontrol	0.127	0.125	0.130	0.0025
<b>Boraks</b>	Polyester V.	0.133	0.130	0.136	0.0032	Polyester V.	0.137	0.134	0.140	0.0017
	Selülozik V.	0.132	0.129	0.135	0.0016	Selülozik V.	0.136	0.133	0.139	0.0029
	Sentetik V.	0.135	0.132	0.138	0.0030	Sentetik V.	0.138	0.135	0.141	0.0014
	Selülozik B.	0.133	0.130	0.136	0.0014	Selülozik B.	0.137	0.134	0.140	0.0043
	Endüstriyel B.	0.135	0.132	0.138	0.0030	Endüstriyel B.	0.135	0.133	0.138	0.0025
	Sentetik B.	0.129	0.127	0.132	0.0038	Sentetik B.	0.134	0.131	0.137	0.0028
	Kontrol	0.120	0.117	0.123	0.0030	Kontrol	0.124	0.121	0.127	0.0021
<b>Borik Asit</b>	Polyester V.	0.134	0.131	0.137	0.0041	Polyester V.	0.140	0.137	0.143	0.0028
	Selülozik V.	0.133	0.130	0.136	0.0035	Selülozik V.	0.138	0.135	0.141	0.0028
	Sentetik V.	0.136	0.133	0.139	0.0042	Sentetik V.	0.141	0.138	0.143	0.0035
	Selülozik B.	0.135	0.132	0.138	0.0030	Selülozik B.	0.141	0.138	0.144	0.0017
	Endüstriyel B.	0.136	0.133	0.139	0.0030	Endüstriyel B.	0.143	0.140	0.146	0.0020
	Sentetik B.	0.131	0.128	0.134	0.0032	Sentetik B.	0.137	0.134	0.140	0.0017
	Kontrol	0.122	0.119	0.125	0.0035	Kontrol	0.128	0.125	0.131	0.0032
<b>Çinko Klorür</b>	Polyester V.	0.134	0.131	0.137	0.0042	Polyester V.	0.135	0.132	0.138	0.0021
	Selülozik V.	0.135	0.132	0.137	0.0040	Selülozik V.	0.134	0.131	0.137	0.0030
	Sentetik V.	0.137	0.134	0.140	0.0043	Sentetik V.	0.137	0.134	0.140	0.0030
	Selülozik B.	0.134	0.131	0.137	0.0042	Selülozik B.	0.134	0.131	0.137	0.0035
	Endüstriyel B.	0.136	0.133	0.139	0.0017	Endüstriyel B.	0.137	0.134	0.140	0.0019
	Sentetik B.	0.131	0.129	0.134	0.0008	Sentetik B.	0.133	0.130	0.136	0.0030
	Kontrol	0.119	0.116	0.122	0.0014	Kontrol	0.122	0.119	0.125	0.0031
<b>Kontrol</b>	Polyester V.	0.131	0.128	0.134	0.0030	Polyester V.	0.131	0.128	0.134	0.0030
	Selülozik V.	0.130	0.127	0.133	0.0035	Selülozik V.	0.130	0.127	0.133	0.0035
	Sentetik V.	0.132	0.129	0.135	0.0035	Sentetik V.	0.132	0.129	0.135	0.0035
	Selülozik B.	0.131	0.128	0.134	0.0041	Selülozik B.	0.131	0.128	0.134	0.0041
	Endüstriyel B.	0.134	0.131	0.137	0.0028	Endüstriyel B.	0.134	0.131	0.137	0.0028
	Sentetik B.	0.129	0.126	0.132	0.0026	Sentetik B.	0.129	0.126	0.132	0.0026
	Kontrol	0.117	0.114	0.120	0.0019	Kontrol	0.117	0.114	0.120	0.0019

E.T: Kullanılan Emprenye Türü, V: Vernik, B.: Boya

Yapılan deneyler sonucunda; en yüksek ortalama ısı iletkenlik katsayısı 0.143 kcal/mh°C basınç yöntemi ve borik asitle empenye yapılan endüstriyel boya uygulanmış sarıçam örnek gruplarından elde edilmiştir. Deney sonucunda en düşük ortalama ısı iletkenlik katsayısı 0.117 kcal/mh°C sarıçam kontrol gruplarından elde

edilmiştir.

Deney örnek grupları içinde uygulanan empenye maddeleri, empenye yöntemi ve üst yüzey maddelerinin ısı iletkenliği katsayısına etkisinin olup olmadığını bulabilmek için çoklu varyans analizi uygulanmış ve aşağıda verilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Emprenye maddesi, empenye yöntemi ve üst yüzey maddesinin ısı iletkenlik katsayısına etkisi amacıyla çoklu varyans analizi verileri

Varyans Kaynağı	Karalar Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Anlam Düzeyi
A	8,36E-01	1	8,36E-01	96.594	0.000
B	1,70E+00	4	4,24E-01	48.960	0.000
C	8,24E+00	6	1,37E+00	158.665	0.000
A*B	4,70E-01	5	1,17E-01	13.561	0.000
A*C	2,23E-02	7	3,72E-03	0.429	0.859
B*C	1,41E-01	26	5,89E-03	0.680	0.870
A*B*C	5,04E-02	26	2,10E-03	0.242	1.000

A :Emprenye Yöntemi (Basınç ve Daldırma), B:Kullanılan empenye Malzeme (Çinko Klorür .Borik Asit, Amonyum Sülfat, Boraks), C : Vernikler (Sentetik, Selülozik, Poliüretan) ve boyalar (Sentetik, selülozik, endüstriyel)

Çoklu varyans analizine göre; empenye yöntemi, empenye maddesi, üst yüzey uygulaması tek başına ve kullanılan empenye yöntemi-empenye malzemelerinin etkileşimi istatistik olarak anlamlı bulunmuştur. Emprenye yöntemi-üst yüzey maddesi, empenye malzemesi-üst yüzey maddesi ve empenye yöntemi-empenye maddesi-üst yüzey malzemesi etkileşimleri çoklu varyans analizine göre istatistik olarak anlamsız bulunmuştur. Anlamlı bulunan gruplar için farklılığın hangi grupta olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmış ve sonuçlar tablo 7 'de verilmiştir.

Tablo 7. Emprenyeli Sarıçam Üzerine uygulanan üstyüzey işlemlerinin ısı iletkenliği katsayısı üzerine etkisi Duncan Testi Verileri

Etkileşim	Örnek Sayısı	Ortalama	Homojenlik Grubu	Etkileşim	Ortalama	Homojenlik Grubu
Ham sarıçam Kontrol	20	0.117	a	II -BX- Sentetik B	0.134	hijkl
I-ZC-K	20	0.119	ab	II -ZC- Selülozik V	0.134	hijkl
I-BX-K	20	0.120	abc	II-ZC- Selülozik B	0.134	hijkl
I -AS-K	20	0.121	abc	II-K-Endüstriyel B	0.134	hijkl
I -BA-K	20	0.122	bc	I -ZC- Selülozik V	0.134	hijkl
II-ZC-K	20	0.122	bc	I -BX- Sentetik V	0.135	ijklm
II-BX-K	20	0.124	cd	I-BX-Endüstriyel B	0.135	ijklm
II -AS-K	20	0.127	de	I-BA- Selülozik B	0.135	ijklm
II -BA-K	20	0.128	ef	II-ZC- Poliüretan V	0.135	ijklm
I -K- Sentetik B	20	0.129	efg	II-BX-Endüstriyel B	0.135	ijklm
II -K- Sentetik B	20	0.129	efg	I-AS-Endüstriyel B	0.136	jklmn
I -BX- Sentetik B	20	0.129	efg	I -BA- Sentetik V	0.136	jklmn
I -K- Sentetik B	20	0.130	efgh	I-BA-Endüstriyel B	0.136	jklmn
I -K- Selülozik V	20	0.130	efgh	I-ZC-Endüstriyel B	0.136	jklmn
II - K- Selülozik V	20	0.130	efgh	II -AS- Sentetik B	0.136	jklmn
I -BA- Sentetik B	20	0.131	efghi	II -BX- Selülozik V	0.136	jklmn
I-K- Poliüretan V	20	0.131	efghi	I -ZC- Sentetik V	0.137	klmno
I-K- Selülozik B	20	0.131	efghi	II-BX- Poliüretan V	0.137	klmno
II-K- Poliüretan V	20	0.131	efghi	II-BX- Selülozik B	0.137	klmno
II-K- Selülozik B	20	0.131	efghi	II -BA- Sentetik B	0.137	klmno
I -ZC- Sentetik B	20	0.131	efghi	II -ZC- Sentetik B	0.137	klmno
I -BX- Selülozik V	20	0.132	fghij	II-ZC-Endüstriyel P	0.137	klmno
I -K- Sentetik V	20	0.132	fghij	I -AS- Sentetik B	0.138	lmnop
II -K- Sentetik V	20	0.132	fghij	II -AS- Selülozik V	0.138	lmnop
I -AS- Selülozik V	20	0.133	ghijk	II -BX- Sentetik V	0.138	lmnop
I-BX- Poliüretan V	20	0.133	ghijk	II -BA- Selülozik V	0.138	lmnop
I-BX- Selülozik B	20	0.133	ghijk	II-AS- Poliüretan V	0.139	mnopr
I -BA- Selülozik V	20	0.133	ghijk	II-AS- Selülozik P	0.139	mnopr
II -ZC- Sentetik B	20	0.133	ghijk	II-BA- Poliüretan V	0.140	nopr
I-AS- Poliüretan V	20	0.134	hijkl	II -BA- Sentetik V	0.141	opr
I-AS- Selülozik B	20	0.134	hijkl	II-BA- Selülozik B	0.141	opr
I-BA- Poliüretan V	20	0.134	hijkl	II -AS- Sentetik V	0.142	pr
I-ZC- Poliüretan V	20	0.134	hijkl	II-AS-Endüstriyel B	0.142	pr
I-ZC- Selülozik B	20	0.134	hijkl	II-BA-Endüstriyel B	0.143	r
I-K-Endüstriyel B	20	0.134	hijkl			

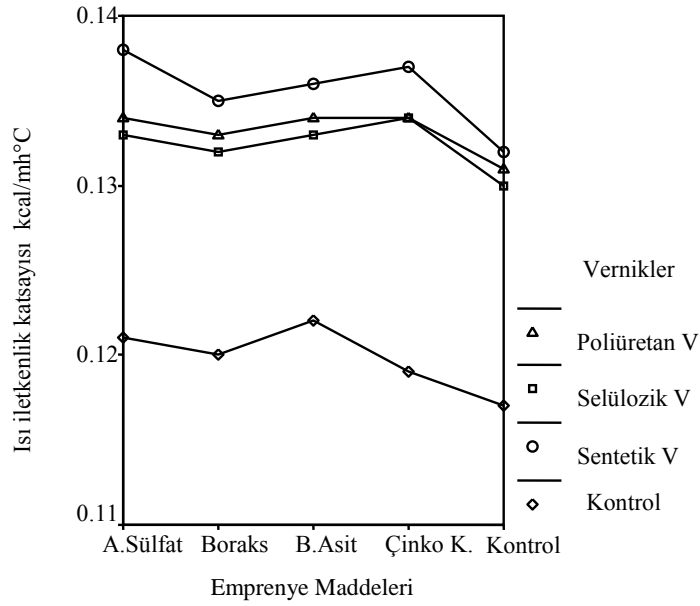
I; Daldırma Yöntemi II; Basınç Yöntemi; ZC; Çinko Klorür BA; Borik Asit AS; Amonyum Sülfat BX; Boraks K; Kontrol; V; Vernik B; Boya

Emprenyeli sarıçam ağaç malzeme üzerine uygulanan üst yüzey işlemlerinin ısı iletkenliği katsayısı etkisi incelenmiş ve tablo 7'deki duncan testi sonuçlarına göre; ısı iletkenlik katsayısı en yüksek 0.143 kcal/mh°C basınç yöntemi ve borik asitle emprenye edilen sarıçamın üzerine endüstriyel boya uygulanmış deney örneklerinden elde edilmiştir. Isı iletkenlik katsayısı en düşük 0.117 kcal/mh°C sarıçam kontrol gruplarında bulunmuştur.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

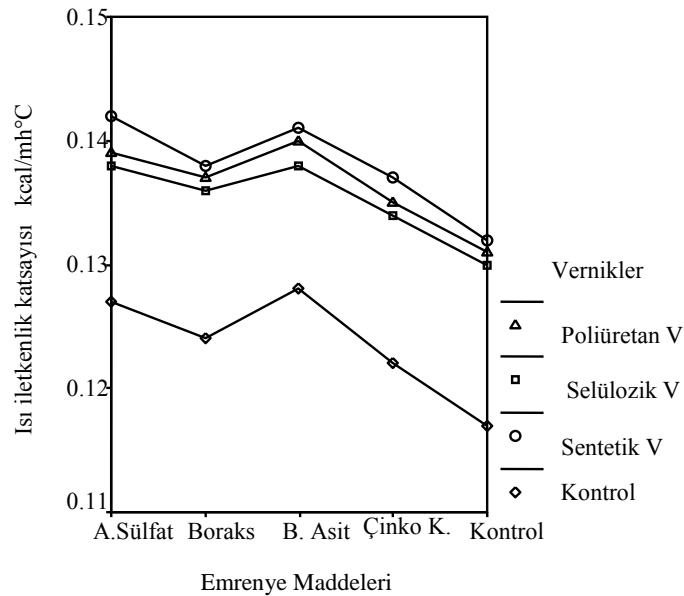
Şekil 1'deki veriler ışığında; emprenye işlemi daldırma yönteminde sentetik vernik uygulanan deney örnekleri

en yüksek ısı iletkenliği katsayısı değerine sahiptir.



Şekil 1. Daldırma yönteminde empenye kimyasalları ve üst yüzey malzemelerinin ısı iletkenliği katsayısı üzerine etkileri

Sentetik verniğin ısı iletkenlik değerini ortalama %13 arttırdığı görülürken, poliüretan vernik %11 ve selülozik verniğin %10.5 oranında arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu artışın nedeni olarak sentetik verniğin katı madde miktarının fazla oluşturmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda şekil 2'de üst yüzey malzemelerinde basınç metodu kullanılarak empenye edilen sentetik vernik uygulanmış deney örnekleri en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değerine sahiptir.

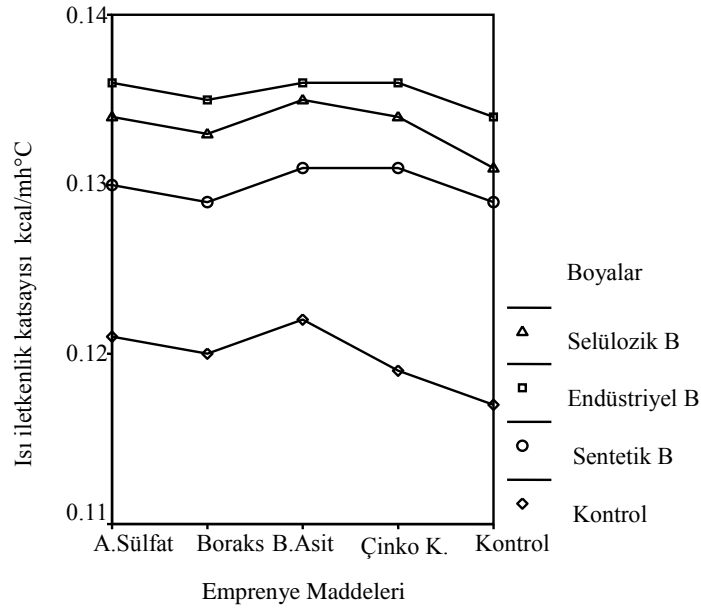


Şekil 2. Basınç yönteminde empenye kimyasalları ve üst yüzey malzemelerinin ısı iletkenliği katsayısı üzerine etkileri.

Şekil 2 deki verilere göre; sentetik vernik ortalama ısı iletkenliği katsayısı değerini %12, poliüretan vernik %10.5 ve selülozik vernik ortalama %9.5 oranında arttırdığı elde edilmiştir. Daldırma yöntemi ile empenye edilen sarıçam üzerine uygulanan boyaların ve empenye maddelerinin ısı iletkenliğine olan etkisi aşağıda

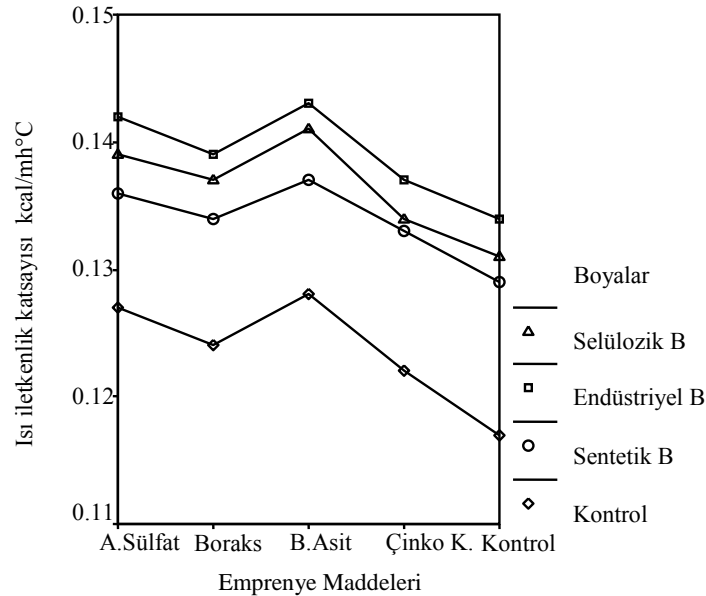


verilmiştir (Şekil 3).



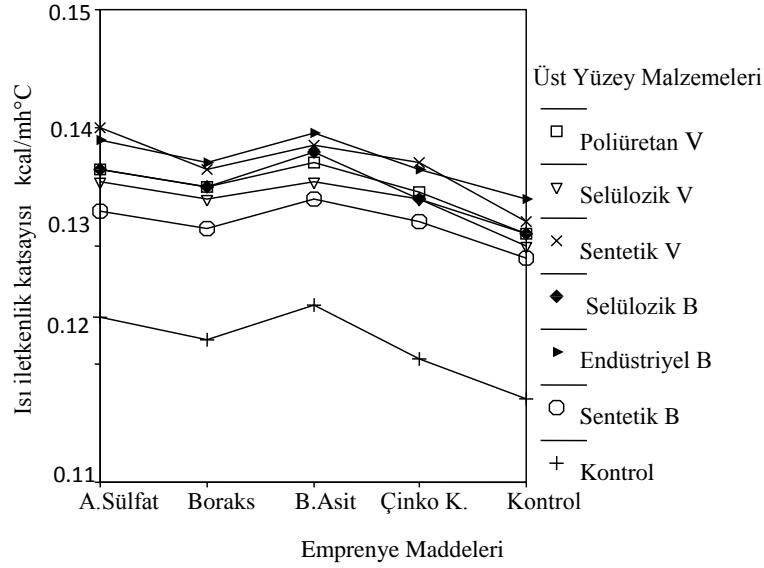
Şekil 3. Daldırma yönteminde empenye maddeleri ve boya türlerinin ısı iletkenliği üzerine etkileri

Şekil 3'e göre; daldırma yönteminde empenye maddesi ve boya malzemelerinin ısı iletkenlik katsayısı üzerine etkilerinde en yüksek değer endüstriyel boya kullanılarak test yapılan deney örneklerinde bulunmuştur. Endüstriyel boyalar ısı iletkenliği değerini ortalama %13, selülozik boyalar yaklaşık %10 ve sentetik boya uygulanmış deney örnekleri ortalama %8.5 oranında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Basınç yöntemi ile empenye uygulanan empenye kimyasalları ve boya çeşitlerinin ısı iletkenliği üzerine etkisi grafiği şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Basınç yönteminde empenye maddeleri ve boya türlerinin ısı iletkenliği üzerine etkileri

Şekil 4'ten elde edilen sonuçlara göre; ısı iletkenliği katsayısı en yüksek değer endüstriyel boyalarda bulunmuştur. Endüstriyel boyalar ısı iletkenlik değerini %12.5 artırırken, selülozik boyalı örnek grubu %10.5 ve sentetik boyalı sarıçam örnekleri %8.5 olarak elde edilmiştir. Empenye türü ve üst yüzey malzemelerinin etkileşimli grafiği şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Emrenye türü ve üst yüzey türünün ısı iletkenliği üzerine etkisi

Şekil 5'teki grafik incelendiğinde; emrenye türü ve üst yüzey işlemlerinin etkileşimli grafiğine göre ısı iletkenliği en düşük üst yüzey işlemi uygulanmamış sarıçam deney örneklerinden elde edilmiştir. Üst yüzey işlemi uygulanmayan örnekler arasında; amonyum sülfat ve borik asit emrenyeli deney örnekleri, çinko klorür ve borik asit emrenyeli örneklerden daha yüksek ısı iletkenlik değeri vermiştir (Üst yüzey işlemsiz ham ve emrenyesi ham kontrol örnekleri hariç). Yapılan çalışmanın sonucunda;

1. Emrenye maddesi tutunma oranı ve üst yüzey uygulaması arasında ters orantı bir ilişki gözlemlenmiştir. Sarıçam ağaç malzeme üzerinde emrenye tutunma oranı artarken, üst yüzey işleminde katı madde miktarının azaldığı görülmüştür.
2. Emrenye maddeleri yangın geciktirici özelliğe sahip olanlar kullanılmıştır. Bu maddelerden çinko klorür ve boraks ısı iletkenlik katsayı değeri en düşük olan emrenye maddeleridir. Bu çalışmanın ışığında üst yüzey işlemi için kullanılan boya ve vernikler ısı iletkenliği ortalama değerini arttırdığı sonucu bulunmuştur. Diğer benzer çalışmalar incelendiğinde benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Uysal vd., 2008, Yapıcı vd., 2011, Jankowska ve Kozakiewicz 2014). Isı iletkenlik değeri en yüksek endüstriyel boya ve sentetik vernik uygulanan deney örneklerinde bulunmuştur. En düşük ısı iletkenliği değeri ise selülozik vernik ve sentetik boyalı deney örneklerinden elde edilmiştir.
3. Emrenye uygulama türleri kıyaslandığında, basınç ile emrenye edilen örnekler daldırma tekniğine göre ısı iletkenliği yüksek sonuç vermiştir. Bu sonucun elde edilmesi; basınç yöntemi ile emrenye uygulamasında, ağaç malzeme içinde emrenye tutunma oranının daha iyi olduğundan kaynaklanmaktadır. Benzer çalışmalarla kıyaslandığında literatüre benzer sonuçlar çıktığı görülmektedir (Boasiako ve Boadu 2017, Şahin Kol ve Altun 2009, Özcan vd. 2016).
4. Basınç yöntemi uygulanarak amonyum sülfat veya borik asit ile emrenye yapılan sarıçam malzeme, endüstriyel boya ve sentetik vernik uygulanarak ısı iletkenliği istenen yapı elemanları, iç veya dış donatı elemanlarında kullanılabilir. Daldırma yöntemi ile çinko klorür ve boraks ile emrenye yapılmış, sentetik boya veya selülozik verniklenmiş sarıçam ağaç malzeme ısı yalıtımı istenen veya gereken yerlerde yapı elemanları, donatı elemanları olarak kullanılabilir.

## Kaynaklar

1. **ASTM-C 1113-99 (2004)**. Standard test method for thermal conductivity of refractories by hot wire (Platinum Resistance Thermometer Technique). ASTM International; West Conshohocken, USA.
2. **ASTM-D 1413-76 (1976)**. Standard test method of testing wood preservatives by laboratory soil blocks Cultures, Annual Book of ASTM Standards, pp. 452–60, USA.
3. **ASTM-D 1413-07e 1 (2007)**. Standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures, in Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, Pa, USA.

4. **ASTM D-3023-98 (2003)**. Standard practice for determination of resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents, USA.
5. **Aytin, A., Korkut, S., Şahin, Kol H. (2016)**. Isıl işlem ağaç malzemede ısı yalıtım özelliğine etkisi, *İleri Tekn. Bilimleri Dergisi*, 5(1) 174-180.
6. **Boasiako, C. A., Boadu, B.K., (2017)**. Thermal conductivity, resistance and specific heat capacity of chemically-treated, widely-used timber for building-envelope, *High Temperatures-High Pressures*, Vol. 47(1), pp. 65–84.
7. **DİSAN Paint and Chemistry (Disan Boya ve Kimya Sanayii Ticaret Limited Şti.) (2018)**. BOSB, Tem Yan Yol 1.Cad. .Sok. No:3 Tuzla / İstanbul.
8. **George, N. J., Akpabio, G. T., Obianwu, V.I., Obot, I.B. (2010)**. Comparison of thermal insulation efficiency of some selected materials used as ceiling in building design, *Journal of Applied Science Research*, 2, 253–259.
9. **Gu, H. M. (2001)**. Structure based, two-dimensional anisotropic, transient heat conduction model for wood, Doctoral dissertation. *Virginia Polytec. Inst. and State Univ.* , Blacksburg. 214 pp.
10. **Gu, H. M., Hunt, J. F. (2007)**. Two-dimensional finite element heat transfer model of softwood. part III. effect of moisture content on thermal conductivity, *Wood and Fiber Science*, 39 (1) 159-166.
11. **Gu, H.M., Zink-Sharp, A. (2005)**. Geometric model for softwood transverse thermal conductivity. Part 1. *Wood and Fiber Science*, 37 (4), 699-711.
12. **Jankowska, A., Kozakiewicz, P. (2014)**. Comparison of thermal properties of selected wood species intended to woodwork windows production, *Forestry and Wood Technology*, no: 85, 101-105
13. **Lagüeka, S., Bison, P., Peron, F., Romagnoni, P. (2015)**. Thermal conductivity measurements on wood materials with transient plane source technique, *Thermochimica Acta*, Vol: 600, 45-51.
14. **Laine, K., Rautkari, L., Hughes, M. (2013)**. The effect of process parameters on the hardness of surface densified Scots pine solid wood, *European Journal of Wood & Wood Products*, 71(1), 13-16.
15. **Özcan, C., Kurt, Ş., Esen, R., Korkmaz, M. (2016)**. The determined combustion properties of fir wood impregnated with fire-retardants, *The Online J. of Sci. and Techn.* July vol. 6, Issue 3.
16. **Özdemir, F., Çot, A., Alma, H. (2018)**. Odun plastik kompozit malzemelerin termal ve ısı iletkenliği özellikleri üzerine sepiolit mineralinin etkisi, *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19 (2), 205-209.
17. **Özdemir, F., Tutuş, A., Bal, C. B. (2013)**. Yüksek yoğunluklu lif levhanın ısı iletkenliği ve limit oksijen indeksi üzerine yanmayı geciktiricilerin etkisi, *SDÜ Orman Fak. Dergisi*, 14: 121-126.
18. **Pelit, H., Korkmaz, M., Budakçı, M., Esen, R. (2017)**. The effects of densification and heat treatment on thermal conductivity of fir wood, *The Onl. Journ. Of Science and Technology*, vol 7, 3, 117-122.
19. **Ragland, K. W., Aerts, D. J., Baker, A. J. (1991)**. Properties of wood for combustion analysis. *Bioresource Technology*, vol. 37(2), 161–168.
20. **Sandberg, D., Haller, P., Navi, P. (2013)**. Thermo-hydro and thermo-hydro-mechanical wood processing - An opportunity for future environmentally friendly wood products. *Wood Material Science & Engineering* 8(1), 64-88.
21. **Sanyal, S. N., Jain, V. K., Dubey, Y. M., Verma, P. C. (1991)**. A preliminary note on relationship between dielectric properties and thermal conductivity of wood. *Journal of Indian Academy of Wood Science*, 22 (2), 45-49.
22. **Sefil, Y. (2010)**. Thermowood Yöntemiyle Isıl İşlem Uygulanmış Göknaar Ve Kayın Odunlarının Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KBÜ Fen Bilimleri Enst. Mobilya ve Dek. Anabilim Dalı, Karabük.
23. **Simpson, W., Tenwolde, A. (1999)**. Physical properties and moisture relations of wood, *Wood Handbook Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-76, Forest Products Laboratory*, 463 pp.
24. **Şahin, K. H., Altun, S. (2009)**. Effect of some chemicals on thermal conductivity of impregnated laminated veneer lumbers bonded with poly vinyl acetate and melamine formaldehyde adhesives, *Drying Technology*, vol.27, pp.1010-1016.
25. **Şahin, K. H. (2009)**. Thermal and dielectric properties of pine wood in the transverse direction, *BioResources*, 4 (4)1663-1669.
26. **TS 344 (2012)**. Ahşap koruma-Genel kurallar, Türkiye Standartlar Enstitüsü, (TSE), Ankara.
27. **TS 345 (2012)**. Ahşap emprenye maddeleri etkilerinin deney yöntemleri, Türkiye Standartlar Enstitüsü, (TSE), Ankara.
28. **TS 2472 (1976)**. Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, Türkiye Standartlar Enstitüsü, (TSE), Ankara.
29. **Uysal, B., Kurt, Ş., Şahin, K. H., Özcan, C., Yıldırım, M. N. (2008)**. Thermal conductivity of poplar impregnated with some fire retardant, *Teknoloji Derg.* 11 (4), 239-251.
30. **Yapıcı, F., Özçifçi, A., Esen, R., Kurt, S. (2011)**. The effect of grain angle and species on thermal conductivity of some selected wood species. *Bioresources*, 6 (3), 2757-2762.