



**DOĞAL AĞAÇ TANENİ İLE MODİFİYE EDİLMİŞ BAZI AĞAÇ
TÜRLERİNDE ISI GEÇİRGENLİĞİNİN İNCELENMESİ**

Nazan Nur DOĞAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....

Nazan Nur DOĞAN

08/02/2021

DOĞAL AĞAÇ TANENİ İLE MODİFİYE EDİLMİŞ BAZI AĞAÇ TÜRLERİNDE ISI GEÇİRGENLİĞİNİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nazan Nur DOĞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2021

ÖZET

Bu çalışmada ağaçışleri endüstrisinde yaygın kullanılan Sarıçam (*Pinus Sylvestris*), Sapsız Meşe (*Quercus Petraea*) ve Kestane (*Castanea Sativa*) türlerinden elde edilen ahşap malzemenin, ceviz meyvesinin yaprakları ve dış kabuklarından elde edilen doğal tanen çözeltisi ile emprenye edilmesi (modifikasyon) sonucu ısı iletkenlik katsayısı (λ) ve ısı geçirgenlik katsayısı (U) değerlerinde oluşan değişim incelenmiştir. Bu amaçla, her 3 ahşap türünden de farklı düzeylerde (3 kat ve 6 kat fırça ile sürme, 4 saat ve 8 saat daldırma) emprenye işlemi uygulanan 60 adet ölçüm numunesi ile emprenye işlemi uygulanmamış olan her bir ahşap türünden 5' er adet olmak üzere 15 kontrol numunesi, toplamda 75 adet ölçüm numunesi hazırlanmıştır. Numuneler ilk olarak 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ nispi nem, daha sonra sırasıyla 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35\pm 5$ nispi nem ve 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirilerek ısı özelliklerini tespit etmek amacıyla λ ve U değerleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, doğal tanen ile emprenye işleminden sonra, kontrol örnekleriyle kıyaslandığında, 6 kat fırça uygulamasının $\%1,5$; 8 saat daldırma uygulamasının $\%2,9$ oranında ısı iletkenliğini (λ) azalttığı (yalıtkan hale getirdiği); 8 saat daldırma işlemi uygulanan numunelerin $\%3,6$; 6 kat fırça uygulanan numunelerin $\%3,7$ oranında ısı geçirgenliğinin (U) azaldığı, dolayısıyla daha fazla yalıtkanlık sağladığı tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 120403
Anahtar Kelimeler : Ahşap, meşe, kestane, sarıçam, tanen, ısı geçirgenliği, ısı iletkenliği, emprenye, iklim koşulu
Sayfa Adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

THE ANALYSIS OF THERMAL TRANSMITTANCE IN SOME TYPES OF WOOD
MODIFIED USING NATURAL WOOD TANNIN

(M. Sc. Thesis)

Nazan Nur DOĞAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2021

ABSTRACT

The present study aims to analyze changes in coefficient of thermal conductivity (λ) and coefficient of thermal transmittance (U) values following the impregnation of wood material obtained from Pine (*Pinus Sylvestris*), Sessile Oak (*Quercus Petraea*) and Chestnut (*Castanea Sativa*), which are widely used in the field of woodwork industry, using natural tannin solution produced from walnut leaves and outer shell. To this aim, a total of 75 measurement samples consisting of 60 impregnated measurement samples and 15 non-impregnated control samples with 5 wood samples in three different wood categories, which were impregnated at different levels (3-times and 6-times brushing, 4-hour and 8-hour dipping), were prepared. The samples were firstly air-conditioned at a temperature of 20 ± 2 °C and a relative humidity of $65\% \pm 5$, later at 40 ± 2 °C and $35\% \pm 5$ and, finally, at 10 ± 2 °C and $50\% \pm 5$ in order to calculate their λ and U values and determine their thermal properties. In conclusion, when compared with control samples, it was observed that 6-times brushing and 8-hour dipping processes reduced thermal conductivity of the samples by 1,5% and 2,9% (making them non-conducting) respectively and that 8-hour dipping and 6-times brushing processes reduced thermal transmittance (U) by 3,6% and 3,7% respectively, thus making the samples more non-conducting.

Science Code	:120403
Key Words	:Wood, oak, chestnut, Scots pine, tannin, thermal transmittance, thermal conductivity, impregnation, air conditioning
Page Number	:85
Supervisor	:Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, destekleriyle hep yanımda olduğunu hissettiren değerli tez danışmanım Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK'a, deneylerin yapılışında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Nihat DÖNGEL ve Arş. Gör. Bulut AKKUŞ'a çalışmama katkıları ve emeklerinden dolayı çok teşekkür ederim. Bu çalışmamı desteklemiş olan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Destekleme Merkezine teşekkür ederim. Tez yazım sürecinde vermiş oldukları manevi desteklerinden dolayı başta sevgili anne ve babam olmak üzere tüm aileme ve sevgili dostlarım Hilal BOZKURT GÜRSOY ve Ferdi OLMUŞ'a çok teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. GENEL BİLGİLER	7
3.1. Isı Yalıtımı	7
3.2. Isı İletkenliği	7
3.2.1. Isı iletkenlik katsayısı λ (W/mK)	8
3.2.2. Isı geçirgenlik (yalıtım) katsayısı U (W/m ² K)	11
3.3. Ahşap ve Diğer Gözenekli Malzemelerin Isıl Özellikleri	11
3.2.1. Ahşap malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları üzerinde etkili olan faktörler.....	15
3.4. Ahşap Malzeme Özellikleri	15
3.4.1. Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i>)	16
3.4.2. Sapsız meşe (<i>Quercus petraea</i>)	18
3.4.3. Kestane (<i>Castanea sativa</i>)	20
3.5. Tanenler	22
3.6. Emprenye	23
3.6.1. Ahşap malzemenin emprenye için hazırlanması	25
3.6.2. Emprenye metotları	26

Sayfa

4. MATERYAL VE YÖNTEM	31
4.1. Materyal	31
4.1.1. Ahşap malzeme	31
4.1.2. Doğal tanen çözeltisi	31
4.2. Yöntem	31
4.2.1. Doğal tanen çözeltisinin ve ölçüm örneklerinin hazırlanması	31
4.3. Ölçümler	34
4.3.1. Yoğunluk belirleme	34
4.3.2. Tutunma (retensiyon) miktarı belirleme	36
4.3.3. Isı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik (yalıtkanlık) değeri belirleme	37
4.4. İstatistiksel Değerlendirme	41
5. BULGULAR	43
5.1. Tutunma (Retensiyon) Miktarı	43
5.2. Yoğunluk Değişimi	44
5.3. Isı İletkenlik Katsayısı (λ) Değişimi	54
5.4. Isı Geçirgenliği –U Değeri Değişimi	60
5.5. Mikroskobik Görüntüler	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
6.1. Tutunma (Retensiyon) Miktarı	69
6.2. Yoğunluk	70
6.3. Isı İletkenlik Katsayısı (λ)	73
6.4. Isı Geçirgenlik (Yalıtkanlık) Değeri (U)	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Bazı maddelerin ısı iletkenlik katsayıları	9
Çizelge 3.2. Yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayılar	12
Çizelge 3.3. Farklı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları	13
Çizelge 3.4. Farklı özgül ağırlık değerlerine sahip ahşap türlerinin liflere dik yönde ısı iletkenlik katsayıları (Kcal/mh°C)	13
Çizelge 3.4. (devamı) Farklı özgül ağırlık değerlerine sahip ahşap türlerinin liflere dik yönde ısı iletkenlik katsayıları (Kcal/mh°C)	14
Çizelge 3.5. Ahşapta lif yönüne göre ısı iletkenlik katsayısı (Kcal/mh°C)	14
Çizelge 3.6. Farklı rutubete sahip ahşap türlerinin farklı yönlerdeki ısı iletkenlik katsayıları	14
Çizelge 4.1. Ölçüm numunelerinin sayıları	32
Çizelge 4.2. Yoğunluk belirleme numunelerinin ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazinin teknik özellikleri	35
Çizelge 4.3. Retensiyon miktarı belirlemede kullanılan hassas terazinin teknik özellikleri	37
Çizelge 4.4. Linseis HFM 300/3 ısı akışölçer cihazı teknik özellikleri	39
Çizelge 5.1. Doğal tanen ile modifiye edilmiş ahşap türlerinde tespit edilen retensiyon miktarları (g)	43
Çizelge 5.2. Yoğunluk (r) değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi	45
Çizelge 5.3. Ahşap türüne bağlı yoğunluk değerleri (g/cm ³)	45
Çizelge 5.4. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı yoğunluk değeri değişimi (g/cm ³) ..	46
Çizelge 5.5. Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşime bağlı yoğunluk değerleri (g/cm ³) .	48
Çizelge 5.6. Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişimi (g/cm ³)	49
Çizelge 5.6. (devamı) Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişimi (g/cm ³)	50
Çizelge 5.7. Ahşap türü x işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi (g/cm ³)	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.7. (devamı) Ahşap türü x işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi (g/cm^3)	52
Çizelge 5.8. İklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değerleri (g/cm^3)	53
Çizelge 5.9. Isı iletkenliği (λ) değerlerine ilişkin Çoklu varyans analizi	55
Çizelge 5.10. Ahşap türüne bağlı ısı iletkenliği değerleri (W/mK)	55
Çizelge 5.11. İklim şartına bağlı ısı iletkenlik değeri (λ) değişimi (W/mK)	57
Çizelge 5.12. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği (λ) değeri değişimi (W/mK)	58
Çizelge 5.13. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği değeri değişimi (W/mK)	59
Çizelge 5.14. Isı geçirgenliği katsayısına (U- değerlerine) ilişkin çoklu varyans analizi	61
Çizelge 5.15. Ahşap türüne bağlı ısı geçirgenliği-U değerleri ($\text{W/m}^2\text{K}$)	61
Çizelge 5.16. İklim şartına bağlı ısı geçirgenlik (U) değerleri ($\text{W/m}^2\text{K}$)	62
Çizelge 5.17. İşlem çeşidine bağlı ısı geçirgenlik (U) değerleri ($\text{W/m}^2\text{K}$)	63
Çizelge 5.18. Ahşap türü-İşlem (modifikasyon) çeşidi ikili etkileşimine bağlı ısı geçirgenlik değeri değişimi	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. Doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmiş ahşap türlerinde retensiyon miktarları grafiği	44
Şekil 5.2. Ahşap türüne bağlı yoğunluk değişimi grafiği	46
Şekil 5.3. İşleme (modifikasyon) bağlı yoğunluk değişimine ait grafik	47
Şekil 5.4. Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşime bağlı yoğunluk değeri değişimi grafiği	48
Şekil 5.5. Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişim grafiği	51
Şekil 5.6. Ahşap türü-işlem çeşidi etkileşimine bağlı yoğunluk değişim grafiği	52
Şekil 5.7. İklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi	54
Şekil 5.8. Ahşap türüne bağlı ısı iletkenliği (λ) değeri değişim grafiği	56
Şekil 5.9. İklim şartına bağlı ısı iletkenliği katsayısı (λ) değeri değişimi grafiği	57
Şekil 5.10. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği değeri değişimi grafiği	59
Şekil 5.11. Ahşap türü-modifikasyon ikili etkileşimine bağlı ısı iletkenliği değişimi grafiği	60
Şekil 5.12. Ahşap türüne bağlı ısı geçirgenliği (yalıtımı) değişim grafiği	62
Şekil 5.13. İklim şartına bağlı ısı geçirgenliği (yalıtımı) değişimi grafiği	63
Şekil 5.14. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı geçirgenlik (yalıtım) değişimi grafiği	64
Şekil 5.15. Ahşap türü-İşlem (modifikasyon) çeşidi ikili etkileşiminin ısı geçirgenliği (yalıtkanlık) değişimine etkisine ait grafik	66
Şekil 6.1. Modifikasyon çeşidine göre ahşap türlerinde belirlenen retensiyon miktarları (g)	69

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Eş sıcaklık (izoterm) eğrileri	10
Resim 3.2. Sarıçam (<i>Pinus Sylvestris</i>)	16
Resim 3.3. Sarıçam kesit görüntüleri	17
Resim 3.4. Sapsız meşe (<i>Quercus Petraea</i>)	18
Resim 3.5. Sapsız meşe kesit görüntüleri	19
Resim 3.6. Kestane (<i>Castanea Sativa</i>)	20
Resim 3.7. Kestane kesit görüntüleri	21
Resim 4.1. Modifikasyon uygulanmış ölçüm numuneleri	33
Resim 4.2. Precisa XB 220A SCS hassas terazi	36
Resim 4.3. KERN FCB 30K1 hassas terazi	36
Resim 4.4. Linseis HFM 300/3 ölçüm düzeneği	38
Resim 4.5. Test cihazı plakaları	39
Resim 4.6. 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü ..	40
Resim 4.7. 40±2 °C sıcaklık ve %35±5 nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü ..	40
Resim 4.8. 10±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü ..	41
Resim 5.1. Kontrol numunelerinin mikroskopik görüntüleri	66
Resim 5.2. Fırça ile 3 kat emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri	67
Resim 5.3. Fırça ile 6 kat emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri	67
Resim 5.4. 4 saat daldırma ile emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri	67
Resim 5.5. 8 saat daldırma ile emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri	68

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
cm ³	Santimetreküp
°C	Celsius Derece
δ	Yoğunluk
g	Gram
g/cm ³	Gram/santimetreküp
Kcal/mh°C	Kilocalorie/hourmeter°C
kg/cm ²	Kilogram/santimetrekare
λ	Isı iletkenlik katsayısı
lt	Litre
M	Ağırlık
m	Metre
mg	Miligram
mm	Milimetre
pH	Power of Hydrogen (asitlik-bazlık ölçü birimi)
Q	Isı
S	Saat
U	Isı geçirgenlik katsayısı
V	Hacim
W	Watt
W/m°C	Watt /metre°C
W/mK	Watt/metrek Kelvin
W/m ²	Watt/metrekare

Kısaltmalar**Açıklamalar**

CCA	Bakır, Krom, Arsenik
CEN	European Committee for Standardization
Cr-Ni	Krom Nikel Alaşımı
D4	4 saat daldırma ile emprenye işlemi
D8	8 saat daldırma ile emprenye işlemi
D-VTKA	Desmodur Vinyl Tree Ketonol Acetate tutkalı
F3	3 kat fırça ile sürme emprenye işlemi
F6	6 kat fırça ile sürme emprenye işlemi
HG	Homojenlik grubu
ISO	International Organization for Standardization
MÖ	Milattan Önce
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
PVAc	Polivinil Asetat tutkalı
PVC	Polivinilklorür
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm

1. GİRİŞ

Ağaçlardan elde edilen doğal ve organik bir malzeme olan ahşap, sahip olduğu kendine has özellikleriyle, geçmişten beri temel ihtiyaçlarını karşılamada ve muhtelif gereksinimlerini gidermede, insanların her zaman yanı başında görmek istediği değerli bir malzemedir ve insanlığa sağladığı faydasıyla önemli bir nesnedir. Ahşabın birçok olumlu özelliğinin olması, medeniyetin gelişmesi perspektifinde insanlığa fayda sağlaması, onu tüm kültürler nezdinde vazgeçilmez bir tutku haline getirmiştir. Bu manada, evrensel bir kültür ögesi ve kültürlerarası etkileşim aracı olan ahşabın doğal bir malzeme olmasına atfen kolay işlenebilir güzel bir malzeme olması, başta eşya yapımı ile araç-gereç imalatı olmak üzere, birçok uygulamanın gerçekleştirilmesinde onu asıl veya tamamlayıcı bir malzeme olarak öne çıkarmıştır (Usta, 2016).

Ahşap malzeme birçok özelliğinden dolayı çokça tercih edilmektedir. Tercih sebebi olma nedenleri; kolay işlenebilir olması, doğal yapıda olması, ısı ve ses yalıtımı sağlaması ve görsel açıdan doğal renk ve dokuya sahip olması olarak söylenebilir. Ancak giderek artan talepleri karşılayacak orman varlığının azalması da kaynakları sınırlı hale getirmektedir.

Ahşap malzemenin yukarıda verilen birçok avantajı olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Ahşabın kendi yapısından kaynaklanan bünyesel odun kusurları olduğu gibi; iklim koşullarının, mantar ve böceklerin neden olabileceği çatlama, çürüme ve renk değişimleri gibi odun kusurları da görülmektedir. Bunun dışında su ve nemden kaynaklı bozulmalar ve yanabilir bir madde olması da yine ahşap malzemenin dezavantajlarından sayılabilir.

Ağaç malzeme kendi doğal dayanıklılığına bırakıldığı zaman, yıllar geçtikçe yıpranmakta ve ekonomik olarak değerini kaybetmektedir. Bu kaybı engellemek ve ağaç malzemenin kullanım ömrünü artırmak için çeşitli kimyasallarla, biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlere karşı dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir (Şimşek, 2013).

Ahşap malzemenin organik yapısı gereği, önlem alınmadığı takdirde bünyesel ve çevresel faktörlere karşı savunmasız duruma gelmesinin ciddi ekonomik kayıplara yol açacağı göz ardı edilemeyeceğinden, ahşap malzemeyi olumsuz etkilerden koruyabilmek adına birçok işlem uygulanmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı ise bakteri, mantar ve böceklerden

koruma amacıyla uygulanan emprenye işlemidir. Emprenye maddelerinin çoğunun kimyasal olması nedeniyle çevreye ve kullanıcı sağlığına zararları olduğu bilinmektedir. Bu nedenle hem yüksek koruyucu özelliğe sahip hem de doğal olması bakımından doğal tanen çözeltisi kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır.

Yapısı gereği doğal olarak yalıtkan bir malzeme olan ahşabın, uygulanacak bazı işlemlerle yalıtkanlığının artırılması yine hem ekonomik olarak hem de konfor açısından fayda sağlamaktadır. Ahşabın yalıtkanlığının artırılması için ısıtma işlemi ve çeşitli kimyasal işlemler uygulanmaktadır.

Malzemenin hem çürümesinin engellenmesi hem de yalıtkanlığının artırılması için uygulanan birden fazla işlem, ciddi maliyetler gerektirdiği gibi zaman olarak da kayba neden olmaktadır. Bu nedenle ahşap malzemenin her iki konuda da performansının artırılabilmesi için uygulanacak olan tanen çözeltisi ile emprenye, koruma ve yalıtkanlığı artırmada çözüm olabilir.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde çokça yetişen ve tercih edilen Sarıçam, Sapsız meşe ve Kestane odunlarının bünyesel ve çevresel faktörlere karşı koruma amacıyla doğal ağaç taneni çözeltisi ile emprenye edilmesinin, malzemenin ısı yalıtımına etkisini incelemektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

İnsanın yaşamında ve kültürünün gelişme sürecinde ahşap ve ahşaptan yapılan ürünler eskiden beri ve günümüzde önemli bir yer tutmaktadır. Ahşabın doğal özellikleri onun çok çeşitli amaçlar için kullanılmasını sağlamıştır. Bu özelliklerinin yanı sıra lifli bir yapıya sahip oluşu mühendislik kullanımlarda aranmasına yol açmıştır. Ayrıca izolasyon özelliği açısından çoğu zaman doğrudan tercih edilmiştir (Öztürk ve Arıoğlu, 2006).

Ahşap, insanların ilk çağdan beri kullandığı bir yapı malzemesidir. Kolay işlenmesi, doğal yapısından kaynaklanan tekstür, ısı ve sese karşı iyi bir yalıtıcı olması, renk ve estetik özellikleri, çelik ve betonla karşılaştırıldığında çok yüksek yorulma direnci, yangına karşı dayanımının iyi olması nedeniyle ahşap malzemeye talep her geçen gün artmaktadır. Orman alanlarının plansız ve bilinçsizce yapılan aşırı tüketimleri sonucunda hızla yok olması ve tahrip edilmesi, ahşap malzemenin daha verimli kullanımını zorunlu kılmıştır (Akgün, 2008).

İnsanoğlu ahşabın kullanım yerinde korunmasının gerekli olduğunu yüzyıllar önce kabul ederek, bu amaçla çeşitli önlemler almaya başlamıştır. Arkeolojik kazılarda ve batık gemilerin iskeletlerinde yapılan incelemeler göstermiştir ki; ahşabın kısmen kömürleştirilmesi 4000 yıl önce alınan ilk önlemlerden biridir. Efes'teki "Diana Mabedi"nin yakılarak kömürleştirilen ağaç direkleri üzerine yerleştirilmesi bu duruma örnek gösterilebilir. Mısır, Yunan, Roma ve Çin gibi büyük medeniyetlerde ahşap malzemeyi koruyup daha uzun süre kullanımını sağlamak için hayvansal, bitkisel ve mineral yağların kullanıldığı belirlenmiştir. Roma Medeniyetlerinde özellikle sedir yağı ve zeytinyağının; Burma Medeniyetinde ise gemi ve binalarda petrol yağının bu amaçla kullanıldığı tespit edilmiştir. Mısırlılar farklı bir önlem olarak ağaç malzemeleri kuru tutarak tahrip olmasını engellemeyi başarmışlardır. Yunanlıların yaklaşık M.Ö. 500 yıllarında yaptıkları binalarda kullandıkları ahşap malzemelerin içlerine küçük delikler açarak yağ zerkedip, yağın ağaca derin bir şekilde nüfuzunu sağlamışlar, taş kaideler üzerine yerleştirip ve kuru tutarak ahşap malzemeyi korudukları belirtilmektedir. Ayrıca, ahşap malzemedeki yapışma eski Mısır dönemlerinden beri bilinmektedir (Adanur, 2015).

Tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi etkin kullanma yöntemleri geliştirmektedirler. Söz konusu bu enerjinin; etkin kullanımında, ısı yalıtımının rolü

büyüktür. Özellikle binanın iç ortamını dış ortamdan ayıran yapı elemanlarının yalıtım özelliği bu konuda öne çıkar (Uysal, Yapıcı, Kol, Özcan, Esen ve Korkmaz, 2011).

Günümüzde ısı yalıtımı doğal malzemedan daha çok yapay veya kimyasal malzemelerle yapılmaktadır. Yasal zorunluluk gereği Türkiye’de hızlı bir şekilde bina ısı yalıtım işlemleri (mantolama) devam etmektedir... Bunun için ısı yalıtımında kullanılacak malzemenin seçimi büyük önem taşımaktadır. Her şeyden önce seçilecek bu ısı yalıtım malzemelerinin insan sağlığına ve çevreye zararsız, ekonomik, uygulanabilme işleminin kolay ve istenilen ısı yalıtım özelliklerini verebilmesi gerekir (Kabakcı, 2018).

Yalıtım, iç ve dış etkenlerin bina üzerindeki zararlı etkilerini önleyerek, binanın sağlam ve güvenli kalmasını sağlar, ömrünü uzatır. Binanın sağlamlığı, bu binaları kullanan insanların can güvenliği açısından büyük önem taşır. Ayrıca binanın kullanım ömrünün uzatılması, kaynak israfını önleyecek ve ekonomik avantajlar sağlayacaktır. Günümüzde; fosil yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi dünya genelindeki sıkıntıların yanı sıra deprem felaketleri, hava ve gürültü kirliliği gibi yerel tecrübeler ve malzeme teknolojisindeki gelişim; inşaat tekniğinin yenilenmesine ve her dönemin gereksinimine göre güncellenmesine neden olmuştur. Çağdaş yapılar; enerji verimliliği, çevre kirliliği gibi temel kavramlara ve uzun ömürlü, güvenli, konforlu ve sağlıklı yaşam koşulları ile ilgili taleplerin tümüne birden cevap verir. Çağdaş yapı konseptine ulaşılmasında yalıtımın rolü çok büyüktür. Her geçen gün yalıtım uygulamalarına daha fazla gerek duyulmaktadır (Açık, 2012).

Uysal ve ark. (2011), dışbudak odununa uyguladıkları farklı emprenye maddeleri ile modifikasyon sonucu dışbudak ısı iletkenlik değerlerinin emprenye maddelerine göre karşılaştırılmasında emprenye edilmemiş kontrol örneklerinin en düşük değerleri verdiğini tespit etmiştir. Kontrol örneklerine göre; boraks %5, borik asit+boraks %6, çinko klorür ve di-amonyum fosfat %7, sodyum silikat ve amonyum sülfat %9, borik asit ile emprenye edilen örneklerde %10 ısı iletkenliğinde artış göstermiştir. Borik asidin yoğunluğu ve retensiyon miktarına bağlı olarak ısı iletkenlik değeri daha yüksek bulunmuştur. Emprenyesiz numunelerde ısı iletkenlik değerleri düşük çıkmıştır.

Yarayan (2019), üst yüzey işlemi uygulanmış ağaç malzemenin marine koşullarında ısı iletkenliklerinin belirlediği çalışmada; deniz suyu buharında bekletilmiş ve kontrol (deniz

suyu buharında bekletilmemiş) örneklerinin ısı iletkenlik değerlerinin, bekletme sürelerine göre; 6 saat bekleyen örneklerde yaklaşık %5, 24 saat bekleyen örneklerde yaklaşık %13, 60 saat bekleyen örneklerde yaklaşık %22, 96 saat bekleyen örneklerde yaklaşık %33 artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Durak (2015), yangın geciktirici üst yüzey işlemi uygulanmış lamine ahşap malzeme ile yaptığı bir çalışmada, Sarıçam türü oduna uygulanan yapıştırıcı ve üst yüzey işlemlerinin karşılaştırılmasında en düşük ısı iletkenlik katsayısını kontrol örneklerinde tespit etmiştir. Diğer emprenyeli örnekler yüksek ısı iletkenlik değeri vermiştir.





3. GENEL BİLGİLER

3.1. Isı Yalıtımı

Isı transferi genellikle aralarında bir duvar bulunan iki ortam arasında olur. Isı bir ortamdan diğerine geçerken, ısıya karşı ortamlar ile duvar arasında ve duvarın kendinde bir direnç vardır. Bu dirençler ısı transferi katsayıları ile duvarın özelliklerine bağlıdır (Yılmaz, 1985:81).

Isı yalıtım sistemleri daha düşük bir ısı iletim katsayısı sağlamak için düşük ısı iletim katsayılı malzemelerin bir araya getirilmesi ile oluşturulur. (Incropera and DeWitt, 1996:52) Isı yalıtımı, ısıнын üretildiği ortamda korunarak insanlar için gerekli ısı konforun sağlanması amacıyla yapılan uygulamaların bütünü olarak tanımlanabilir. Isı yalıtımının temel unsuru olan ısı konfor için oda sıcaklığının 19-22 °C olması, iki ortam arasındaki sıcaklık farkının 3 °C' yi geçmemesi ve havadaki nem oranının %40-60 arasında olması önerilir (Durmuş, 2006).

Isı yalıtımı, kapalı mekânların iç sıcaklıklarını istenilen düzeyde tutabilmek, dış iklim koşullarına karşı yapılan ısıtma-soğutma işlemlerinde kullanılan enerjide tasarruf sağlamak, çevre sorunlarını çözmek ve hava kirliliğini azaltmak için yapılarda alınan her türlü önlemler bütünüdür. Yalıtım aynı zamanda yapıyı dış etkilerden koruyarak ömrünü uzatmakta ve yapı fiziği şartları da yerine getirildiği için işletme maliyetlerini düşürmektedir (Koçu ve Korkmaz, 2002).

3.2. Isı İletkenliği

Isı iletimi (kondüksiyon), bir maddenin parçacıklarının komşu parçacıklarla enerji alışverişidir. Bu alışveriş gazlarda molekül hareketleri, sıvılarda ve iletken olmayan katılarda molekül titreşimleri, iletken katılarda ise elektron hareketleri ile olur. Bundan dolayı elektriksel ve ısı iletkenlikler arasında belirgin bir bağıntı vardır. Elektriği iyi ileten maddeler genellikle ısıyı da iyi iletirler (Yılmaz, 1985:1).

Isı iletkenliği oldukça değişkendir ve aşağıdaki özelliklere bağlıdır:

- Madde yoğunluğu: Yoğunluk, maddedeki boşlukların (gözeneklerin veya porların)

hacmini belirtir. En iyi ısı yalıtım değerine bu boşluklardaki hava sahiptir. Benzer maddelerde yoğunluğu en az olan madde, yalıtım özelliği en fazla olan maddedir. Burada sadece bazı hafif ısı yalıtım maddeleri bir istisna oluştururlar. Bu gibi maddelerde, boşluklar, azalan yoğunluğa göre daha büyük ve az sayıda olabilirler.

- Gözeneklerin (boşlukların) türü, büyüklüğü, dağılımı: Aynı türden maddeler, aynı yoğunluğa sahip oldukları halde farklı yalıtım özelliği gösterebilirler. Çok sayıda küçük gözenekler az sayıda iri gözeneklerden daha uygundur. Bunun yanında çok çok küçük gözenek ve kılcal borular nemlenmeyi ve ısı iletimini istenmedik ölçüde kolaylaştırırlar.
- Sert ana maddelerin mineral yapısı: Camsı maddeler, kristalimsi maddelerden daha iyi yalıtırlar. Bu nedenle, camsı yüksek fırın cürufundan bir beton, tuğla kırığıyla karışmış betondan daha iyi yalıtır. Özellikle, betona yapılacak kristal, cam, amorf veya organik karakterde madde ilavelerinin önemi ispatlanmıştır.
- Maddenin sürekli nem tutma özelliği: İklim ve yapıya bağlı olarak her yapı elemanı veya yalıtım malzemesinin belli bir nem değeri vardır. Bu değer düşük olduğu oranda, malzeme iyi bir yalıtıcıdır (Özer, 1982:31).

3.2.1. Isı iletkenlik katsayısı λ (W/mK)

Bir malzemenin fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak o malzemenin ısıyı ne kadar ilettiğinin ifadesidir. λ değeri ne kadar küçükse o malzeme ısıyı o kadar az iletir (TS EN ISO 13788, 2004).

Isı iletkenlik katsayısı, aralarında 1 cm açıklık bulunan karşılıklı paralel iki yüzey arasındaki sıcaklık farkı 1 °C olan 1 cm³'lük bir materyalden bir saniyede geçen ısı miktarıdır (Bozkurt ve Göker 1996:157).

Isı iletim katsayısı genel olarak, katı maddelerde en büyük ve gazlarda en küçük değerlere sahiptir. Sıvılardaki değerleri ise orta büyüklüktedir (Yılmaz, 1999:19).

Katı maddelerde λ değeri genellikle yoğunluğa bağlı olarak artar. λ 'nın değeri, aynı zamanda maddedeki nem oranına bağlıdır. Nemli bir maddenin λ 'sı hem bu madde, hem de suyun λ

değerlerinden daha büyük olabilir. Isı iletim katsayıları küçük olan katı maddeler yalıtkan olarak kullanılırlar. Bunun için $\lambda < 0,2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ olması istenir. 20°C 'de normal cam yününün λ 'sı 0,05 civarında yani havanınkinin yaklaşık iki katıdır. Elektrik iletkenlikleri büyük olan metallerin λ 'sı daha büyüktür (Yılmaz, 1985:9).

Çizelge 3.1. Bazı maddelerin ısı iletkenlik katsayıları (Yılmaz, 1999:402-403; Incropera and DeWitt, 2001:901-902)

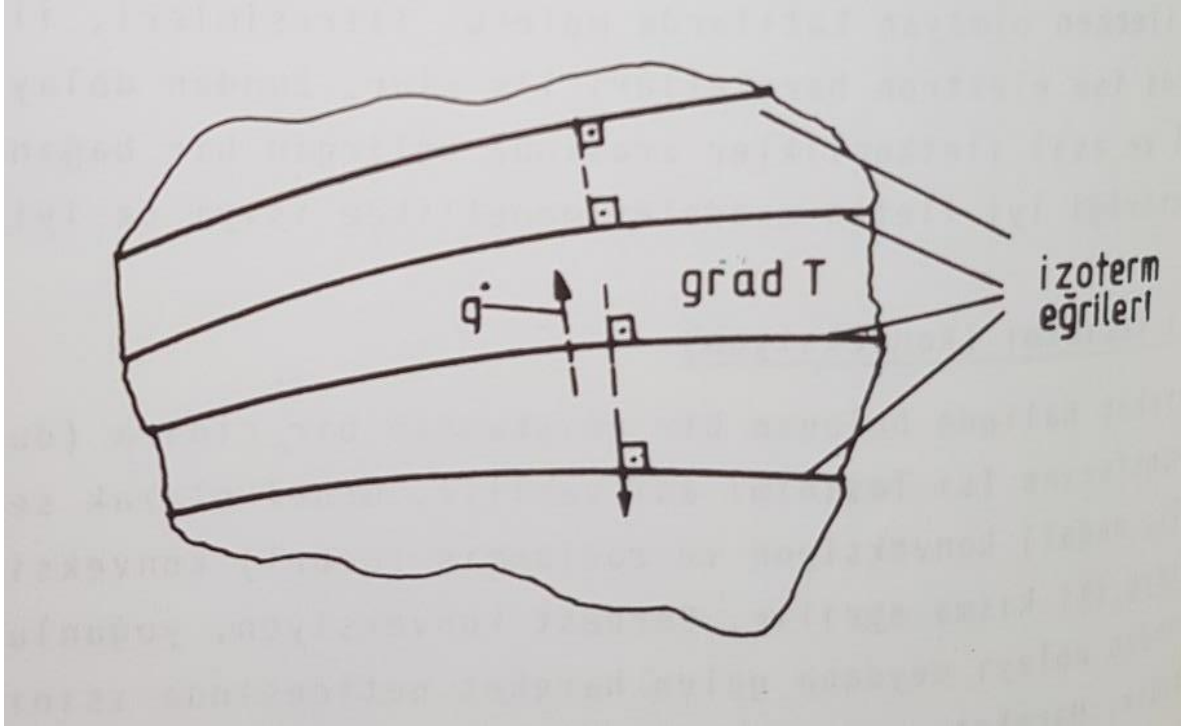
Malzeme türü	Isı iletkenlik katsayısı (W/mK)
Demir, Dökme, %3C	58
Alüminyum	229
Bakır, saf	395
Alçı	0,51
Beton, çakıllı	1,28
Cam, pencere	1,16
Sıva	0,93
Taş, granit	2,93
Tuğla, kuru	0,46
Su	0,589
Kontrplak	0,12
Kırmızı tuğla	1,30
Mermer	2,80
Asbest	0,70
Lastik, %100 kauçuk	0,13
Pleksiglas	0,184
PVC	0,116

Isı iletkenlik katsayısı Fourier Kanunu ile belirlenmektedir.

Fourier kanunu

Bir cisimde sıcaklıkları aynı olan noktalar birleştirildiğinde, belirli bir sıcaklıkta bulunan bir düzlem elde edilir. Bu düzleme izoterm düzlem (eş sıcaklık düzlemi) denir. Cisim iki

boyutlu olarak düşünülduğünde bu düzlem bir çizgi halini alır ki, bu çizgi de izoterm eğrisi (eş sıcaklık eğrisi) olarak adlandırılır.



Resim 3.1. Eş sıcaklık (izoterm) eğrileri (Yılmaz, 1985:2)

Bir noktada iki sıcaklık birden olamayacağından, izoterm eğrileri birbirini kesmezler. Sıcaklık en çok, izoterm eğrilerine dik yönde değişir. Bu yön, sıcaklığın gradyanıdır. Sıcaklığın arttığı yönde bu gradyan (vektör) pozitifdir. Sıcaklık gradyanı bir ısı akımına sebep olur. Birim yüzeyden geçen ısı akımı, ısı akım şiddeti olarak adlandırılır ve Q ile gösterilir. Q ısı akımının birimi W , ısı akım şiddetinin ise W/m^2 'dir. Isı akım şiddetinin sıcaklık gradyanına doğru orantılı olduğu deneysel olarak gözlenmiştir. Isı akımı yüksek sıcaklıktan alçak sıcaklığa doğru olduğundan, ısı akım şiddeti vektörü ile sıcaklık gradyanı vektörü ters işaretlendirilir. Q değeri "Eş. 3.1" eşitliğine göre hesaplanır. Bu eşitlik;

$$Q = \lambda \times (- \text{grad}T) = - \lambda \times \text{grad}T \quad (3.1)$$

olarak yazılır. Orantı faktörü cismin bir fiziksel özelliği olup, ısı iletim katsayısı olarak adlandırılır (Yılmaz, 1985:2-3).

3.2.2. Isı geçirgenlik (yalıtım) katsayısı U (W/m²K):

Farklı malzemelerin arka arkaya dizilmesiyle oluşan bir yapı elemanının ısı geçişine göstermiş olduğu dirençtir. U, malzemelerin ısı iletim katsayısı (λ) ve ısı geçiş yönündeki kalınlığına bağlıdır. U değerinin küçük olması, ısı kaybının da o kadar az olduğu anlamına gelir (TS EN ISO 13788, 2004).

Sabit rejimde "L" kalınlığındaki bir yapı elemanının birbirine paralel sıcak ve soğuk yüzlerinin sıcaklıkları arasındaki fark 1°C olduğunda, birim zamanda birim alandan yüzeylere dik olarak geçen enerji miktarıdır. Elemanın ısı iletkenlik katsayısı (λ) nın malzemenin kalınlığına (d) bölünmesi sureti ile yapı elemanının ısı geçirgenliği (U) bulunur (Öcal, 2016).

U değeri “Eş. 3.2” eşitliğine göre hesaplanır.

$$U = \lambda / d \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (3.2)$$

3.3. Ahşap ve Diğer Gözenekli Malzemelerin Isıl Özellikleri

Termik iletkenlik ahşabın lif yönü ile ilgili olarak, özgül ağırlık, kusurluluk, odunun cinsi ve ekstraksiyon maddelerinin miktarı ve özellikle odunun rutubet miktarı ile değişmektedir. Böylece, termik iletkenlik katsayısı (λ), ısı enerji miktarı (Q) nun, birim zamanı (h) içerisinde herhangi bir ağaç malzemenin (d) kalınlık ve (A) sathından (t_2-t_1) gibi sıcaklık dereceleri farklı iki satıh arasında meydana gelen ısı akışı “Eş. 3.3” eşitliği ile ifade edilir (Bozkurt, 1982:138).

$$\lambda = Q \times d / A \times h \times (t_2 - t_1) \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \quad (3.3)$$

Odun (ahşap) ve diğer selülozik maddeler poröz olmaları ve enerji transmisyonu için gerekli serbest elektronların noksanlığı dolayısıyla ısıyı az iletirler. Bundan dolayı odun ve odundan yapılan yapı malzemeleri bina inşaatında, frigorifik arabalarda, bira fiçilerinde, buzdolaplarında geniş çapta ısı izolasyon maddesi olarak kullanılmaktadırlar (Bozkurt, 1996:157).

Avrupa standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin, ısı iletim katsayıları 0,06 – 0,10 W/mK'nın altındadır. Dişbudak odunu ısı iletkenlik katsayısı değeri 0,26 W/mK, meşe odunu ısı iletkenlik katsayısı değeri ise 0,18 W/mK verilmiştir. ISO ve CEN standartlarına göre ısı iletkenliği katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi, büyük olan malzemeler ise yapı malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, ısı yalıtımı malzemeleri seçiminde en belirleyici özellik olurken ne kadar küçük ise malzeme o kadar iyi bir yalıtıcıdır (Kabakcı, 2018).

Bazı yapı ve yalıtım malzemelerine ait ısı iletkenlik katsayısı değerleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Yapı ve yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları (W/mK) (Özer, 1982:291; Kakaç, 1998-316; Incropera ve DeWitt, 2001:902)

Malzeme Türü	Malzeme Adı	Isı İletkenlik Katsayısı (λ)
Yapı Malzemeleri	Tesviye betonu	0,90
	Alçı pano	0,17
	Yonga levha	0,094
	Tuğla (delikli)	0,40
Yalıtım Malzemeleri	Cam yünü (polistiren)	0,036
	Mineral fiberboard	0,049
	PVC köpüğü	0,032
	Bazalt yünü	0,035

Ahşabın ısı iletkenliğinin düşük olduğunu ve böylece çok iyi bir yalıtıcı olduğunu anlayabilmek için ısı iletkenliği katsayısını diğer maddelerin ısı iletkenliği katsayıları ile karşılaştırmak uygun olur. Farklı türde malzemelerde ısı iletkenlik katsayısı değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Farklı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları (Özer, 1982:187-191; Kakaç, 1998:316; Keskin ve Örs, 2008:68)

Malzeme türü	Isı iletkenlik katsayısı (Kcal/mh°C)
Ahşap	0,09-0,28
Betonarme	1,30
Cephe seramiği	1
Ateş tuğlası	0,80
Dökme mozaik	1
Kiremit	0,45
Kontrplak	0,15
Marley	0,16
Yapı çeliği	50
Pirinç	100
Gümüş	360
Toprak	1,80
Alçı harcı	0,50
Lif levha	0,1-0,23
Grobeton	0,90
Briket	0,70

Odunda ısı iletkenliği katsayısı (λ) sabit değildir. Farklı ahşap türlerinde farklı iletkenlik değerleri görülürken, özgül ağırlık, içerdiği su miktarı ve lif yönü de ısı iletkenlik katsayısında farklılıklar gösterir. Özgül ağırlık arttıkça ısı iletkenliği katsayısı da doğru orantılı olarak artmaktadır.

Çizelge 3.4. Farklı özgül ağırlık değerlerine sahip ahşap türlerinin liflere dik yönde ısı iletkenlik katsayıları (Kcal/mh°C) (Bozkurt, 1966)

Ahşap türü	Tam kuru özgül ağırlık (g/cm ³)	Ortalama ısı iletkenlik katsayısı (λ)
Kavak	0,41	0,088
Ihlamur	0,38	0,086
Karaağaç	0,76	0,144
Akçaağaç	0,68	0,140

Çizelge 3.4. (devamı) Farklı özgül ağırlık değerlerine sahip ahşap türlerinin liflere dik yönde ısı iletkenlik katsayıları (Kcal/mh°C) (Bozkurt, 1966)

Ahşap türü	Tam kuru özgül ağırlık (g/cm ³)	Ortalama ısı iletkenlik katsayısı (λ)
Meşe	0,67	0,148
Kök nar	0,41	0,088
Melez	0,57	0,117
Çam	0,56	0,117
Ladin	0,34	0,077

Liflere paralel yönde ısı iletkenliği liflere dik yöndekinin yaklaşık iki katıdır. Böylece ahşap malzeme liflere paralel yönde dik yöne göre ısıyı daha iyi iletir. 20 °C sıcaklıkta ve hava kurusu halde (%12) ortalama ısı iletkenlik katsayısı Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Ahşapta lif yönüne göre ısı iletkenlik katsayısı (kcal/mh°C) (Keskin ve Örs, 2008:68)

Liflere paralel yönde (λ_l)	Radyal yönde (λ_r)	Teğet yönde (λ_t)
0,1908 - 0,2844	0,1044 - 0,1512	0,09 - 0,1404

Odun rutubeti ısı iletkenliğini artırıcı bir etki gösterir. Su iyi bir ısı iletkeni olduğundan içerisindeki su miktarı yüksek olan odunlar ısıyı iyi iletirler. Odunun rutubet miktarı azaldıkça ısı iletkenliği azalır (Kabakcı, 2018).

Çizelge 3.6. Farklı rutubete sahip ahşap türlerinin farklı yönlerdeki ısı iletkenlik katsayıları (Bozkurt, 1966)

Ağaç cinsi	Özgül ağırlık g/cm ³	Rutubet %	Isı iletim katsayısı (Kcal/mh°C)		
			Liflere paralel yönde	Liflere dik radyal yönde	Liflere dik teğet yönde
Dişbudak	0,74	15	0,2628	0,1512	0,1404
Ladin	0,41	16	0,1908	0,1044	0,0900
Ceviz	0,65	12	0,2844	0,1260	0,1188
Maun	0,70	15	0,2664	0,1140	0,1332

Bir malzemenin içerisinde ne kadar çok hava boşluğu bulunursa ısı iletkenliği katsayısı o kadar azalmakta ve ısı iletkenliği yönünden diğer malzemelere göre üstünlük sağlamaktadır. Odundaki hava boşluğunun etkisi ile ısı yalıtım malzemeleri, çoğunlukla ahşap ve ahşap elyafından yapılır. Isıl iletkenliğin azaltılmasının ana yolunun, ısı yalıtım malzemelerinin gözenekliliğinin artırılması olduğu ve katı faz katkısının bu şekilde azaltılabileceği belirtilmektedir (Kabakcı, 2018).

3.3.1. Ahşap malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları üzerinde etkili olan faktörler

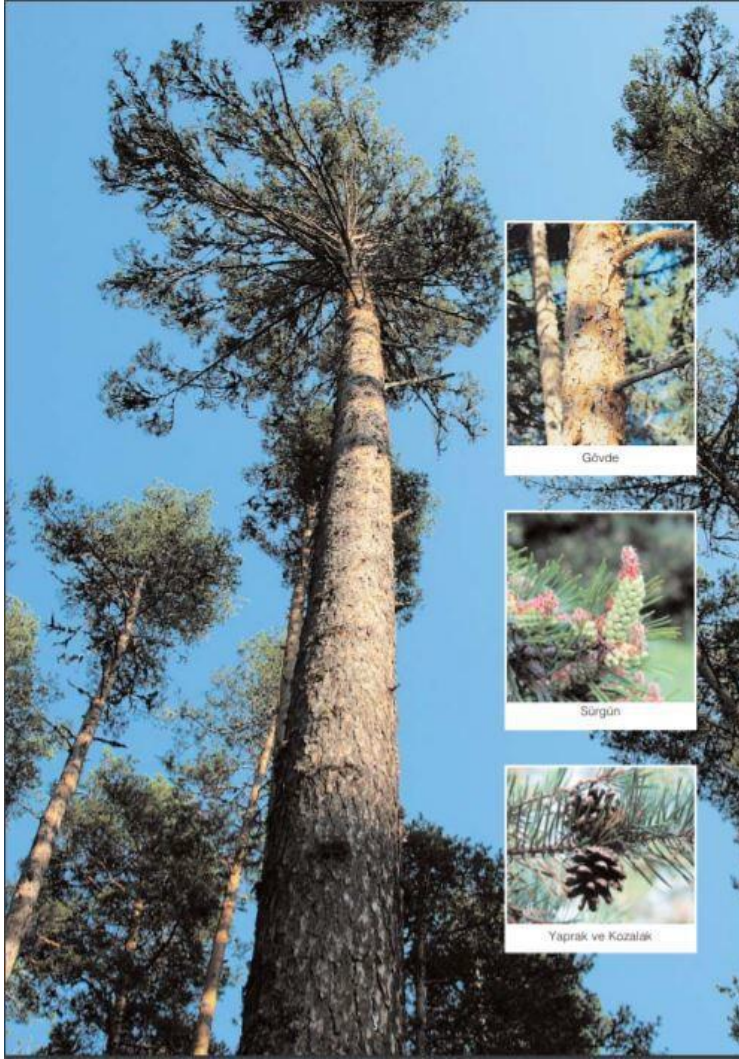
- Odun maddesi özellikle liflere dik yönde nispeten iyi bir izolatördür. Liflere dik yönde ısı iletimi hava dolu lümenlerin azlığı nedeni ve kesilmeler dolayısıyla ısı akışına fazla miktarda karşı koyma mevcuttur.
- Odunun ısıya karşı izolasyon özellikleri çok sayıda fayda sağlar. Isı iletme katsayısı radyal yönde teğet yöndekinden takriben %5-10 defa daha büyüktür. Boyuna yönde ise %6-15 rutubetlerde enine yöndeğinin 2,25-2,75 mislidir.
- Yoğunluk, sıcaklık ve rutubet miktarı arttıkça ısı iletme katsayısı da doğru orantılı olarak artmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1996:159-164).

3.4. Ahşap Malzeme Özellikleri

Ahşap, en eski zamanlardan beri inşaatta kullanılan doğal bir yapı malzemesidir. Ahşabın dayanımının yoğunluğuna oranı, çelik ve betonarme gibi yapı malzemelerinden daha yüksektir. Aynı zamanda, ahşap doğa koşullarına diğer yapı malzemelerinden daha dayanıklıdır. Ahşabın ısı geçirgenliği düşük olduğundan, değişik iklim koşullarında çok iyi ısı izolasyonu özelliğine sahiptir. Yangına karşı dayanımı yüzeyde kömürleşme, iç kısımlarda yanmayan kısım kaldığından yüksektir. Kolaylıkla yanmasına rağmen, yanan kısmında oluşan kömür tabakası ısıyı az naklettiğinden içeriye doğru yanma hızı azalır. Bu davranış tipi, genellikle büyük kesitli ahşap elemanlarda (kolon, kiriş) görülür. Bunun yanı sıra, ahşap organik bir malzeme olduğu için çeşitli bitkisel, mantar ve hayvansal (böcek, kurt) parazitlerden zarar görür. Bu durumu önlemek için ahşap elemanları rutubetten korumak ve etrafından hava geçecek şekilde tasarlamak lazımdır. Ayrıca bazı zehirli sıvılarla ahşabı emprenye etmek yoluyla da mantarların ve parazitlerin etkisi önenebilir. Dış

etkenlerden doğru bir şekilde korunan ahşap elemanların kullanım ömürleri oldukça uzun olmaktadır (Dilmaghani, 2015).

3.4.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris*)



Resim 3.2. Sarıçam (*Pinus sylvestris*) (Orman Genel Müdürlüğü [OGM], 2013:5)

“Avrupa orjinli çamlar içerisinde en yaygınıdır. Kuzey-Doğu Anadolu’da bulunur. Ancak güneyde sadece dağlar üzerinde bulunur” (Polunin, 1991:11).

Sarıçam, ülkemizde en sık yayılış gösteren çam türü olmakla birlikte; fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri dolayısıyla endüstriyel olarak da oldukça fazla tercih edilmektedir.

Kolay kurutulur, çatlamaya ve dönüklüğe eğilimi azdır. İyi işlenir ve yapıştırılır. Yüzey işlemlerinde reçine sızıntısı sebebiyle güçlük çıkar. Güç cilalanır. Öz odun çok dayanıklı,

diri oduna mantar ve böcekler arız olabilir. Odunun rutubeti %25 den fazla olduğu hallerde ve 20-25 °C lerde mavi renk oluşumu görülür. Öz odun güç, diri odun çok iyi emprenye edilebilmektedir (Bozkurt, 1992:225).



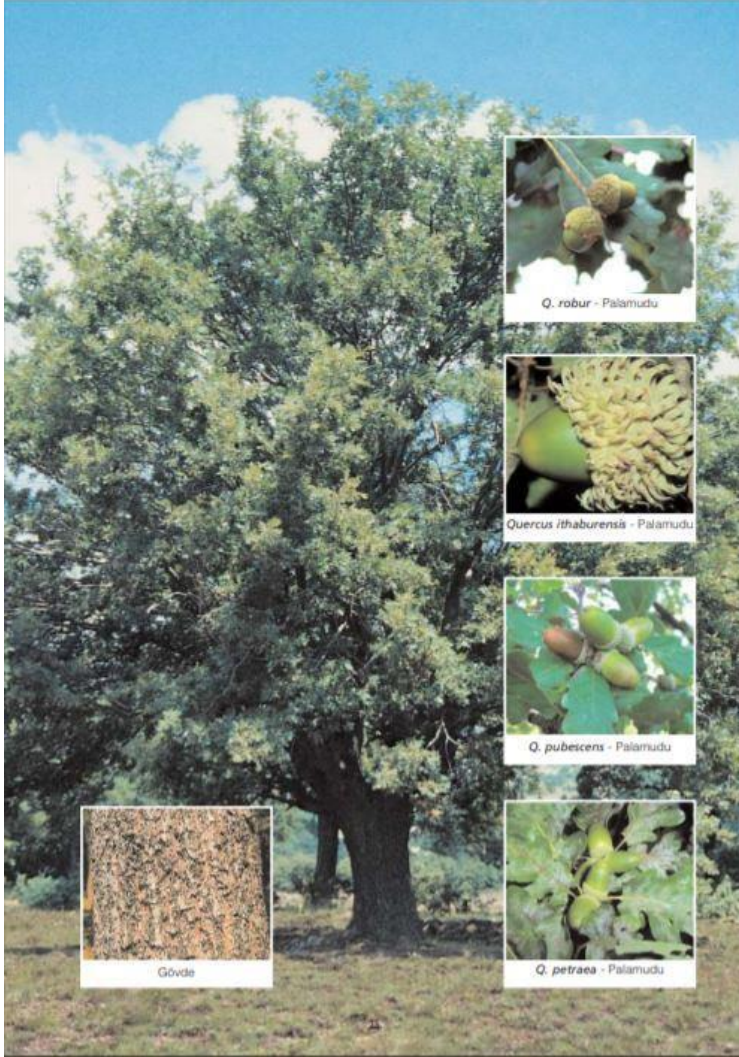
Resim 3.3. Sarıçam kesit görüntüleri (<https://www.wood-database.com/scots-pine/>)

Isıyı kötü naklettikleri için yapıyı kışın sıcak, yazın serin tutarlar. Çivilenme kabiliyeti, ses dalgaları üzerine olan iyi etkisi, depreme karşı güvenli oluşu gibi diğer nedenlerle, sarıçam odunu bina inşaatı için uygun bir malzemedir. Binalarda, özellikle taban, duvar, taban kiriş ve kaplamalarında, köşe duvar ve kapı direkleri, çatı konstrüksiyonları, gergi, dikme, destek, kuşaklama, yanlama, aşık ve mertekler yapımında kullanılır (Öktem, 1994:268).

Toker (1960), yaptığı bir çalışmada sarıçamın fiziksel özelliklerini araştırmıştır. Buna göre sarıçam odununun tam kuru yoğunluk değeri 0,496 g/cm³ ve hava kurusu yoğunluk 0,526 g/cm³ 'tür. Sarıçam odununda hava boşluğu oranı %68,6'dır. Sarıçam odununun içerisine alabileceği en yüksek su miktarı hacim yoğunluk değerine (0,426 g/cm³) göre % 170,6'dır.

Ulusoy, Ay ve Peker (2017), yaptıkları çalışmada Gümüşhane-Torul bölgesinden alınan sarıçam odununun basınç direncini 427 kp/cm², eğilme direncini 636,79 kp/cm², eğilmede elastikiyet modülünü 76,69 kp/cm², dinamik eğilme direncini 0,736 kpm/ cm², makaslama direncini 46,78 kp/cm² olarak belirtmiştir.

3.4.2. Sapsız meşe (*Quercus petraea*)



Resim 3.4. Sapsız meşe (*Quercus petraea*) (OGM, 2013:25)

“Avrupa’nın büyük bir bölümünde bulunur...Geçmişte gemi yapımında, günümüzde mobilyacılıkta fazlaca aranan koyu kahverengi, ağır, iyi desenli, çok sert ve dayanıklı kerestesi ile tanınan, Avrupa’nın en yaygın meşesidir” (Polunin, 1991:43).

“Yıllık halka sınırları belirgin, hava kurusu yoğunlukları $0,70 \text{ g/cm}^3$ kadardır” (Bozkurt ve Erdin, 1995:221).

Yüksek endüstriyel değere sahip meşe odunu yüzyıllardan beri birçok alanda değerlendirilmektedir. Yakın geçmişe kadar büyük oranda yakacak maksatlarla değerlendirilen meşe odunu, günümüzde teknolojik gelişmeye paralel olarak endüstriyel

değerini elde etmiş ve daha rasyonel kullanım alanları bulmuştur... Aynı zamanda yoğunluk-direnç oranlarının oldukça uygun olması, dekoratif görünüm, özellikle öz odununun açık hava koşullarında yüksek doğal dayanımından kaynaklanan bazı özel avantajlarından dolayı tercih edilir (Bektaş, Oruç, Bal, Ak, 2016).

Kurutmada şekil değişimleri meydana gelebilir. İyi işlenir, yeter derecede yapıştırılabilir. Metallerle mavi renklenme olur. Kolay cilalanabilmektedir. İyi çivilenme kabiliyeti vardır. Öz odun dayanıklı, mantar ve böceklerle geniş çapta dirençli olup su altında da çok dayanıklıdır. Öz odun güç, diri odun kolay emprenye edilir. Meşenin çok geniş kullanım yerleri vardır. Yapı ve konstrüksiyon odunu, köprü inşaatı, vagon yapımı, merdiven basamağı, parke, masif mobilya, kutu, sandık, palet, küçük gemi yapımı, tarım aletleri, araba tekerleği, alet sapları, alkollü madde fiçileri ve travers olarak kullanılır. Dar yıllık halkalılar mobilyacılık, tornacılık, çok değerli kesme kaplama levha yapımında kullanılmaktadır (Bozkurt,1992:264).



Resim 3.5. Sapsız meşe kesit görüntüleri (<https://www.wood-database.com/sessile-oak/>; <https://www.istockphoto.com/tr/search/2/image?phrase=oak+tree+cross+section>)

Meşenin sert veya yumuşak olması çoğunlukla yetiştiği yere bağlıdır. Az çalışır, kolay yarılır, yumuşak kereste veren türleri kolay işlenir. Bünyesindeki bol tanen yüzünden en iyi boyanabilen ağaç meşedir. Kolay verniklenir. Sert ağaç standartlarına göre biçilmiş olarak kalas, tahta, kadron vb. biçimlerde hazır parke halinde paketlenmiş olarak satılır. Mobilya ve iç mimaride kullanılan meşenin büyük bir bölümü de kaplama halinde satılır. Dar ve sık yıl halkalı meşe kerestesi eş yapılı özellik gösterir ve genellikle yumuşak olur. İşlenme özellikleri yıllık halka genişliğine bağlı olarak değişir...Kurutmanın ilk safhalarında çok

yavaş bir program uygulanmalıdır. Çatlamaya eğilimi nedeni ile çok yavaş kurutulur. Açık havada kurutmada ince istif lataları kullanılmalı ve enine kesitlerin korunması için önlem alınmalıdır. Fırında kurutmada hızlı kurutma söz konusu olduğundan iç çatlakları ve çarpılmalar görülebilir. Kullanım yerinde stabilitesi orta derecedir (Özcan, 2011).

Liflere paralel yönde basınç direnci 650 kg/cm^2 , liflere dik yönde basınç direnci 110 kg/cm^2 , liflere paralel yönde çekme direnci 900 kg/cm^2 , liflere dik yönde çekme direnci 90 kg/cm^2 , eğilme direnci 1100 kg/cm^2 , makaslama direnci 110 kg/cm^2 , yarıma direnci $8,8 \text{ kg/cm}^2$, şok direnci $0,60 \text{ kg/cm}^2$ dir (Keskin ve Örs, 2008:78-86).

3.4.3.Kestane (*Castanea sativa*)



Resim 3.6. Kestane (*Castanea Sativa*) (OGM, 20013:37)

“Güney ve Doğu Avrupa orjinlidir ve diğer kısımlarda da yoğun olarak yetiştirilir. Meyveleri yenir ve lezzetlidir. Kerestesi kuvvetli ve dayanıklıdır. Dış mekan elemanlarının yapımında fazlaca kullanılır” (Polunin, 1991:38).

“Öz odunu açık kahverenginde, yıllık halka sınırları belirgin, hava kurusu yoğunluğu $D_{12}=0,63 \text{ g/cm}^3$ tür” (Bozkurt ve Erdin, 1995:218).

Kurutulması güçtür, çatlama ve dönüklüğe eğilimlidir. Kollaps görülür, iyi ve kolay işlenir, çok güç yarılr. Yeterli derecede yapıştırılabilir. Fazla tanen sebebiyle metallerle temasta koyu renkler teşkil eder. Çivileme ve vida tutması iyidir. Kolay cilalanır. Mantarlara karşı hassas değildir. Su altında çok dayanıklıdır. Diri odun orta derecede emprenye edilebilir. Öz odun emprenye edilemez. Tel direği, çit direği, travers, kuru madde fiçileri, mobilya, bükme mobilya, yarı kimyasal selüloz yapımında kullanılır. Odunun yongalarından ekstraksiyon yolu ile sepi maddesi elde edilir. Meyveleri yenir ve ekonomik bir önemi mevcuttur (Bozkurt,1992:245).



Resim 3.7. Kestane kesit görüntüleri
(<http://hobbithouseinc.com/personal/woodpics/chestnut.htm>)

“Liflere paralel basınç direnci 500 kg/cm^2 , eğilme direnci ise 770 kg/cm^2 dir” (Keskin ve Örs, 2008:153).

Kestane odununun mantarlar için antiseptik bir madde olan tanence zengin olması ve eğilme dayanımının yüksek olması nedeniyle, yurdumuzda telefon ve telgraf direklerinin yapımında

Meşe ve Çam odunu yerine de kullanılmaktadır. Kestane çubukları buharlama işlemine sokulduktan sonra, kolaylıkla bükülebilmekte ve piyasada ‘‘Bambu’’ tabir edilen mobilya takımlarının yapımında kullanılmaktadır. Piyasada tomruk, kereste, direk ve sırık olarak satılmaktadır. Ayrıca Doğu Karadeniz Bölgesinde doğramacılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır (Altınok, Özalp, Karaaslan, Perçin, 2009).

3.5. Tanenler

Tanenlerin bileşenleri karbon, hidrojen, oksijenden oluşmaktadır. Tanenler, çeşitli ağaç kabuklarında, odun kısmında, tohumlarda, yapraklarda, köklerde bulunabilir. Kabuklarında tanen içeren bitkilere örnek olarak: meşe kabuğu, ladin kabuğu, çam kabuğu, mimoza kabuğu, söğüt kabuğu, huş kabuğu, maleit kabuğu verilebilir. Odunlarında tanen içeren ağaçlara örnek olarak: meşe odunu, kestane odunu, quebracho odunu, urunday odunudur. Meyvelerinde tanen içerenler ise: valonia metrillo (palamut meşesi meyvesi), dividivi, myrobalan, teribablah, ceviz şeklinde sıralanabilir. Yaprak olarak tanen kaynakları ise: sumak yaprağı, gambir yaprağıdır. Köklerinde tanen içerenler ise: canaigre, badan ve kermekdir. Yukarıda sayılan bu tanenli bitkiler Dünya üzerinde ılıman iklim şartlarına sahip Batı, Orta ve Kuzey Amerika ile Kuzey Afrika bölgeleriyle tropik ve subtropik bölgelerde bulunan Hindistan, Avustralya, Güney Afrika sahilleri, Arjantin, Paraguay ve Batı Akdeniz ülkelerinde bol miktarda yetişmektedir (Uğur, 2008).

Tanenlerin çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Sepileme maddesi olarak deri sanayinde, ilaç sanayinde, tekstil sanayinde boya maddesi olarak, gıda sanayinde bira, şarap ve meyve sularının arındırılmasında arıtıcı olarak, petrol sanayinde inceltici olarak ve tutkal sanayinde ve boya ve mürekkep üretiminde kullanılmaktadır (Dağdelen, 2010).

Tanenler asidiktirler ve kanı durdurucu özelliği vardır. Bu özelliği onları geleneksel ilaçların en önemli içerenei yapmaktadır. Deri üretimine ek olarak gıda sektöründe; meyve olgunlaştırıcı ve birçok içeceğin (kakao, çay ve kırmızı şarap vs.) içeriğinde bir bileşen olarak kullanılmaktadır. Demir tuzları ile karıştırıldığında mürekkepte siyah renk üretilmektedir. Boya sanayinde renk sabitleyici olarak görev yapar (Dağdelen, 2010).

‘‘Bazı ağaçların öz odununda odun çürüten mantarlara karşı dayanıklılığı artıran yüksek kalitede tanenlerin olduğu bilinmektedir. Örneğin; Mese (Q. Robur ve Q. patraea) odunu ve

Kestane (*Castanea sativa*) odununun her ikisi de %10 oranında tanen içerir”(Dağdelen, 2010).

Bu çalışmada kullanılan tanen maddesi, ceviz meyvesinin dış kabuklarından ve yapraklarından ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmiştir.

3.6. Emprenye

“Emprenye, bitkisel (mantarlar) ve hayvansal (böcekler, termitler, deniz canlıları) zararlılar ile ateşe ve boyut değiştirmelerine karşı korumak için odunun yapısındaki boşluklara kimyasal madde yerleştirme işlemidir” (Keskin ve Örs, 2008:126).

Dayanıklı olmayan bir ağaç malzemenin mantar, böcek ve deniz zararlılarının saldırısına uğrayacağı yerlerde kullanılması halinde emprenye edilmesi şarttır. Ancak bütün ağaç türlerini eşit bir şekilde emprenye etmek mümkün değildir. Bazı ağaç türlerinde emprenye maddesi derinlere nüfuz edebilmekte, bazı türlerde nüfuz güç olmaktadır. Basınç altında kolayca sıvı akışı sağlanıyorsa, o malzemenin permeabilitesi yüksek demektir. Genel anlamda permeabilite deyimi, sıvıların poröz bir yüzeyden basınç altında geçişlerinin hızlı veya yavaş oluşunu ifade etmektedir. Ağaç malzeme içinde emprenye akışı esas itibariyle dikili ağaçlardaki su, mineral madde ve organik madde akışını sağlayan yollardan olmaktadır. Bu nedenle liflere paralel yönde permeabilite, radyal yöndeki permeabiliteden daima daha büyüktür (Bozkurt, Göker, Erdin, 1993:34-35).

Bütün emprenye maddelerinin; ağaç malzemede yüzey gerilimini azaltıcı etkisi olması, derine nüfuz etmesi ve ağaç liflerine tutunucu (fikse) olması gerekmektedir. Etkili bir emprenye maddesinde bu önemli özelliklerden başka aşağıda açıklanan özellikler de bulunmalıdır.

1. Emprenye maddeleri, odunu tahrip eden organizmalar için yüksek zehirlilik derecesine sahip olmalıdır.
2. Emprenye edilmiş ağaç malzemede devamlı olarak kalmalı, yıkanma ve buharlaşma ile meydana gelen kayıp mümkün olduğu kadar az olmalıdır.

3. Koruyucu maddeler odunu ayrıştırılmamalı, fiziksel ve mekanik özelliklerini azaltılmamalıdır.
4. Ağaç malzeme ile birlikte kullanılan çivi, vida, balon, S demiri, demir tabla gibi metal kısımlara etki yaparak korozyon meydana getirmemelidir.
5. Emprenye işlemlerinde çalışanların, emprenye edilmiş malzemeyi taşıyanların ve kullanan kişilerin sağlığını olumsuz yönde etkilememelidir (Bozkurt ve diğerleri, 1993:106-107).

Ağaç malzemenin korunmasını sağlayabilmek için 2000 yıldan beri çeşitli maddeler denenmektedir. Bu konuda önceleri, hayvansal, bitkisel ve mineral yağlardan yararlanılmıştır. Örneğin, eski Roma ve Mısırlılar ağaç malzemenin dayanma süresini artırmak için sedir yağı kullanmışlar, Burmalılar ise ağaç malzemeyi petrol yağları içinde bekleterek daha uzun süre dayanmasını sağlamışlardır (Bozkurt ve diğerleri, 1993:106).

Eski devirlerde ağaç malzemenin, odun katranı ile ya da yüzeyin kömürleştirilmesi ile korunduğuna dair çeşitli bulgular bulunmaktadır. Emprenyeli ağaç malzeme genellikle çitler, telefon direkleri, maden ocakları, binalar, demiryolu traversleri, seralar ve ambalaj sandıklarında kullanılmaktadır. Ayrıca ahşap kütük evlerde, çocuk oyun alanlarında ve parklarda, piknik masalarında, gemi güvertesinde ve rıhtım gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Metal tuzları içeren kimyasal maddeler ile emprenye edilen ahşap malzeme dış hava koşullarında uzun yıllar zarar görmeden sağlam olarak kullanılabilir. Örneğin; bakır krom arsenik (CCA) ile emprenye edilen bir ağaç malzeme açık hava şartlarında 30 yıl, kreozot ile muamele edilen bir travers demiryollarında 25 yıl rahatlıkla kullanılmaktadır (Ergut, 2011).

“Bakır/krom/arsenik (CCA), 1930 yılında geliştirilmiştir ve en yaygın olarak kullanılan suda çözünen emprenye maddesidir. Fakat günümüzde bu maddenin kullanımı bazı ülkelere yasaklanmıştır. Çünkü arsenik maddesinin potansiyel kanserojen madde olduğu ortaya çıkartılmıştır”(Can, 2018).

Ahşap emprenyesinde kullanılan koruyucu maddelerin insan ve çevre sağlığı üzerindeki muhtemel zararları halen tartışılmaktadır. Fakat asıl sorun hizmet ömrü sona ermiş, toksik

kimyasallar ve ağır metal içeren tuzlar ile emprenyeli ahşap malzemelerin değerlendirilmesi konusudur. Gelişmiş ülkelerde bir takım geri dönüşüm prosesleri uygulanıp çevresel tehdidi olabilen metal tuzları %100'e yakın oranda geri kazanıldıktan sonra ahşap malzeme çeşitli endüstri kollarında yakılarak değerlendirilmektedir. Türkiye'de ise hizmet ömrü bitmiş ahşap malzeme, geri dönüşüm işlemleri yapılmadan, farklı kullanım yerlerinde değerlendirilmek üzere tekrar kullanıma sunulmaktadır. Emprenye edilmiş ahşap malzeme yakıldığında serbest hale gelen metal tuzları su kaynakları ve toprağa karışarak çevresel tehdit oluşturabildiğinden birçok ülkede yakılması yasaklanmıştır (Şen ve Yalçın, 2009).

Odun koruma alanında son 30 yıldaki araştırmalarda çevreye daha az zararlı, etkinliği daha uzun süreli ve çevresel endişeleri minimuma indirecek emprenye maddeleri ve yöntemlerine önem verilmiştir. Emprenye maddelerinin etkin, sürekli ve ekonomik olması ile birlikte insan ve sıcakkanlı hayvanlar için güvenli olması kriteri başta gelmektedir. Bu nedenle yeni geliştirilen koruyucuların geleneksel sistemlere oranla insanlara ve çevreye çok daha az toksik özellikte olması istenmektedir (Şen ve Yalçın, 2009).

3.6.1. Ahşap malzemenin emprenye için hazırlanması

“Emprenye için uygun bir şekilde hazırlanmamış ağaç malzemede yeter derecede emprenye maddesi nüfuzu sağlanamaz. Yuvarlak gövde kısımlarında kabuk soyulmuş ve özellikle yağlı maddelerle emprenyeden evvel yeterli rutubet derecesine kadar odunun kurutulmuş olması lazımdır” (Bozkurt, 1982:180).

Emprenye işleminden önce ağaç malzemenin kullanım yerindeki boyutlarına göre hazırlanmasının çeşitli yararları bulunmaktadır. Emprenye işleminden sonra malzeme üzerinde yapılacak herhangi bir işlem, emprenye edilmemiş kısımları açığa çıkararak, böcek ve mantarların arız olmasına neden olacaktır. Ayrıca, emprenye edilmiş ağaç malzemenin sonradan, kullanım yerine göre hazırlanması sırasında ortaya çıkan atık ağaç malzeme parçaları çevre kirliliğine yol açmaktadır...Emprenye işlemlerinden sonra ağaç malzemede kesme ve delme işlemlerinin mutlaka yapılması gerekirse, bu durumda yeni açılmış yüzeylere sıvı halde emprenye maddesi fırça ile sürülmelidir (Bozkurt ve diğerleri, 1993:163).

3.6.2. Emprenye metotları

Odun koruyucu bir yöntem olarak kullanılan emprenye metotları basınç uygulamayan, basınç uygulayan, besi suyunu çıkarma, difüzyon ve yerinde bakım metotları olarak 5 ana başlık altında toplanmaktadır. Uygulanacak olan işlem, odunun türü, nerede kullanılacağı, zaman ve ekonomik duruma göre tercih edilmektedir.

Basınç uygulamayan metotlar

a) Fırça ve püskürtme yöntemleri

Emprenye maddesi temiz ve kuru haldeki ağaç malzeme yüzeyine birkaç kat tatbik edilir. Bunun için bir önceki kat kuruduktan sonra diğer katlar sürülür. Odunun anatomik yapısı, rutubetli ve emprenye maddesinin viskozitesi emilen koruyucu madde miktarını ya da nüfuz derinliğini belirler. Nüfuz derinliği permeabilitesi yüksek çam türü malzemelerde 1-5 mm, ladin ve göknarda ise en çok 1 mm'dir. Bu maksatla, çoğunlukla organik çözücüler kullanılır. Koruma süresi kısa olup uzun süreli koruma için işlemler periyodik olarak tekrarlanmalıdır. Toprak ile temas eden yerlerde ve ıslak mekanlarda kullanılan ağaç malzeme için uygun değildir (Keskin ve Örs, 2008:127).

b) Kısa ve uzun süreli daldırma yöntemleri

“Bu yöntemlerde ağaç malzemeler, içerisinde emprenye maddesi bulunan kaplara birkaç saniye ile birkaç hafta arasında değişen süreler ile batırılırlar” (Erten,1994:280).

Esas itibariyle diri odun içeren ince ağaç malzemenin, emprenye maddesi içerisine kısa süre batırılması oldukça iyi bir koruma sağlamaktadır. Ancak, daldırma süresi seçiminde emprenye maddesi özelliklerine dikkat edilmelidir. Örneğin, pencere doğramaları organik çözücülü bir emprenye maddesine 3 dakika daldırıldığında minimum koruma elde edildiği halde, 10 dakikalık daldırma ile uygun bir nüfuz derinliği ve iyi bir koruma sağlanabilmektedir (Bozkurt ve diğerleri, 1993:176).

c) *Sıcak-soğuk açık tank yöntemi*

Bu yöntemde, ağaç malzeme, içerisinde soğuk emprenye maddesi bulunan kazana yerleştirilir. Kazanın altındaki ocak yakılarak emprenye çözeltisi 85 °C ye kadar ısıtılmaktadır. Bu durumda 4 saat bekletilir ve daha sonra kazan soğumaya bırakılır. Çift kazanlı uygulamada ise, birinci kazanda ağaç malzeme ısıtılıp, daha sonra içerisinde soğuk emprenye çözeltisi bulunan ikinci kazana yerleştirilir. Bu yöntemin uygulanmasında, organik çözücülü emprenye maddelerinin, çabuk tutuşabilme özelliklerinden dolayı kullanılmaları sakıncalıdır. Basınç uygulamayan yöntemler içerisinde, emprenye maddesinin ağaç malzemeye en iyi nüfuz etmesini sağlayan bu metottur (Erten,1994:280).

Basınç uygulayan metotlar

a) *Dolu hücre (Bethell) yöntemi*

Bu yöntemde emprenye edilecek ağaç malzemenin rutubetinin %28 den fazla olmaması gerekir. Emprenye silindirinin içerisine emprenye edilecek malzemeler konduktan sonra, 63,5 cm cıva basıncına eşdeğerde ilk vakum uygulanır. Vakum devam ederken, silindirin içerisi emprenye maddesi ile doldurulur. Vakum işlemine son verilir ve 15 atmosfere kadar basınç uygulanır. Basınç işlemine son verdikten sonra emprenye maddesi boşaltılır. Son vakum işlemi uygulanır. Daha sonra emprenyeli ağaç malzemeler dışarı çıkarılır (Erten,1994:281).

b) *Boş hücre (Rueping) yöntemi*

Dolu hücre metotları fazla emprenye maddesi harcaması nedeniyle pahalı olduğundan boş hücre metotları geliştirilmiştir. Buna göre; yeterli kuruma sağlayacak şekilde hücre boşluklarını dolduran emprenye maddesi dışarı atılarak lümenler boşaltılmakta, bunun sonucunda hücre çeperleri emprenye edilmektedir. Emprenye maddesi olarak çoğunlukla kreozot ya da ağır yağlarda çözünmüş pentaklorfenol kullanılır (Keskin ve Örs, 2008:128).

c) Vakum yöntemi

Vakum yöntemi, organik çözücülü emprenye maddeleri ile uygulanır. Ağaç malzeme emprenye kazanına yerleştirildikten sonra vakum uygulanır. Vakum devam ederken emprenye maddesi kazana doldurulur. Vakum işlemine son verilir. Emprenye maddesinin ağaç malzemeye nüfuzu ya normal atmosfer basıncı ile sağlanır veya bazen de 1-2atmosfer basınç uygulanır. Emprenye maddesi kazandan boşaltıldıktan sonra son vakum uygulanır. Bu yöntem Çift Vakum veya Vac-vac yöntemi de denir (Erten,1994:281-282).

Besi suyunu çıkarma yöntemi

Boucherie metodu denilen bu metoda göre; taze haldeki kabukları soyulmamış tel direkleri hafif eğimli olarak ve 30 cm aralıkla, kalın uçları yukarda olacak şekilde destekler üzerine yerleştirilir. Kalın uçlarına bağlanan kapsüller, bir boru yardımı ile, 10 m yükseklikteki ve 1500 lt hacmindeki emprenye maddesi deposuna bağlanır.

Emprenye maddesi olarak, bakır/krom/bor esaslı Wollmann tuzları kullanılır. Ağaç türüne göre değişmek üzere 8-14 gün içinde emprenye maddesi ince uçtan akmaya başladığında diri odun emprenye edilmiş sayılır. Uygulama sonunda, direkler 5-8 gün kabuklu bırakılıp, daha sonra kabukları soyularak kurumaya bırakılır (Keskin ve Örs, 2008:130).

Difüzyon yöntemi

Birbiri ile temas halinde bulunan çeşitli maddelerde moleküller birbiri içerisine karışıp, yayılabilmekte ve bu olaya difüzyon adı verilmektedir. Konsantrasyon bakımından fark bulunan iki emprenye tuzu çözeltisi arasında da daima difüzyon olayı gerçekleşmektedir (Bozkurt ve diğerleri, 1993:203).

Difüzyon metodu çok rutubetli haldeki ağaç malzemeye konsantre halde suda çok kolay çözünen emprenye maddelerinin tatbik edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Emprenye maddesi hücrelerdeki su içinde çözünerek yüzeylerden içeriye doğru yavaş yavaş yayılmaktadır. Bu metoda göre ağaç malzeme yüksek konsantrasyondaki emprenye maddesi içerisine batırılmakta veya bulamaç halindeki madde yüzeylere sürülmektedir (Keskin ve Örs, 2008:131).

Yerinde bakım metodu

Telefon, elektrik ve tel direkleri, ayrıca ağaç köprü ayakları ve yapılarda kullanılan giriş başları gibi çürümeye açık kısımların korunmasında, bu kısımların etrafına veya içerisine konsantre halde emprenye tuzları tatbik edilerek tuzların zaman içerisinde difüzyon yoluyla malzemeye nüfuz etmesi sağlanmaktadır. Ancak, difüzyon için yeterli rutubet gereklidir. Bandaj metodu, kobra metodu, oyma delik metodu gibi farklı uygulamaları vardır (Bal,2006).





4. MATERİYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Ahşap malzeme

Bu çalışmada 1. sınıf Sarıçam (*Pinus Sylvestris*), Sapsız meşe (*Quercus Petraea*) ve Kestane (*Castanea Sativa*) ahşap odunları kullanılmış olup, malzeme; Ankara Ağaçişleri ve Mobilyacılar Sitesi'nden rastgele seçim yöntemiyle temin edilmiştir. Kullanılan ahşap malzemenin doğal renkte, temiz, pürüzsüz, paralel lif yapısına sahip olması ve diri odununun olması; malzemede çürümenin, büyüme bozukluklarının, böcek ve mantar tehlikesinin olmamasına dikkat edilmiştir.

4.1.2. Doğal tanen çözeltisi

Modifikasyon işlemi için kullanılan doğal tanen maddesi ceviz meyvesinin dış kabukları ve yapraklarından ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen, çevreye zararsız bir maddedir. Çözelti, üretimini yapan firmadan temin edilmiş olup ambalaj viskozitesinde kullanılmıştır. Koruyucu çözeltinin pH'ı 5,5-7, yoğunluğu 1,02-1,2 g/cm³ ve viskozitesi 8-12 s/D4 cup arasında (20±2 °C) olarak belirlenmiştir.

Kullanılan ölçüm numunelerinden Sapsız meşe ve Kestane odunları doğal olarak tanen maddesi içermekte, sarıçam odununda bu madde bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında ceviz ağacından elde edilen doğal tanen çözeltisinin koruyuculuk özelliğinden ziyade farklı ahşap türlerinde ısı geçirgenliğine etkisi araştırılmıştır.

4.2. Yöntem

4.2.1. Doğal tanen çözeltisinin ve ölçüm örneklerinin hazırlanması

Araştırma için kullanılan her üç ahşap türündeki numuneler test cihazının ölçülerine uygun olacak şekilde 295x295x18 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır.

Ölçüm numuneleri 20±2 °C sıcaklık ve %65±5 nispi nem koşullarında iklimlendirme

cihazında bekletilerek, her bir ölçüm örneğinin eşit iklim şartına gelmesi sağlanmıştır.

Numunelerden her bir ağaç türünden 5'er adet olmak üzere toplam 15 adet numuneye emprenye işlemi uygulanmamış, kontrol grubunu oluşturan bu numuneler araştırmanın her aşamasında uygulanan iklimlendirme ve ısı geçirgenliği testlerine tabii tutulmuştur. Geri kalan numunelerden her ahşap türünden, her bir işlem türü için 5'er adet olmak üzere; 4 saat daldırma, 8 saat daldırma, 3 kat ve 6 kat fırça ile sürme yöntemleriyle toplam 60 adet numuneye modifikasyon işlemi uygulanmıştır.

Uygulanan modifikasyon işlemi türüne göre ölçüm numunelerinin sayısal dağılımı Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçüm numunelerinin sayıları

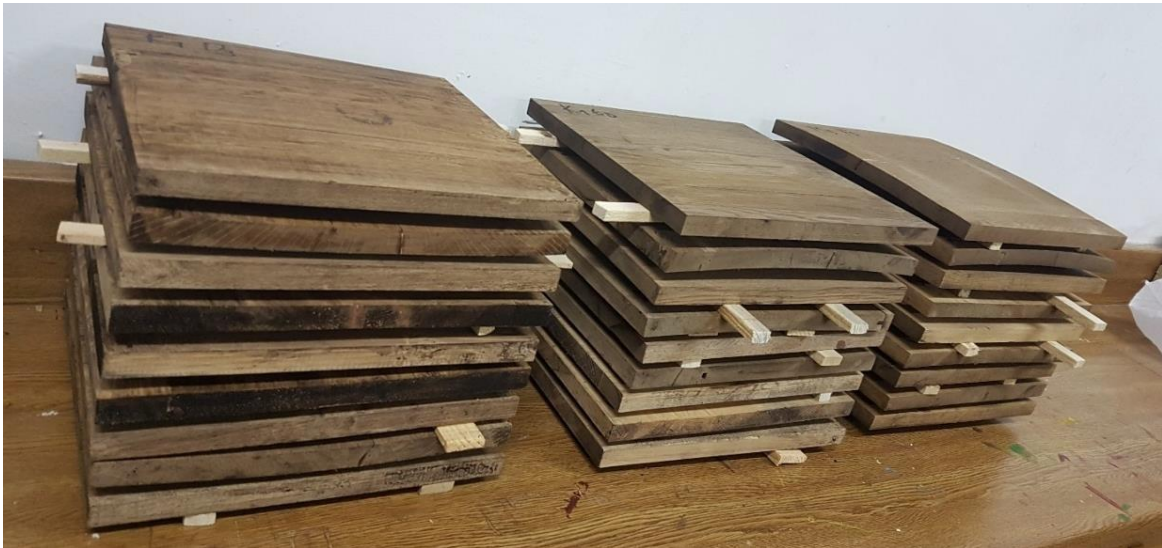
Ahşap Türü	Modifikasyon İşlemi	20°C/65%	40°C/35%	10°C/50%	Numune Sayısı
Sarıçam	İşlemsiz (Kontrol)				5
	4 s. daldırma	“	“	“	5
	8 s. daldırma	“	“	“	5
	3 kat fırça	“	“	“	5
	6 kat fırça	“	“	“	5
	Toplam				25
Sapsız meşe	İşlemsiz (Kontrol)	“	“	“	5
	4 s. daldırma	“	“	“	5
	8 s. daldırma	“	“	“	5
	3 kat fırça	“	“	“	5
	6 kat fırça	“	“	“	5
	Toplam				25
Kestane	İşlemsiz (Kontrol)	“	“	“	5
	4 s. daldırma	“	“	“	5
	8 s. daldırma	“	“	“	5
	3 kat fırça	“	“	“	5
	6 kat fırça	“	“	“	5
	Toplam				25
	GENEL TOPLAM				75

Daldırma ile emprenye yöntemi

Her bir ağaç türünden 5'er adet olmak üzere toplam 15 adet deney numunesi 4 saat süreyle, 15 adet deney numunesi ise 8 saat süreyle tanen çözeltisinin bulunduğu kap içerisine daldırılmıştır. Çözeltinin tam anlamıyla nüfuz edebilmesi ve numunelerin tamamen çözelti içerisinde kalabilmesi için örnekler üzerine noktasal ağırlıklar yerleştirilmiştir. Modifikasyon süreleri tamamlanan deney örnekleri kaptan çıkarılarak temiz bir bezle yüzeyindeki fazla çözelti maddesi bez ile temizlenip kurulanmıştır. Daha sonra 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 nem koşulundaki iklimlendirme cihazında değişmez ağırlığa gelinceye kadar (yaklaşık 1 hafta) bekletilerek ölçüme hazır hale getirilmiştir.

Fırça ile sürme emprenye yöntemi

Her bir ağaç türünden 5'er adet olmak üzere toplamda 15 adet numuneye 3 kat, 15 adet numuneye de 6 kat fırça ile tanen çözeltisi uygulanarak emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan her kat emprenye işlemi için numunelerin her bir yüzeyinde ilk olarak liflere dik yönde, sonrasında ise liflere paralel yönde olmak üzere fırça ile emprenye uygulanmıştır. Bu işlem tüm örneklerde titizlikle tekrarlanmıştır. Her bir kat fırça ile sürme işleminden sonra örnekler 2 saat kurumaya bırakılmış, sonraki kat kuruduktan sonra uygulanmıştır. Son kat sürme işlemleri de tamamlandıktan sonra numuneler 20 ± 2 °C sıcaklık ve 65 ± 5 nispi nem koşulunda iklimlendirme cihazında ölçüme hazır hale getirilmiştir.



Resim 4.1. Modifikasyon uygulanmış ölçüm numuneleri

Modifikasyon (emprenye) işlemleri tamamlandıktan sonra ölçüm örnekleri bahar mevsiminin iklimini temsilen 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ nispi nem koşulunda iklimlendirilerek teste tabi tutulmuştur. Isı geçirgenliği testleri tamamlandıktan sonra bu işlemi takiben yaz mevsimini temsilen 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35\pm 5$ nispi nem koşulunda iklimlendirilip bu koşuldaki ölçümler yapılmıştır. Son olarak ise kış mevsimini temsilen 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ nispi nem koşulunda iklimlendirilerek ısı geçirgenliği ölçümleri tamamlanmıştır. Böylelikle her bir ölçüm numunesi tüm iklim koşullarına tabii tutulmuştur.

4.3. Ölçümler

4.3.1. Yoğunluk belirleme

Bu araştırmada Sarıçam, Sapsız meşe ve Kestane ağaçlarından elde edilen numunelerin yoğunlukları TS 2471 ve TS 2472 standart esaslarına uygun olarak belirlenmiştir. Yoğunluk belirlemede her bir modifikasyon düzeyi ve iklim koşuluna tabii tutulan $20\times 20\times 30$ mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.

Isı ölçümleri için uygun ölçülerde (295×295 mm) hazırlanan numuneler iklimlendirme cihazında 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ nispi nem koşullarında değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilirken aynı zamanda yoğunluk belirlemede kullanılan numuneler ($20\times 20\times 30$ mm) de aynı işleme tabii tutulmuştur.

Yoğunluk belirlemede kullanılacak olan numuneler üç farklı ağaç türünden (Sarıçam, Sapsız meşe, Kestane), her bir modifikasyon düzeyi (3 kat fırça uygulaması, 6 kat fırça uygulaması, 4 saat daldırma, 8 saat daldırma) için 10'ar adet olmak üzere toplamda 120 adet $20\times 20\times 30$ mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır. Modifikasyon işlemleri hem ölçüm numunelerine hem de yoğunluk belirlemede kullanılacak olan numunelere uygulandıktan sonra tüm numuneler tekrardan 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65\pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirme cihazında bekletilmiş, yoğunluk belirlemede kullanılacak olan numunelerin ağırlık ve hacim ölçümleri yapılmış ve kaydedilmiştir.

Numune ağırlıkları 0,01 hassasiyete sahip teraziyle belirli aralıklarla ölçülmüş, son iki ölçümdeki ağırlık farkı, numune ağırlığının 0,01'inden az olarak tespit edildiğinde değişmez ağırlığa geldiği kabul edilmiştir.

Hacim belirlemede numunelerin 0,01 duyarlılıklı dijital kumpas ile boyutları ölçülmüştür ve “Eş. 4.1” formülünde yerine konularak hesaplanmıştır.

$$V = \text{en} \times \text{boy} \times \text{kalınlık} \text{ (cm}^3\text{)} \quad (4.1)$$

Hacmi belirlenen numunelerin yoğunluk değerleri;

$$\delta_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ g/cm}^3 \quad (4.2)$$

eşitliğine göre belirlenmiştir. Burada;

δ_{12} = Hava kurusu yoğunluk (g/cm³)

M_{12} = Numune ağırlığı (g)

V_{12} = Numune hacmi (cm³) dir.

Hesaplanan yoğunluk değerlerinin ortalaması alınarak kaydedilmiştir.

Yoğunluk belirlemede kullanılan numunelerin ağırlık ölçümlerinde Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Endüstriyel Test Laboratuvarında bulunan hassas terazi kullanılmıştır. Hassas teraziye ait teknik özellikler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Yoğunluk belirleme numunelerinin ağırlık ölçümünde kullanılan hassas terazinin teknik özellikleri

Marka ve model	Precisa XB 220A SCS
Kapasite	220 g
Hassasiyet	0,0001 g / 0,1 mg
Dara alanı	220 g
Doğrusallık	± 0,2 mg
Ebat W/D/H	210 x 340 x 345 mm
Kalibrasyon tipi	Tam otomatik, dâhili zaman ayarlı kalibrasyon
Rüzgarlık	260 mm, 3 farklı yönden sürgülü ve kapaklı



Resim 4.2. Precisa XB 220A SCS hassas terazi

4.3.2. Tutunma (retensiyon) miktarı belirleme

Üç ahşap türünde her bir modifikasyon işlemi için 5'er adet 295x295x18 mm ebatlarında numune hazırlandıktan sonra 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş ve ilk ağırlıkları kaydedilmiştir. Kontrol grubu hariç 4 farklı modifikasyon (işlem çeşidi: 3 kat ve 6 kat fırça uygulaması, 4 saat ve 8 saat daldırma) işlemi uygulandıktan sonra numuneler tekrar 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirme cihazında bekletildikten sonra tekrardan ağırlık ölçümleri yapılmış, bulunan değerler gram cinsinden kaydedilmiştir. Ağırlık ölçümlerinin yapıldığı hassas terazinin görseli Resim 4.3'te, teknik özellikleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.



Resim 4.3. KERN FCB 30K1 hassas terazi

Çizelge 4.3. Retensiyon miktarı belirlemede kullanılan hassas terazinin teknik özellikleri

Marka ve model	KERN FCB 30K1
Ölçüm aralığı (maksimum)	30000 g
Hassasiyet	1 g
Tekrarlanabilirlik	1 g
Doğrusallık	± 3 g
Minimum parça ağırlığı	2 g
İzin verilen ortam sıcaklığı	5 °C – 35 °C
Ağırlık	3 kg
Kefe ebatı	252 x 228 mm
Ebatlar	270 x 345 x 106 mm

4.3.3. Isı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik (yalıtkanlık) değeri belirleme

Isı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik değerleri TS EN 12667 standart esaslarına uygun olarak belirlenmiştir. Ölçüm numuneleri ısı transfer cihazına teker teker yerleştirilerek her bir ölçüm numunesinin ölçüm sonundaki kalınlık, λ ve U değerleri kaydedilmiştir. Her bir numune için deney süresi standart sapmanın 0,05 değerini bulduğu ana kadar devam ettirilmiştir.

Ölçümlerde ısı iletkenlik katsayısı(λ) bilgisayar destekli yazılımla;

$$\lambda = Q \times d / A \times \Delta t \text{ (W/mK)} \quad (4.3)$$

eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır.

Bu eşitliğe göre;

λ : Isı iletkenlik katsayısı,

Q : A alanı üzerinden geçen ısı miktarı, d : Numune kalınlığı,

A : Numunenin yüzey alanı,

Δt : İki yüzey arasındaki sıcaklık farkıdır.

Isı geçirgenlik (yalıtkanlık-U) değeri ise;

$$U = \lambda / d \text{ (W/m}^2\text{K)} \quad (4.4)$$

eşitliğine göre hesaplanmıştır.

Buna göre;

U: Isı geçirgenlik katsayısı,

λ : Isı iletkenlik katsayısı,

d: Numune kalınlığıdır.

Ölçümler ilk olarak 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem ortam koşulunda yapılmıştır. Bu koşul için üst plaka sıcaklığı 25 °C, alt plaka ise 15 °C olarak ayarlanmıştır. Daha sonra 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem koşulu için üst plaka sıcaklığı 50 °C, alt plaka ise 30 °C'ye ayarlanmıştır. Son olarak 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem ortam koşullarında gerçekleştirilen ölçümler için üst plaka 20 °C, alt plaka sıcaklığı 0 °C olarak ayarlanmıştır. Ölçümlerde her bir numunenin λ ve U değerleri ve kalınlıkları değişkenlik göstermiş olup bu değerler kaydedilmiştir.

Ölçümler Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçışleri Endüstri Mühendisliği Endüstriyel Test Laboratuvarında bulunan Linseis HFM 300/3 ölçüm düzeneğinde gerçekleştirilmiştir (Resim 4.4). Cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

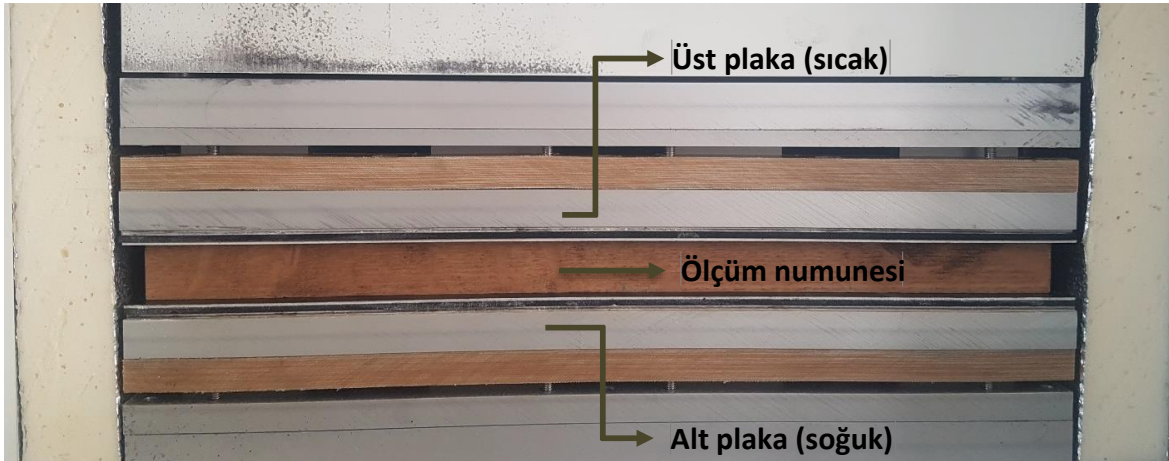


Resim 4.4. Linseis HFM 300/3 ölçüm düzeneği

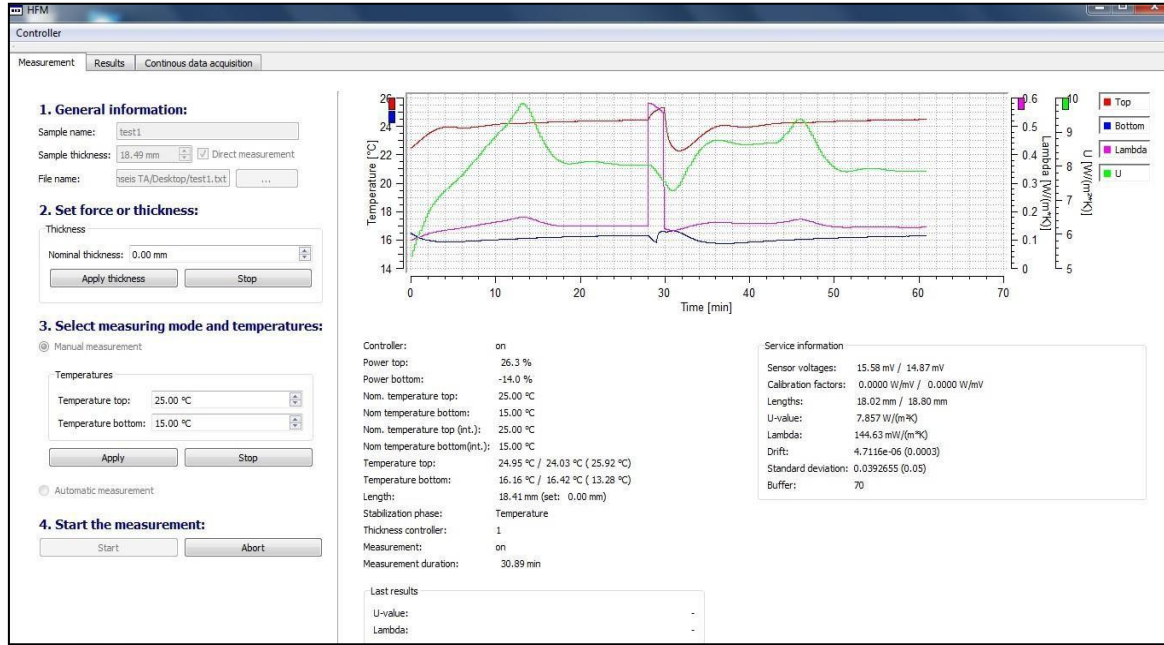
Çizelge 4.4. Linseis HFM 300/3 ısı akış ölçer cihazı teknik özellikleri

Marka ve model	LINSEIS HFM 300/3
Soğutma sistemi	Harici bir termostatik kap ile sağlanmaktadır.
Plakaların sıcaklık aralığı (değişken)	- 30 °C ~ + 90 °C
Plakaların sıcaklığının kontrolü	Peltier prensibine göre
Analizi yapılabilecek numunelerin maksimum boyutları	(L)(w)(t) $\equiv$ (305 mm)(305 mm)(105 mm)
Ölçüm noktası sayısı	15
Isıl direnç faktörü (R''_t) ölçüm aralığı	0,1 (m ² K)/W ~ 8,0 (m ² K)/W
Isıl iletkenlik ölçüm aralığı (ısı iletim katsayısı (k) ölçüm aralığı)	0,001 W/(mK) ~ 2,5 W/(mK)
Doğruluğu (belirsizliği)	$\pm 1\% \sim \pm 3\%$
Kesinliği (tekrarlayabilirliği)	$\pm 0,25\%$
Temas basıncı (değişken)	0,25 kPa

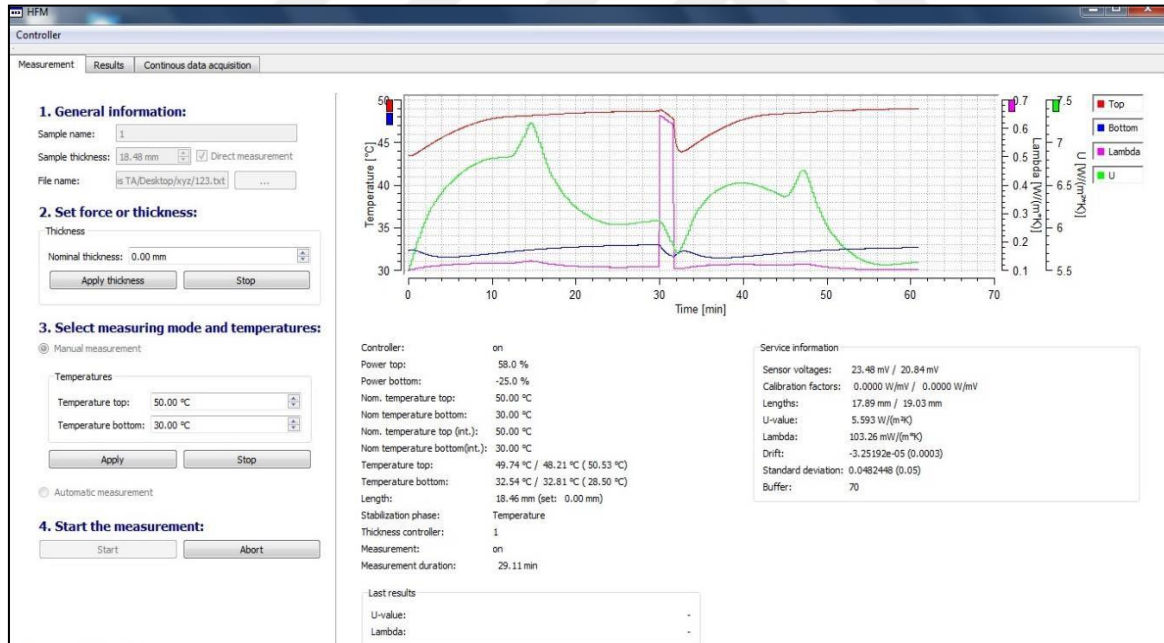
Cihaz içi plakaların görseli Resim 4.5'te verilmiştir.



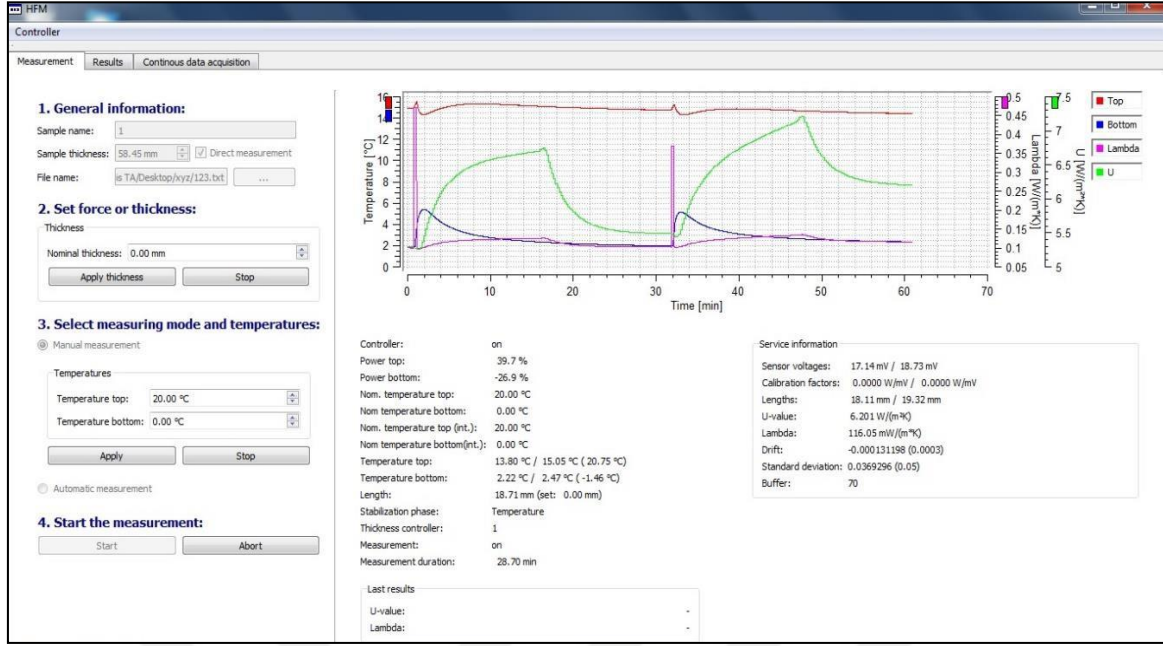
Resim 4.5. Test cihazı plakaları



Resim 4.6. 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü



Resim 4.7. 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü



Resim 4.8. 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem koşullarında iklimlendirilmiş numunenin ısı ölçümlerinin yapıldığı sırada programın ekran görüntüsü

4.4. İstatistiksel Değerlendirme

Doğal tanen ile modifiye edilmiş üç ahşap türünde modifikasyon yöntemlerinin ve iklim şartının (ortam koşulları) ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik değerine etkilerinin belirlenmesi için 3x3x5 faktöriyel terkbine göre çoklu varyans analizi uygulanmıştır. $\alpha=0,05$ hata payı ile ahşap türü, modifikasyon yöntemi ve iklim şartının ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenlik değerine etkisinin anlamlı çıkması durumunda, ortalama değerlere Duncan testi uygulanarak homojenlik grupları belirlenmiştir.



5.BULGULAR

Üç farklı ahşap türünde (Sarıçam, Kestane ve Meşe) ve 4 modifikasyon düzeyinde (3 kat fırça uygulaması, 6 kat fırça uygulaması, 4 saat daldırma, 8 saat daldırma) doğal tanen çözeltisi ile modifikasyon uygulamasının ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenliğine etkisinin incelendiği bu çalışmada, retensiyon miktarı, yoğunluk, ısı iletkenlik katsayısı (λ) ve ısı geçirgenlik değeri (U) değişimine ait bulgular aşağıda verilmiştir. Kontrol grubuna tanen çözeltisi uygulanmamış olup, yalnızca iklim koşullarına ve ısı ölçümlerine tabii tutulmuştur.

Her bir gruba ait ölçüm numunelerinde tespit edilen değerlerin ortalamalarına uygulanan çoklu varyans analizinde doğal tanen ile modifiye edilmiş üç ahşap türünde modifikasyon yöntemi ve iklim şartının (ortam koşulları) ısı iletkenlik katsayısına ve ısı geçirgenlik değerine etkileri 3x3x5 faktöriyel terkibine göre anlamlı bulunmuştur.

5.1. Tutunma (Retensiyon) Miktarı

Kontrol örnekleri hariç geri kalan tüm modifikasyon düzeylerinde (3 kat fırça uygulaması, 6 kat fırça uygulaması, 4 saat daldırma, 8 saat daldırma) doğal tanen çözeltisi uygulanan deney numunelerine ait tespit edilen retensiyon miktarları Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Doğal tanen ile modifiye edilmiş ahşap türlerinde tespit edilen retensiyon miktarları (g)

Modifikasyon Düzeyi	Sarıçam	Kestane	Meşe
3 kat fırça uygulaması	24,667	13,333	16,333
6 kat fırça uygulaması	44	27	23
4 saat daldırma uygulaması	27	11,333	6
8 saat daldırma uygulaması	32,333	16,333	8,333

Çizelge 5.1’e göre en büyük retensiyon (tanen çözeltisi tutunması) miktarı değeri 3 ahşap türünde de 6 kat fırça uygulamasında tespit edilmiş olup geri kalan modifikasyon çeşitlerinde ahşap türüne göre değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

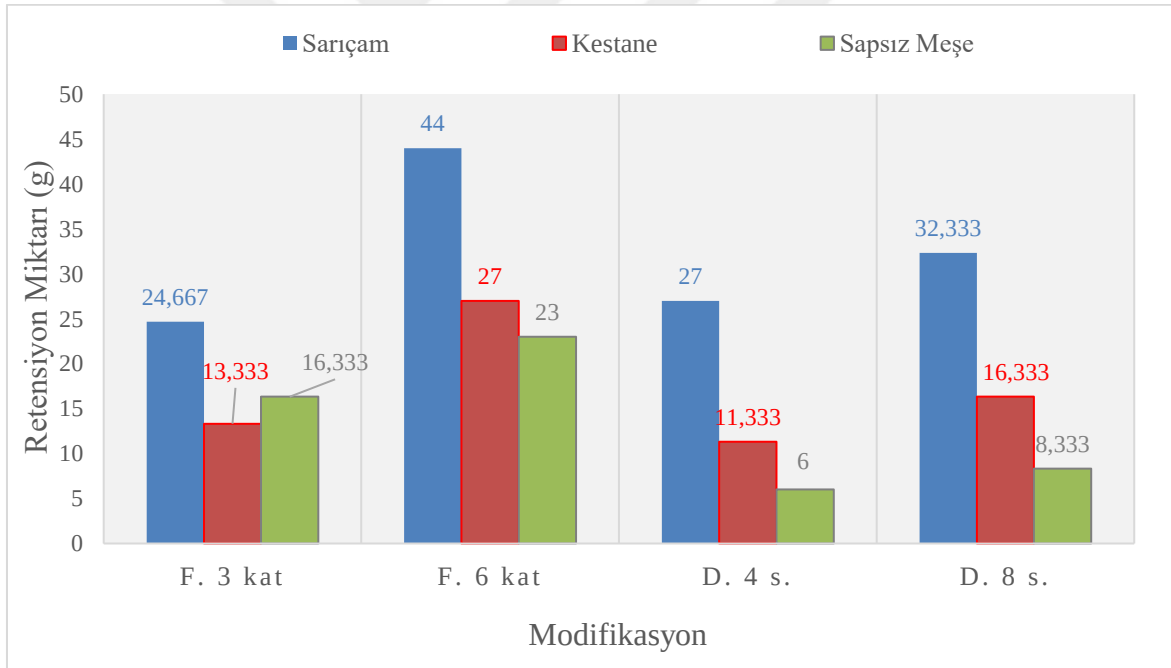
Sarıçam için ikinci sıradaki değer 8 saat daldırma uygulaması iken onu takiben 4 saat

daldırma ve 3 kat fırça uygulamalarında retensiyon miktarı giderek azalmaktadır.

Kestane için tespit edilen retensiyon miktarlarında ikinci sırada 8 saat daldırma, ardından 3 kat fırça uygulamaları yer alırken en düşük retensiyon miktarı 4 saat daldırma uygulamasında tespit edilmiştir.

Son olarak Meşe için en yüksek retensiyon miktarından en düşük olana doğru modifikasyon çeşidi sıralaması 6 kat fırça, 3 kat fırça, 8 saat daldırma ve 4 saat daldırma şeklindedir.

Sarıçamda retensiyon miktarının diğerlerine göre yüksek çıkmasının nedeni iç boşluk hacminin çokluğu ve daha çok emprenye maddesi soğurmasından kaynaklandığı söylenebilir. Değerlere ait grafik Şekil 5.1’de verilmiştir



Şekil 5.1. Doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmiş ahşap türlerinde retensiyon miktarları grafiği

5.2. Yoğunluk Değişimi

Isı iletkenliğinde önemli bir rolü olan malzemenin yoğunluk değişimine ilişkin üç ahşap türü, üç iklim şartı ve beş işlem (modifikasyon) faktöriyel terkinde elde edilen yoğunluk değerlerine uygulanan çoklu varyans analizi testi sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Yoğunluk (r) değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyansın Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi (P<0,05)
Faktör A (ahşap)	2	0,668	0,334	(1) 483,1086	0,0000
Faktör B (iklim)	2	0,001	0,001	1,0672	0,3483*
AB	4	0,015	0,004	(3) 5,5294	0,0005
Faktör C (işlem)	4	0,020	0,005	(2) 7,0763	0,0001
AC	8	0,012	0,002	(5) 2,2260	0,0325
BC	8	0,012	0,002	(6) 2,1973	0,0348
ABC	16	0,027	0,002	(4) 2,4595	0,0039
Hata	90	0,062	0,001		
Toplam	134	0,818			
(*) İklim şartı anlamsız çıkmıştır.					

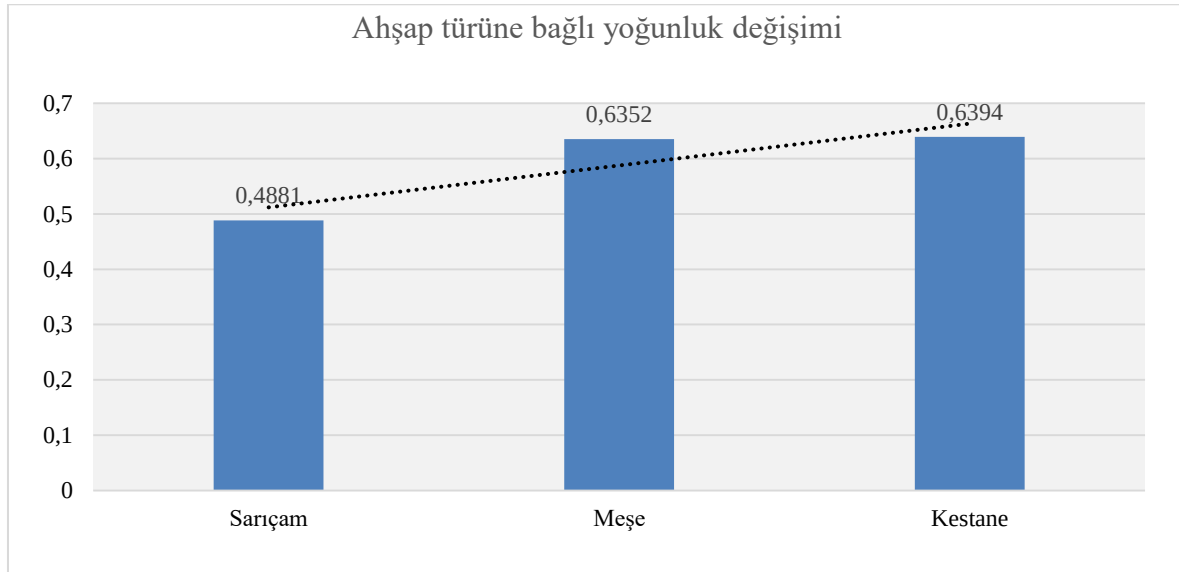
Çizelge 5.2'ye göre; ısı iletkenliği ve geçirgenliğini önemli derecede etkileyen yoğunluk değerleri değişimini; en çok ahşap türü (yapısal olarak) faktörünün, ikinci sırada işlem çeşidinin, üçüncü sırada ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşiminin, dördüncü sırada ahşap türü-iklim şartı-işlem çeşidi üçlü etkileşiminin ve daha sonra sırasıyla ahşap türü-işlem çeşidi ve en az iklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşim faktörünün etkilediği görülmektedir. İklim şartı faktörünün anlamsız olduğu anlaşılmaktadır.

Bağılı değişken faktör yoğunluğu en çok etkileyen ahşap türünde; en yüksek yoğunluk değeri Kestane ve Meşede ($0,6394 \text{ g/cm}^3$ – $0,6352 \text{ g/cm}^3$), en düşük yoğunluk değeri ise Sarıçamda ($0,4881 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir (Çizelge 5.3). Bu yoğunluk farkı yapısal bir farktır. Herhangi bir işleme bağlı değildir.

Çizelge 5.3. Ahşap türüne bağlı yoğunluk değerleri (g/cm^3)

Ahşap türü	X (r)	HG
Sarıçam	0,4881	B
Meşe	0,6352	A
Kestane	0,6394	A
Lsd: 0,01319		

Ahşap türüne bağlı yoğunluk değişimine ilişkin r-değerleri grafiği Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Ahşap türüne bağlı yoğunluk değişimi grafiği

Bu durumda, yoğunluğu en düşük olan Sarıçamın diğer ahşap türlerine göre iç boşluğu en çok ve dolayısıyla en yalıtkan olduğu söylenebilir. Daha sonra Meşe ve Kestanenin en yüksek yoğunluğa sahip oldukları görülmektedir.

Sarıçam ahşabının yoğunluğunun en düşük olması yapısalıdır. İç boşluğu da diğer ahşap türlerine göre daha fazladır. Modifikasyon işlemi uygulandığında da sarıçam hücreleri içerdiği selüloz miktarıyla orantılı olarak tanen maddesi tutundurabilmekte ve yoğunluk sıralamasını korumaktadır.

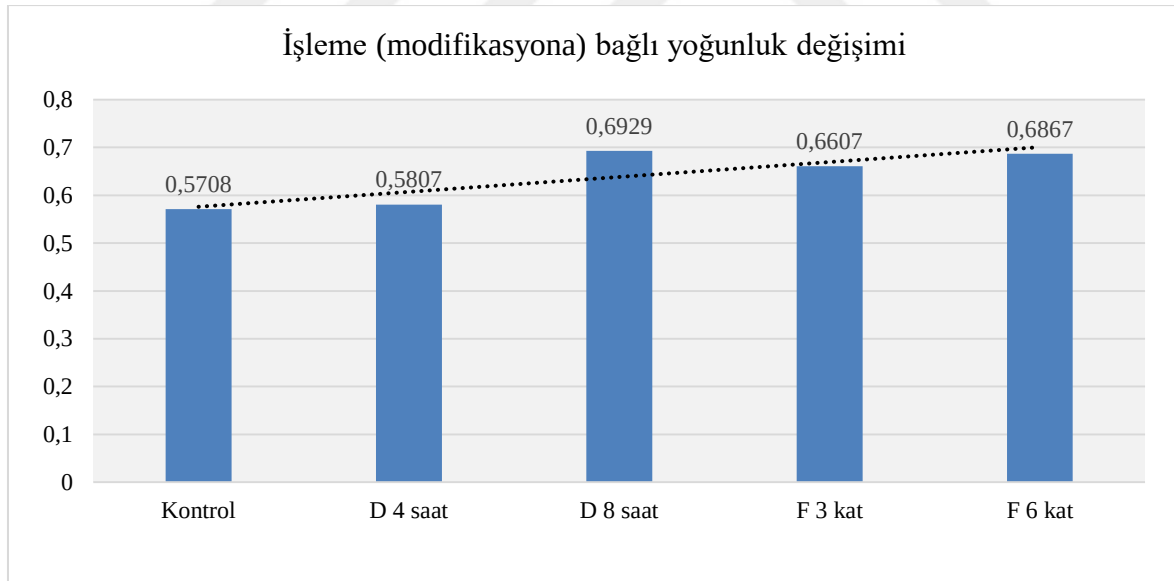
Çizelge 5.4. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı yoğunluk değeri değişimi (g/cm³)

İşlem	X	HG
Kontrol	0,5707	C
D 4 saat	0,5808	BC
D 8 saat	0,6867	A
F 3 kat	0,6607	AB
F 6 kat	0,6929	A
LSD: 0,01702		

5Araştırma örneklerinde ahşabın yapısal özelliğinden sonra ikinci sırada yoğunluğu etkileyen faktör işlem (modifikasyon) faktörüdür. Çizelge 5.4'teki yoğunluk değerleri incelendiğinde, kontrol örnekleri ortalamasına ($0,5707 \text{ g/cm}^3$) göre diğerlerinin tamamının modifikasyon yönteminin gücüne bağlı olarak yoğunluğu artırdığı görülmektedir.

Çizelge 5.4'te yoğunluğu; en çok 6 kat fırça uygulama düzeyinin ($0,6929 \text{ g/cm}^3$) artırdığı, en az ise 4 saat daldırma düzeyinde yoğunluk artışı ($0,5808 \text{ g/cm}^3$) gerçekleştiği tespit edilmiştir. 4 saat daldırmada en düşük artışın nedeninin hem sürenin kısalığı hem de Meşe ve Kestane tülleşme ve geçit zorlukları olduğu; 6 kat fırça uygulamasında en yüksek artışın nedenininse, fırça basıncı yardımı ile üst üste kuruyan her bir katın tekrar alıcı moduna (kuruyan katın üzerine çözelti tanenlerin kohezyon bağı ile tutunması) girmiş katmanların retensiyonu olduğu söylenebilir.

İşleme (modifikasyon) bağlı yoğunluk değişimine ilişkin r değerleri grafiği Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. İşleme (modifikasyon) bağlı yoğunluk değişimine ait grafik

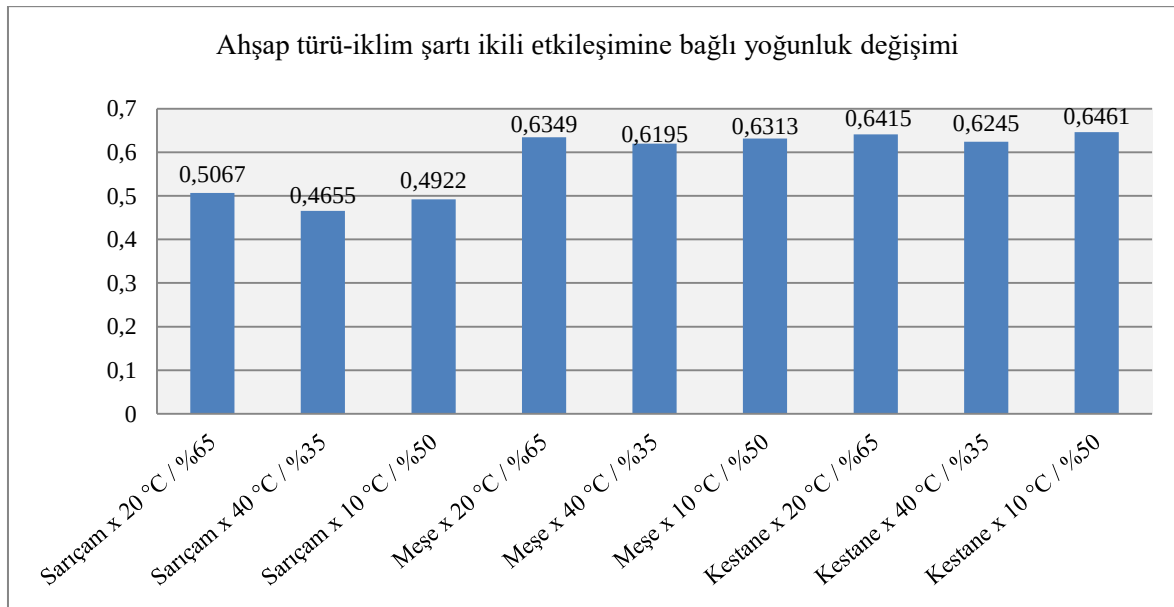
Yalıtkanlığın önemli bileşenlerinden biri olan yoğunluğu üçüncü sırada etkileyen ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşim faktöründe; en düşük yoğunluk (r =yoğunluk) değeri Sarıçam- 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35\pm 5$ nispi nem iklim şartında $0,4655 \text{ g/cm}^3$ ve en yüksek r-değeri ise, Kestane- 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50\pm 5$ nispi nem iklim şartında $0,6461 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşime bağlı yoğunluk değerleri (g/cm³)

Ahşap türü x iklim şartı	X	HG
Sarıçam x 20 °C / %65 nem	0,5067	B
Sarıçam x 40 °C / %35 nem	0,4655	C
Sarıçam x 10 °C / %50 nem	0,4922	B
Meşe x 20 °C / %65 nem	0,6313	A
Meşe x 40 °C / %35 nem	0,6195	A
Meşe x 10 °C / %50 nem	0,6349	A
Kestane x 20 °C / %65 nem	0,6415	A
Kestane x 40 °C / %35 nem	0,6245	A
Kestane x 10 °C / %50 nem	0,6461	A
LSD: 0,02284		

Ortamdaki bağıl nem miktarının düşük olduğu iklim şartlarında ahşap malzemenin kurumadan dolayı yoğunluk değerinin azaldığı, bağıl neminin yüksek olduğu iklim şartlarında daha yüksek rutubet dengesi kurumadan dolayı yoğunluk değerinin arttığı görülmektedir.

Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşiminin yoğunluk değişimine etkisine ilişkin grafik Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.4. Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşime bağlı yoğunluk değeri değişimi grafiği

Çoklu varyans analizi çizelgesinde yoğunluk değişimini dördüncü sırada etkileyen faktörün ahşap türü-iklim şartı-işlem çeşidi üçlü etkileşimi olduğu görülmektedir. Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değişimi Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişimi (g/cm³)

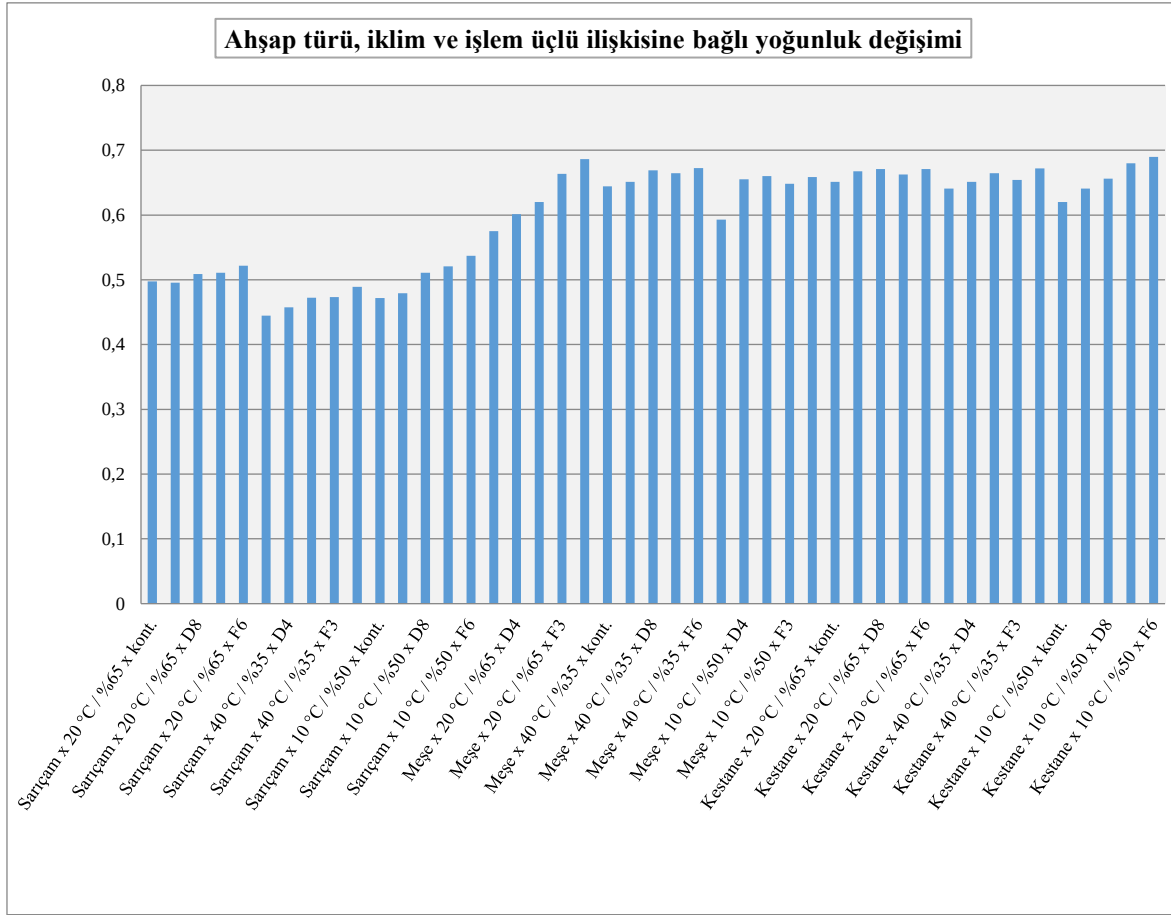
Ahşap türü x iklim şartı x işlem çeşidi	X	HG
Sarıçam x 20 °C / %65 x kont.	0,4953	GHIJ
Sarıçam x 20 °C / %65 x D4	0,4973	GHI
Sarıçam x 20 °C / %65 x D8	0,5087	GHI
Sarıçam x 20 °C / %65 x F3	0,5110	G
Sarıçam x 20 °C / %65 x F6	0,5219	GH
Sarıçam x 40 °C / %35 x kont.	0,4447	J
Sarıçam x 40 °C / %35 x D4	0,4577	IJ
Sarıçam x 40 °C / %35 x D8	0,4723	GHIJ
Sarıçam x 40 °C / %35 x F3	0,4733	GHIJ
Sarıçam x 40 °C / %35 x F6	0,4893	HIJ
Sarıçam x 10 °C / %50 x kont.	0,4717	GHIJ
Sarıçam x 10 °C / %50 x D4	0,4790	GHIJ
Sarıçam x 10 °C / %50 x D8	0,5107	GH
Sarıçam x 10 °C / %50 x F3	0,5207	G
Sarıçam x 10 °C / %50 x F6	0,5370	GHIJ
Meşe x 20 °C / %65 x kont.	0,5750	F
Meşe x 20 °C / %65 x D4	0,6010	BCDEF
Meşe x 20 °C / %65 x D8	0,6199	BCDEF
Meşe x 20 °C / %65 x F3	0,6633	AB
Meşe x 20 °C / %65 x F6	0,6863	A
Meşe x 40 °C / %35 x kont.	0,6443	ABCD
Meşe x 40 °C / %35 x D4	0,6510	ABC
Meşe x 40 °C / %35 x D8	0,6690	ABC
Meşe x 40 °C / %35 x F3	0,6647	BCDE
Meşe x 40 °C / %35 x F6	0,6723	BCDE
Meşe x 10 °C / %50 x kont.	0,5927	EF
Meşe x 10 °C / %50 x D4	0,6553	ABC

Çizelge 5.6. (devamı) Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişimi (g/cm^3)

Ahşap türü x iklim şartı x işlem çeşidi	X	HG
Meşe x 10 °C / %50 x D8	0,6600	ABC
Meşe x 10 °C / %50 x F3	0,6480	ABCD
Meşe x 10 °C / %50 x F6	0,6587	ABCD
Kestane x 20 °C / %65 x kont.	0,6510	ABCD
Kestane x 20 °C / %65 x D4	0,6677	ABC
Kestane x 20 °C / %65 x D8	0,6707	AB
Kestane x 20 °C / %65 x F3	0,6627	ABCD
Kestane x 20 °C / %65 x F6	0,6707	AB
Kestane x 40 °C / %35 x kont.	0,6407	ABCDE
Kestane x 40 °C / %35 x D4	0,6510	ABCD
Kestane x 40 °C / %35 x D8	0,6647	ABCD
Kestane x 40 °C / %35 x F3	0,6540	ABCD
Kestane x 40 °C / %35 x F6	0,6720	AB
Kestane x 10 °C / %50 x kont.	0,6200	BCDEF
Kestane x 10 °C / %50 x D4	0,6410	ABCD
Kestane x 10 °C / %50 x D8	0,6560	ABC
Kestane x 10 °C / %50 x F3	0,6800	A
Kestane x 10 °C / %50 x F6	0,6899	A
LSD: 0,05107		

Çizelge 5.6'ya göre modifikasyon işlemi uygulanan numunelerde en düşük yoğunluk Sarıçam x 40±2 °C sıcaklık ve %35±5 nispi nem x D4 düzeyinde ($0,4557 \text{ g/cm}^3$), en yüksek ise, Kestane x 10±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi nem x F6 ($0,6899 \text{ g/cm}^3$) ve Kestane x 10±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi nem x F3 ($0,6800 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir. Tanen maddesinin ahşap hücre çeperlerine girmesinde ve buna bağlı olarak tutunmasında fırça uygulamasının ve iklim şartının diğer yöntem ve iklim şartlarına göre daha önemli bir rol oynadığı söylenebilir.

Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değişimi grafiği Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Üçlü etkileşime bağlı yoğunluk değerleri değişim grafiği

Çoklu varyans analizi çizelgesine göre yoğunluk değişimini beşinci sırada etkileyen faktörün ahşap türü-işlem çeşidi ikili etkileşimi olduğu görülmektedir. İkili etkileşime bağlı yoğunluk değişimi Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Ahşap türü x işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi (g/cm³)

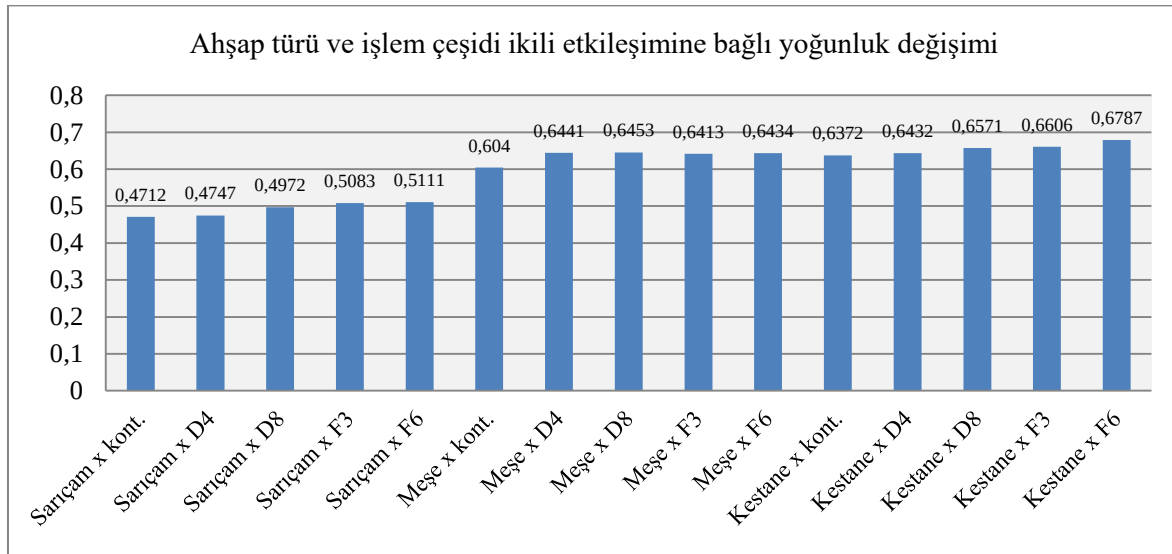
Ahşap türü x işlem çeşidi	X	HG
Sarıçam x kont.	0,4712	E
Sarıçam x D4	0,4747	E
Sarıçam x D8	0,4972	DE
Sarıçam x F3	0,5083	D
Sarıçam x F6	0,5111	DE
Meşe x kont.	0,604	C
Meşe x D4	0,6441	AB
Meşe x D8	0,6453	AB

Çizelge 5.7. (devamı) Ahşap türü x işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi (g/cm^3)

Ahşap türü x işlem çeşidi	X	HG
Meşe x F3	0,6413	AB
Meşe x F6	0,6434	AB
Kestane x kont.	0,6372	B
Kestane x D4	0,6432	BC
Kestane x D8	0,6571	B
Kestane x F3	0,6606	A
Kestane x F6	0,6787	BC
LSD: 0,02948		

Çizelge 5.7'ye göre en düşük yoğunluk değeri Sarıçam x kontrol düzeyinde ($0,4712 \text{ g/cm}^3$), en yüksek yoğunluk değeri ise Kestane x F6 düzeyinde ($0,6787 \text{ g/cm}^3$) tespit edilmiştir. Ahşabın dış etkilere bağımsız olarak kendi yapısından kaynaklanan boşluk- doluluk oranı ve işlem çeşidi bakımından da 6 kat fırça uygulamasının diğer işlem çeşitlerine oranla emprenye maddesinin daha fazla tutunmasını sağladığı ve yoğunluğun artmasına neden olduğu söylenebilir.

Ahşap türü-işlem çeşidi ikili etkileşime bağlı yoğunluk değişimini gösteren grafik Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Ahşap türü-işlem çeşidi etkileşimine bağlı yoğunluk değişim grafiği

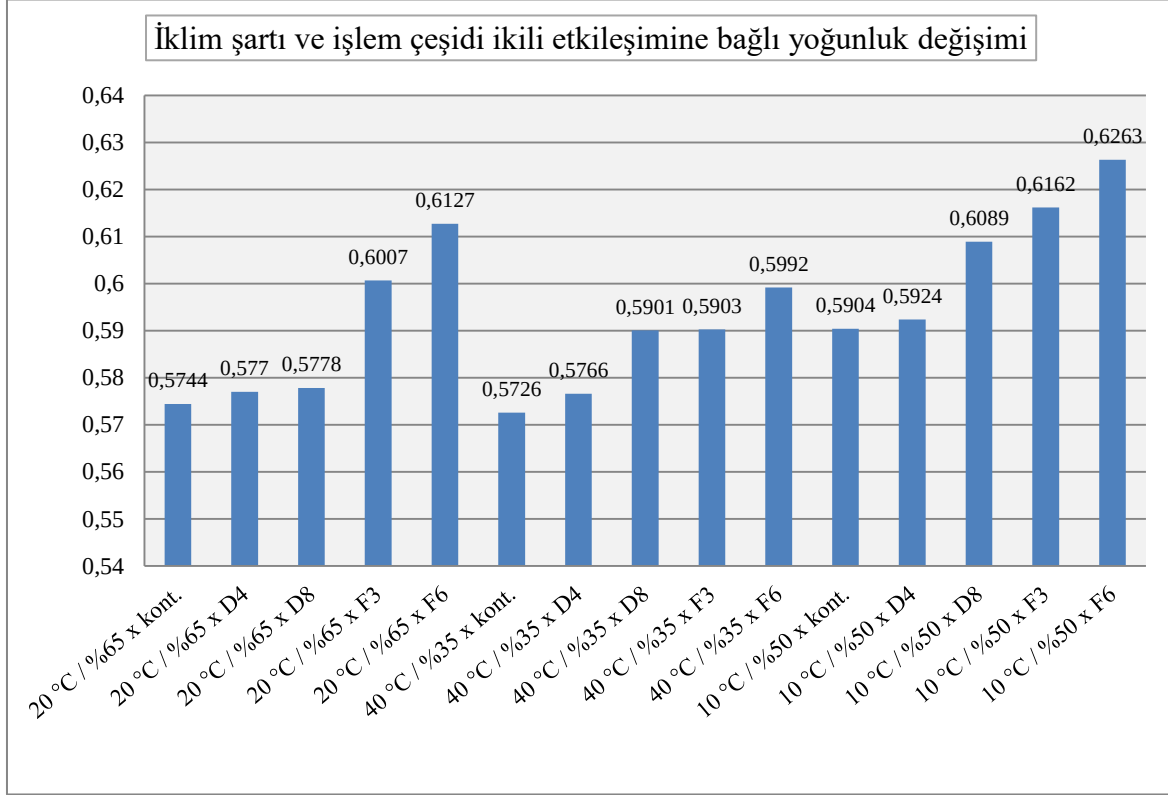
Yapılan ölçümlere göre yoğunluğu en az etkileyen faktörün iklim şartı- işlem çeşidi ikili etkileşimi olduğu tespit edilmiştir. Bu ikili etkileşime bağlı yoğunluk değerleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. İklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değerleri (g/cm³)

İklim x işlem	X	HG
20 °C / %65 x kont.	0,5744	CDE
20 °C / %65 x D4	0,577	CDE
20 °C / %65 x D8	0,5778	CDE
20 °C / %65 x F3	0,6007	AB
20 °C / %65 x F6	0,6127	ABC
40 °C / %35 x kont.	0,5726	CDE
40 °C / %35 x D4	0,5766	DE
40 °C / %35 x D8	0,5901	ABCD
40 °C / %35 x F3	0,5903	ABCD
40 °C / %35 x F6	0,5992	BCDE
10 °C / %50 x kont.	0,5904	E
10 °C / %50 x D4	0,5924	ABCD
10 °C / %50 x D8	0,6089	AB
10 °C / %50 x F3	0,6162	A
10 °C / %50 x F6	0,6263	CDE

Çizelge 5.8’e göre en düşük yoğunluk değerinin 40±2 °C sıcaklık ve %35±5 nispi nem x kontrol düzeyinde (0,5726 g/cm³), en düşük yoğunluk değerinin ise 10±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi nem x F6 düzeyinde (0,6263 g/cm³) olduğu belirlenmiştir. Bu durumda en düşük değerin, kontrol grubunda işlem uygulanmamış numunelerin ağırlığının daha az olması ve 40±2 °C sıcaklık ve %35±5 nispi nem iklim şartında ahşabın rutubet miktarının daha düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Buna göre en yüksek yoğunluk değerinin 10±2 °C sıcaklık ve %50±5 nispi nem x F6 düzeyinde tespit edilmesinin nedeni olarak fırça ile 6 kat sürme işlemi sonucu retensiyonun artışı ve ortamın düşük sıcaklık ve yüksek neme sahip olması ile ahşabın rutubet miktarını artırması olduğu söylenebilir.

İklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı olarak yoğunluk değişimi grafiği Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil.5.7. İklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimine bağlı yoğunluk değişimi

Yapılan ölçümler sonucunda üç ahşap türüne uygulanan beş farklı modifikasyon düzeyi ve üç iklim şartında belirlenen tüm yoğunluk değerleri, hiçbir modifikasyon işlemi uygulanmamış olan kontrol grubu örnekleriyle kıyaslandığında; doğal tanen ile modifikasyon işleminin ahşap malzemenin yoğunluğunu artırdığı tespit edilmiştir.

5.3. Isı İletkenlik Katsayısı (λ) Değişimi

Isı iletkenliğinin değişimine ilişkin üç ahşap türü, üç iklim şartı ve beş işlem (modifikasyon) faktöriyel terkihi ile elde edilen değerlere uygulanan çoklu varyans analizi testi sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Isı iletkenliği (λ) değerlerine ilişkin Çoklu varyans analizi

Varyansın Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi (P<0,05)
Faktör A (ahşap)	2	16914,813	8457,406	114,8998	0,0000
Faktör B (iklim)	2	6721,854	3360,927	45,6606	0,0000
AB	4	653,100	163,275	2,2182	0,0732*
Faktör C (işlem)	4	2218,360	554,590	7,5345	0,0000
AC	8	2644,552	330,569	4,4910	0,0001
BC	8	265,341	33,168	0,4506	-
ABC	16	664,517	41,532	0,5642	-
Hata	90	6624,609	73,607		
Toplam	134	36707,146			
*)Malzeme iklim şartı ikili etkileşimi, iklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimi ve üçlü etkileşim anlamsız çıkmıştır.					

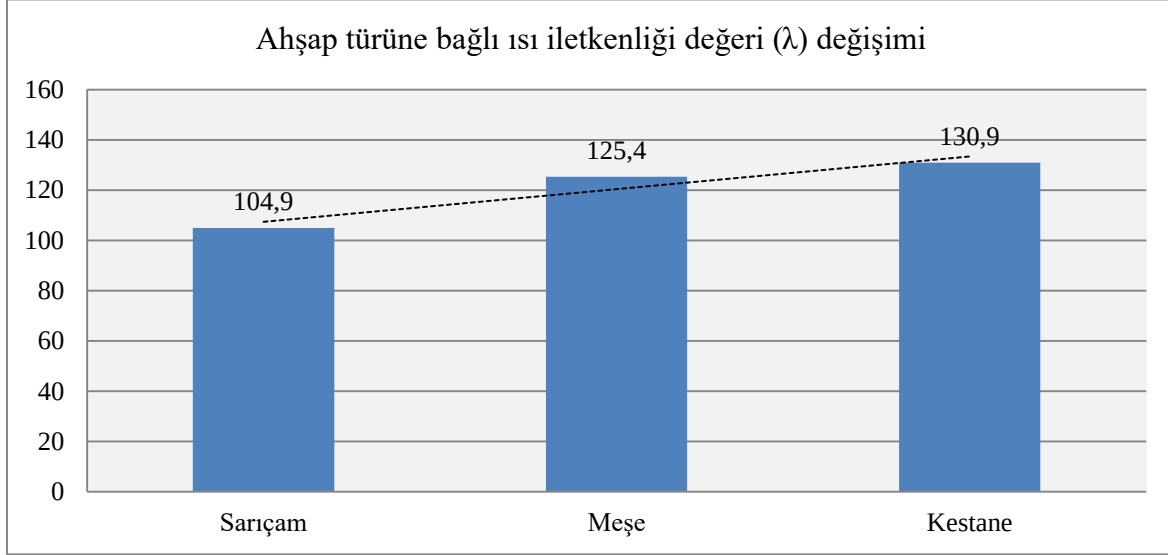
Çizelge 5.9’a göre; ısı iletkenliği değişimini en çok ahşap türü (yapısal özellik bakımından) faktörünün, ikinci sırada iklim şartının, üçüncü sırada işlem (modifikasyon) çeşidinin ve en az ahşap türü-işlem çeşidi ikili etkileşim faktörünün etkilediği görülmektedir. Ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşimi, iklim şartı-işlem çeşidi ikili etkileşimi ve üçlü etkileşimin anlamsız olduğu anlaşılmaktadır.

Isı iletkenliğini en çok etkileyen ahşap türünde; en yüksek ısı iletkenliği değeri Kestane ve Meşede (130,9 W/mK – 125,4 W/mK), en düşük ısı geçirgenliği değeri ise Sarıçamda (104,9 W/mK) elde edilmiştir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10. Ahşap türüne bağlı ısı iletkenliği değerleri (W/mK)

Ahşap türü	X	HG
Sarıçam	104,9	C
Meşe	125,4	B
Kestane	130,9	A
LSD:3,577		
Not: Lambda değerleri çok küçük olduğundan bin (1000) katı alınarak hesaplanmıştır.		

Ahşap türüne bağlı ısı iletkenliği değişimine ilişkin λ değerleri grafiği Şekil 5.8’de verilmiştir.



Şekil 5.8. Ahşap türüne bağlı ısı iletkenliği (λ) değeri değişim grafiği

Bu durumda, ısı iletkenliği (λ -değeri) en düşük olan Sarıçam diğerlerine göre en yalıtkan, daha sonra Meşe ve en yüksek iletkenlik katsayısına sahip Kestane yalıtkanlığı daha az malzeme olarak belirlenmiştir.

Sarıçam ahşabının ısı iletkenliği (λ) değerinin en küçük ve diğerlerine göre en yalıtkan olmasının nedeninin, iç boşluğunun diğer ahşap türlerine göre daha fazla olmasından ve düzgün dağılımlı hücre boşluğuna (lümen) sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu doğal yalıtkanlık yapısına sahip Sarıçamın hücre duvarlarına tutunan tanen molekülleri ile Sarıçam moleküllerinin titreşimlerinin farklı davranış göstermesi iletkenliğini iyice azaltmakta ve λ katsayısının çok küçük çıkmasına sebep olmaktadır.

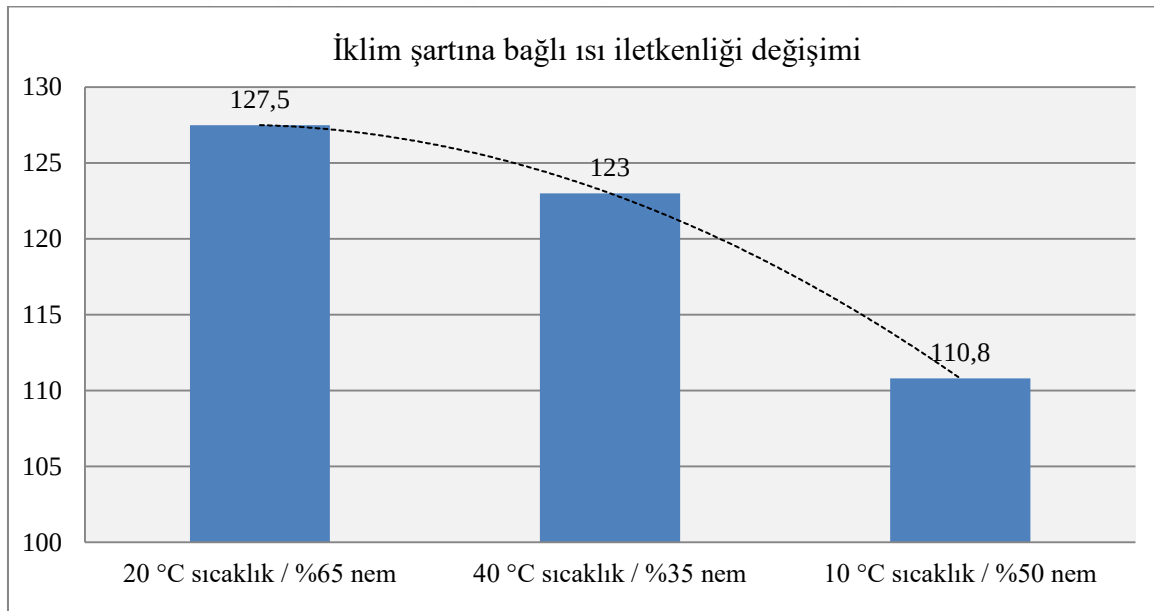
Isı iletkenliğini ikinci sırada etkileyen iklim şartı faktöründe; en düşük λ -değeri (iletkenlik) 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem iklim şartında $110,8 \text{ W/mK}$, ikinci sırada 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem şartında 123 W/mK ve en yüksek λ -değeri (iletkenlik) ise 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem iklim şartında $127,5 \text{ W/mK}$ olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11. İklim şartına bağlı ısı iletkenlik değeri (λ) değişimi (W/mK)

İklim şartı	X	HG
20 °C sıcaklık / %65 nem	127,5	A
40 °C sıcaklık / %35 nem	123,0	B
10 °C sıcaklık / %50 nem	110,8	C
LSD: 3,577		
Not: Lambda değerleri çok küçük olduğundan bin (1000) katı alınarak hesaplanmıştır.		

Ortamdaki bağıl nem miktarının düşük olduğu iklim şartlarında ısı iletkenliği değerinin azaldığı, bağıl neminin yüksek olduğu iklim şartlarında ısı iletkenliği değerinin arttığı görülmektedir. Bunun nedeninin, ahşabın ortam ile higroskopik rutubet dengesi kurmasından kaynaklandığı ve ahşabın bu ortamda kuru ortama göre daha fazla rutubet içerdiği ve iletkenliğinin arttığı şeklinde açıklanabilir.

İklim şartı değişkeninin ısı iletkenliği değişimine etkisine yönelik grafik Şekil 5.9'da verilmiştir.

Şekil 5.9. İklim şartına bağlı ısı iletkenliği katsayısı (λ) değeri değişimi grafiği

Isı iletkenliğini üçüncü sırada etkileyen işlem (modifikasyon) çeşidi faktöründe; en düşük ısı iletkenliği değeri fırça ile 6 kat sürme (111,1 W/mK) düzeyinde elde edilmiştir. Yine aynı homojenlik grubu içerisinde 6 saat daldırma (111,3 W/mK) yer almaktadır. Kontrol örnekleri

herhangi bir işlem görmediğinden buna ait λ değeri dikkate alınmaz ise, en yüksek ısı iletkenliği değeri 3 kat fırça ile sürme (113,9 W/mK) ve 3 saat daldırma düzeyinde (112,2 W/mK) olarak elde edilmiştir (Çizelge 5.12).

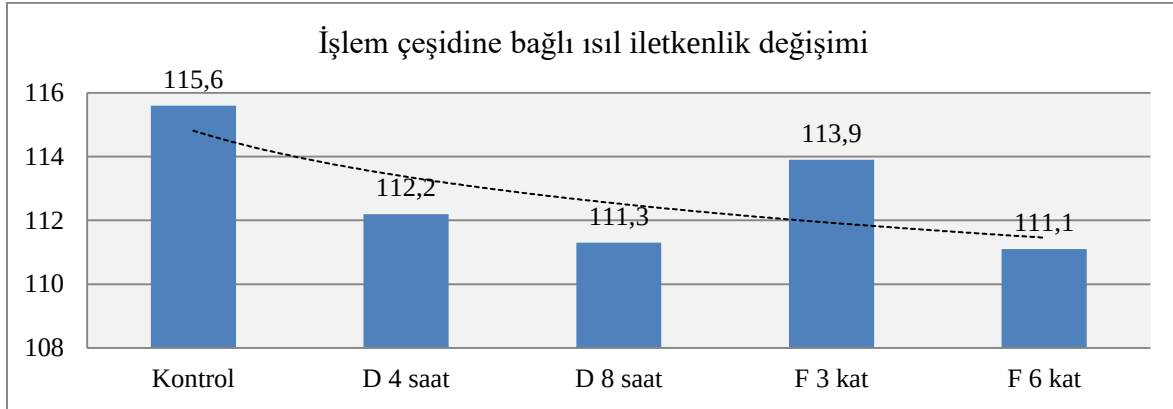
Çizelge 5.12. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği (λ) değeri değişimi (W/mK)

İşlem	X	HG
Kontrol	115,6	A
D 4 saat	112,2	AB
D 8 saat	111,3	B
F 3 kat	113,9	AB
F 6 kat	111,1	B
LSD: 1,618		
Not: Lambda değerleri çok küçük olduğundan bin (1000) katı alınarak hesaplanmıştır.		

Çizelge 5.12'ye göre; 6 kat fırça ile sürme ve 8 saat daldırma işlemlerinin birbirlerine yakın değerlerde ısı iletkenliğini azalttığı, 4 saat daldırma ve 3 kat fırça ile sürme işlemlerinin bunlara göre daha az etkili olduğu görülmektedir.

Bunun nedeni, fırça ile 6 kat sürme ve 8 saat daldırma işleminin ahşabın bünyesine çok miktarda modifikasyon maddesinin nüfuz etmesini sağlamasıdır. Özellikle her bir kat kuruduktan sonra yeni bir kat tatbik edildiği için, katlar birbiri üzerine aynı maddenin (tanen) moleküllerinin çekim gücü olan kohezyon bağı ile tutunmakta ve kuvvetli bir retensiyon oluşturmaktadır. Ahşap hücre duvarlarına tutunan bu tanen katmanının daldırma süresinin uzunluğu ve fırça yönteminde tekrar sayısının artmasına paralel olarak retensiyon miktarının artmasının rutubeti önlediği, hücre çeperlerine tutunan tanen molekülleri ile ahşap moleküllerinin farklı titreşim davranışı gösterdiği ve buna bağlı olarak ısı iletkenliği (λ) değerinin iyice azaldığı söylenebilir.

Modifikasyon işlemleri faktörünün ısı iletkenliği değişimine etkisine ilişkin grafik Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği değeri değişimi grafiği

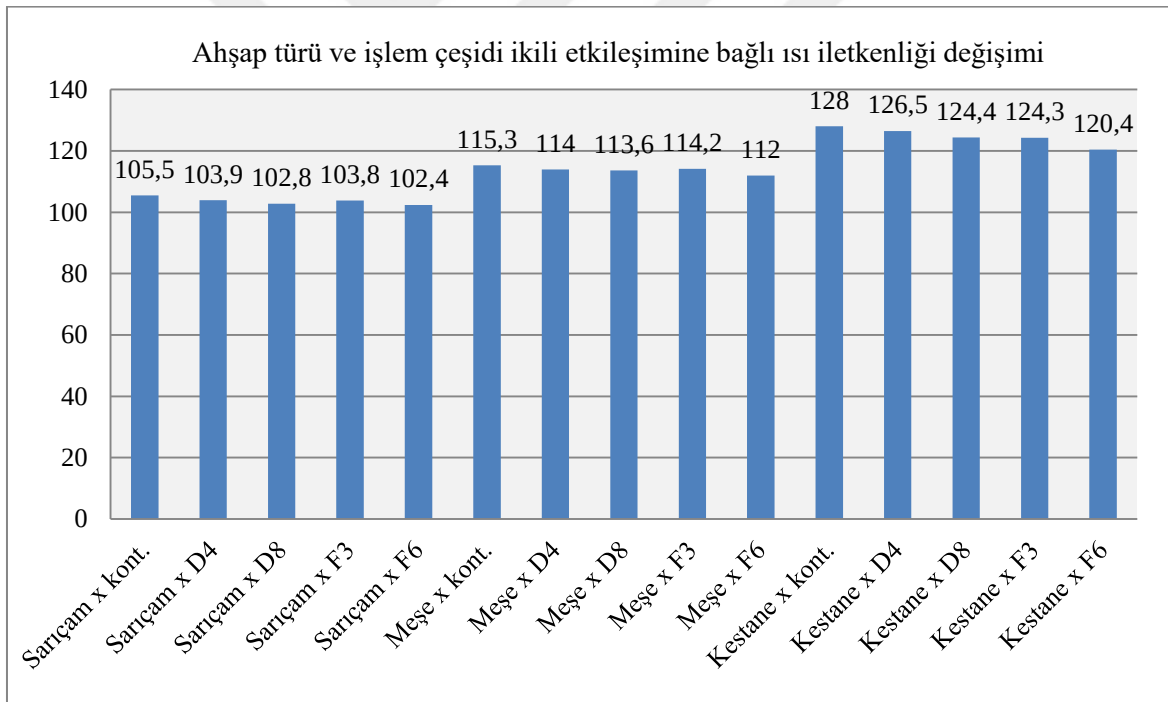
Isı iletkenliği (λ) değerini en düşük düzeyde etkileyen ikili etkileşim faktörü ahşap türü-işlem (modifikasyon) çeşididir. Bu etkileşimde en düşük ısı iletkenliği λ değeri Sarıçamda 6 kat fırça uygulama düzeyindedir. Diğer ahşap türlerinde de fırça ile 6 kat uygulaması kendi içlerinde en küçük λ değerini vermiştir (Çizelge 5.13)

Çizelge 5.13. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı iletkenliği değeri değişimi (W/mK)

Ahşap türü x işlem çeşidi	X	HG
Sarıçam x kontrol	105,5	G
Sarıçam x D4	103,9	G
Sarıçam x D8	102,8	G
Sarıçam x F3	103,8	G
Sarıçam x F6	102,4	G
Meşe x kontrol	115,3	F
Meşe x D4	114,0	BCD
Meşe x D8	113,6	BC
Meşe x F3	114,2	BCDE
Meşe x F6	112,0	DEF
Kestane x kontrol	128,0	BCD
Kestane x D4	126,5	B
Kestane x D8	124,4	CDE
Kestane x F3	124,3	A
Kestane x F6	120,4	EF
LSD:7,999		
Not: Lambda değerleri çok küçük olduğundan bin (1000) katı alınarak hesaplanmıştır.		

Çizelge 5.13'e göre en düşük ısı iletkenliği değerinin Sarıçam ahşap türünde 6 kat fırça işleminde görülmesinin nedeninin, 6 kat fırça uygulaması sırasında özellikle diğer türlere göre çok geçirgen olan Sarıçamda tanen çözeltisinin kolayca fırça basıncı etkisiyle derinliklere nüfuz etmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Meşe ve Kestane gibi ahşap türlerinde 6 kat fırça uygulamasının daldırma yöntemine göre daha iyi sonuç vermesinin, bu tür ahşaplarda tülleşmeden dolayı geçirgenliğin azalması, buna bağlı olarak serbest daldırmada çözelti nüfuzunun zorlaşmasının tanen maddesinin tutunma (retensiyon) miktarını azaltması nedeniyle ortaya çıktığı söylenebilir. Bu ahşap türlerinde de 6 kat fırça yönteminin üstünlüğünün fırça darbesi ve basıncının ahşap bünyeye çözelti girişini artırmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Bu değişime ilişkin ikili etkileşim grafiği Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Ahşap türü-modifikasyon ikili etkileşimine bağlı ısı iletkenliği değişimi grafiği

5.4. Isı Geçirgenliği –U Değeri Değişimi

Üç ahşap türü, üç iklim şartı ve beş işlem (modifikasyon) faktöriyel terkibi ile elde edilen ısı geçirgenliği değerlerine (U) uygulanan çoklu varyans analizi testi sonuçları Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.14. Isı geçirgenliği katsayısına (U- değerlerine) ilişkin çoklu varyans analizi

Varyansın Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Anlamlılık Düzeyi (P<0,05)
Faktör A (ahşap)	2	47,256	23,628	61,3261	0,0000
Faktör B (iklim)	2	27,601	13,800	35,8190	0,0000
AB	4	2,755	0,689	1,7880	0,1382*
Faktör C (işlem)	4	12,019	3,005	7,7988	0,0000
AC	8	10,152	1,269	3,2936	0,0024*
BC	8	0,712	0,089	0,2311	-
ABC	16	4,878	0,305	0,7912	-
Hata	90	34,675	0,385		
Toplam	134	140,048			

*Ahşap türü ve iklim şartı ikili etkileşimi, iklim-işlem ikili etkileşimi, ahşap-iklim-işlem üçlü etkileşimi anlamsız çıkmıştır.

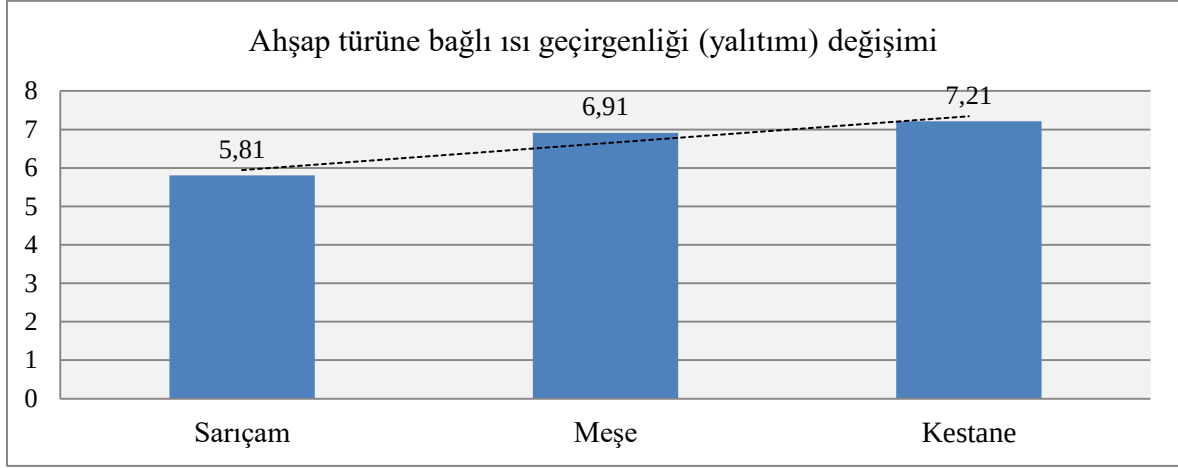
Çizelge 5.14'e göre; ısı geçirgenliği (yalıtımı) değişimini en çok ahşap türü (yapısal özellik bakımından) faktörünün, ikinci sırada iklim şartının, üçüncü sırada işlem (modifikasyon) çeşidinin ve en az ahşap-işlem faktörünün etkilediği görülmektedir.

Isı geçirgenliğini en çok etkileyen ahşap türü faktöründe; en yüksek ısı geçirgenliği değeri Kestane ve Meşede ($7,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ - $6,91 \text{ W/m}^2\text{K}$), en düşük ısı geçirgenliği değeri ise Sarıçamda ($5,81 \text{ W/m}^2\text{K}$) elde edilmiştir (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15. Ahşap türüne bağlı ısı geçirgenliği-U değerleri ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Ağaç türü	X	HG
Sarıçam	5,81	B
Meşe	6,91	A
Kestane	7,21	A
LSD: 0,2587		

Ahşap türüne bağlı ısı geçirgenliği değişimine ilişkin U-değerleri grafiği Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Ahşap türüne bağlı ısı geçirgenliği (yalıtımı) değişim grafiği

Buna durumda, ısı geçirgenliği (U-değeri) en düşük olan Sarıçamın en yalıtkan, daha sonra Meşe ve Kestanenin birbirlerinden küçük farklılık göstermekle birlikte ikinci grupta yalıtkan malzeme olduğu belirlenmiştir.

Sarıçam ahşabının ısı geçirgenlik (U) değerinin en küçük ve diğerlerine göre en yalıtkan olmasının nedeninin, iç boşluğu diğer ahşap türlerine göre daha fazla olmasından ve düzgün dağılımlı hücre boşluğu(lümen)na sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Isı geçirgenliğini ikinci sırada etkileyen iklim şartı faktöründe; en düşük U-değeri (yalıtkanlık) 10 ± 2 °C sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem, ikinci sırada 40 ± 2 °C sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem, en yüksek U-değeri (yalıtkanlık) ise 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 5$ nispi nem iklim şartlarında elde edilmiştir (Çizelge 5.16).

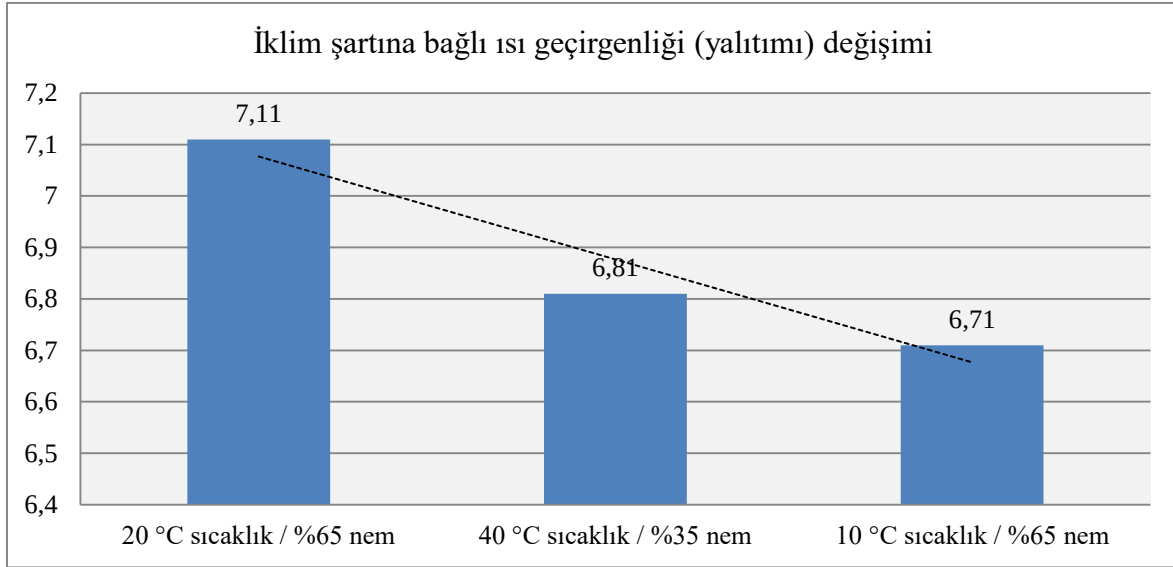
Çizelge 5.16. İklim şartına bağlı ısı geçirgenlik (U) değerleri (W/m^2K)

İklim şartı	X	HG
20 °C sıcaklık / %65 nem	7,11	A
40 °C sıcaklık / %35 nem	6,81	B
10 °C sıcaklık / %50 nem	6,71	B
LSD: 0,2587		

Ortamdaki bağıl nem miktarının düşük olduğu iklim şartlarında ısı geçirgenlik değerinin azaldığı, bağıl nemin yüksek olduğu iklim şartlarında ısı geçirgenlik değerinin arttığı görülmektedir. Bunun durumun ahşabın ortam ile higroskopik rutubet dengesi kurmasından

kaynaklandığı söylenebilir.

İklim şartı değişkeninin ısı geçirgenliği değişimine etkisine yönelik grafik Şekil 5.13'te verilmiştir.



Şekil 5.13. İklim şartına bağlı ısı geçirgenliği (yalıtımı) değişimi grafiği

Isı geçirgenliğini üçüncü sırada etkileyen işlem (modifikasyon) çeşidi faktöründe; en düşük ısı geçirgenlik değeri fırça ile 6 kat sürme (6,17 W/m²K) düzeyinde elde edilmiştir. Yine aynı homojenlik grubu içerisinde 8 saat daldırma (6,18 W/m²K) ve 4 saat daldırma (6,21 W/m²K) yer almaktadır. Kontrol örnekleri herhangi bir işlem görmediğinden buna ait U değeri dikkate alınmazsa, en yüksek ısı geçirgenliği değeri fırça ile 3 kat sürme düzeyinde (6,31W/m²K) elde edilmiştir (Çizelge 5.17).

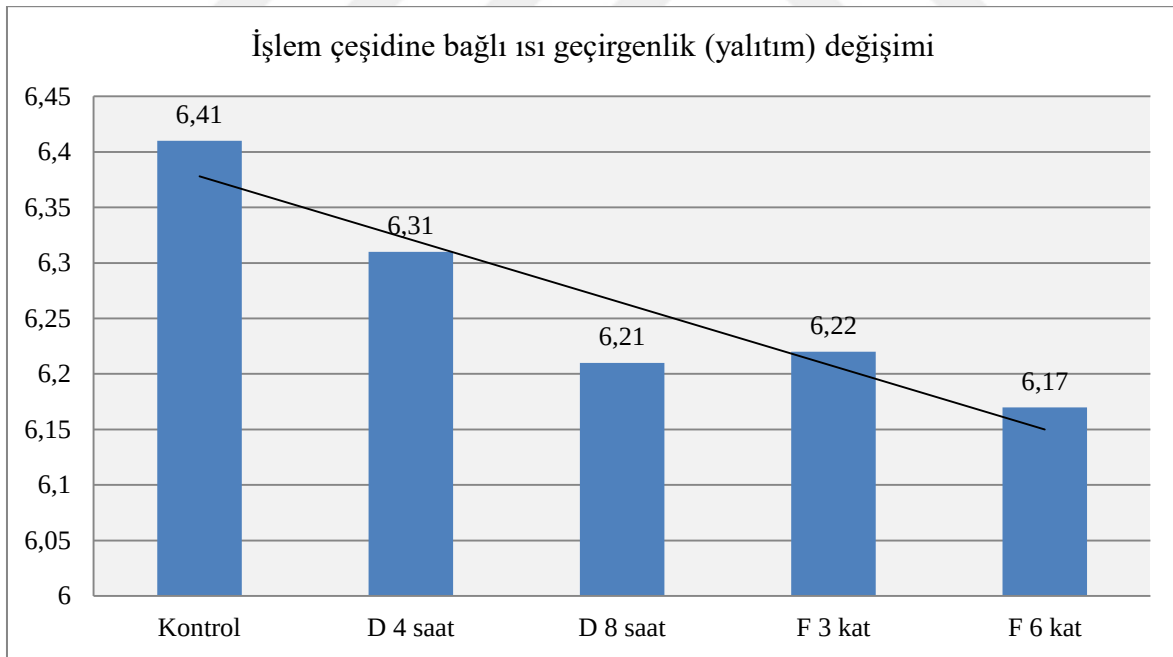
Çizelge 5.17. İşlem çeşidine bağlı ısı geçirgenlik (U) değerleri (W/m²K)

Modifikasyon çeşidi	X	HG
Kontrol	6,41	A
D 4 saat	6,21	B
D 8 saat	6, 18	B
F 3 kat	6, 31	AB
F 6 kat	6,17	B
LSD: 0,3340		

Çizelge 5.17'ye göre; her iki daldırma yönteminin ve fırçayla 6 kat sürmenin birbirlerine yakın değerlerde ısı geçirgenliğini azalttığı, fırça ile 3 kat sürmenin bunlara göre daha az etkili olduğu görülmektedir.

Bunun nedeninin, fırça ile 6 kat sürme yönteminin ahşabın bünyesine çok miktarda modifikasyon maddesinin nüfuz etmesini sağlaması olduğu söylenebilir. Özellikle her bir kat kuruduktan sonra yeni bir kat tatbik edildiği için, katlar birbiri üzerine aynı maddenin (tanen) moleküllerinin çekim gücü olan kohezyon bağı ile tutunmakta ve kuvvetli bir retensiyon oluşturmaktadır. Ahşap hücre duvarlarına tutunan bu tanen katmanının daldırma süresinin uzunluğu ve fırça yönteminde tekrar sayısının artmasına paralel olarak retensiyon miktarının artmasının, rutubeti önlediği ve buna bağlı olarak ısı geçirgenliği (yalıtım) değerini olumlu etkilediği söylenebilir.

Modifikasyon işlemleri faktörünün ısı geçirgenliği değişimine ilişkin grafik Şekil 5.14'te verilmiştir.



Şekil 5.14. İşlem (modifikasyon) çeşidine bağlı ısı geçirgenlik (yalıtım) değişimi grafiği

Isı geçirgenliği (U) değeri değişimine en düşük düzeyde etki eden ikili etkileşim ahşap türü-işlem (modifikasyon) çeşididir. Bu etkileşimde en düşük ısı geçirgenliği (U) değeri Sarıçamda 6 kat fırça uygulama (5,68 W/m²K) düzeyindedir. Diğer ahşap türlerinde de fırça

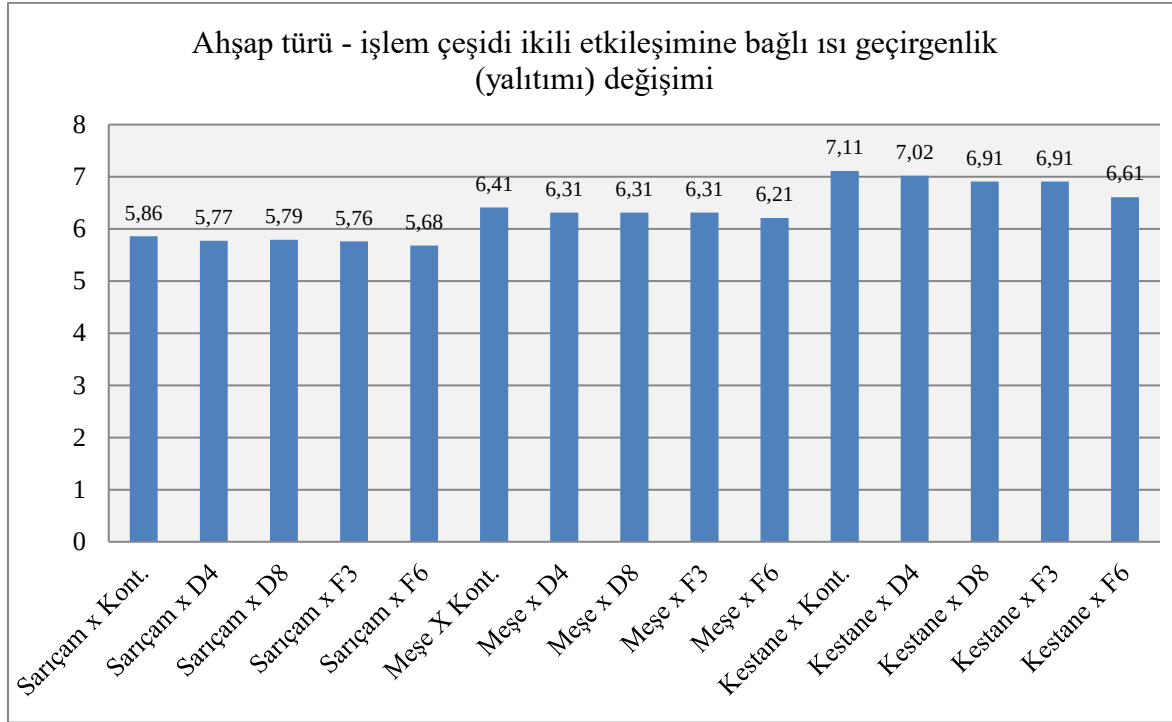
ile 6 kat uygulaması kendi içlerinde en küçük U değerini vermiştir (Çizelge 5.18)

Çizelge 5.18. Ahşap türü-İşlem (modifikasyon) çeşidi ikili etkileşimine bağlı ısı geçirgenlik değeri değişimi

Ahşap türü x işlem çeşidi	X	HG
Sarıçam x Kont.	5,86	C
Sarıçam x D4	5,77	CD
Sarıçam x D8	5,79	C
Sarıçam x F3	5,76	CD
Sarıçam x F6	5,68	D
Meşe X Kont.	6,41	B
Meşe x D4	6,31	BC
Meşe x D8	6,31	BC
Meşe x F3	6,31	BC
Meşe x F6	6,21	BC
Kestane x Kont.	7,11	A
Kestane x D4	7,02	A
Kestane x D8	6,91	AB
Kestane x F3	6,91	AB
Kestane x F6	6,61	B
LSD:0,5785		

Bu durumun, 6 kat fırça uygulaması sırasında özellikle diğer türlere göre çok geçirgen olan Sarıçamda tanen çözeltisinin kolayca fırça basıncı etkisiyle derinliklere nüfuz etmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Meşe ve Kestane gibi ahşap türlerinde 6 kat fırça uygulamasının daldırma yöntemine göre daha iyi sonuç vermesi, bu tür ahşaplarda tülleşmeden dolayı geçirgenliğin azalması, buna bağlı olarak serbest daldırmada çözelti nüfuzunun zorlaşması tanen maddesinin tutunma (retensiyon) miktarını azaltmaktadır. Bu ahşap türlerinde de 6 kat fırça yönteminin üstünlüğünün fırça darbesi ve basıncının ahşap bünyeye çözelti girişini artırmasından kaynaklandığı söylenebilir.

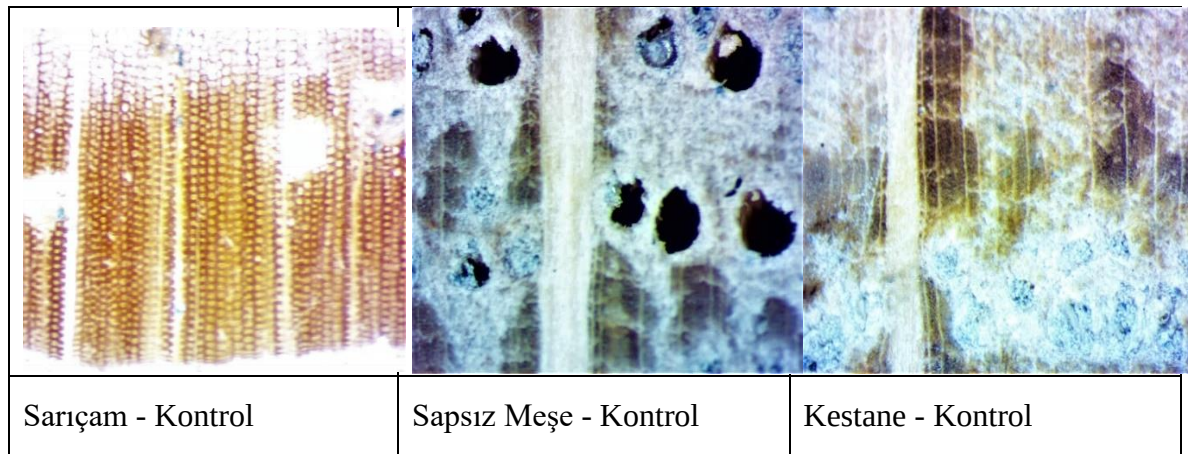
Bu değişime ilişkin ikili etkileşim grafiği Şekil 5.15'te verilmiştir.



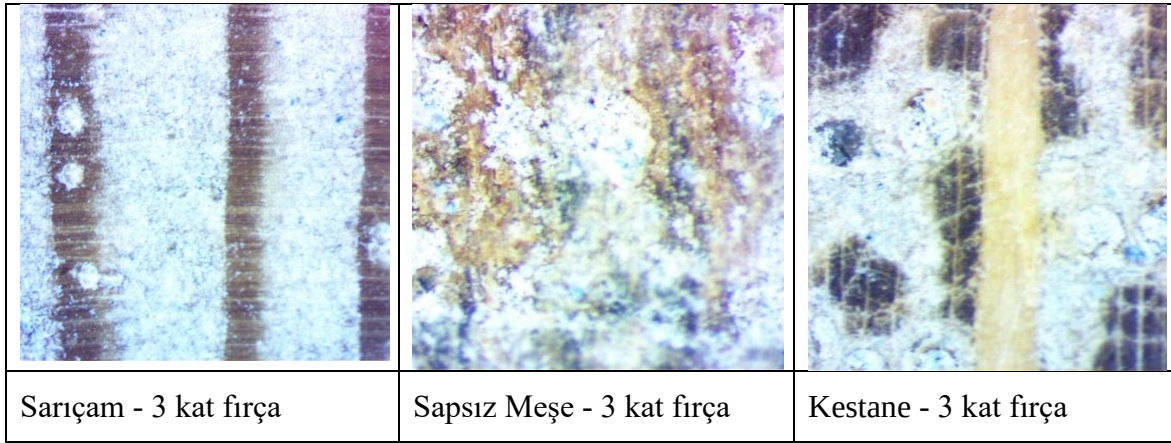
Şekil 5.15. Ahşap türü-İşlem (modifikasyon) çeşidi ikili etkileşiminin ısı geçirgenliği (yalıtkanlık) değişimine etkisine ait grafik

5.5. Mikroskopik Görüntüler

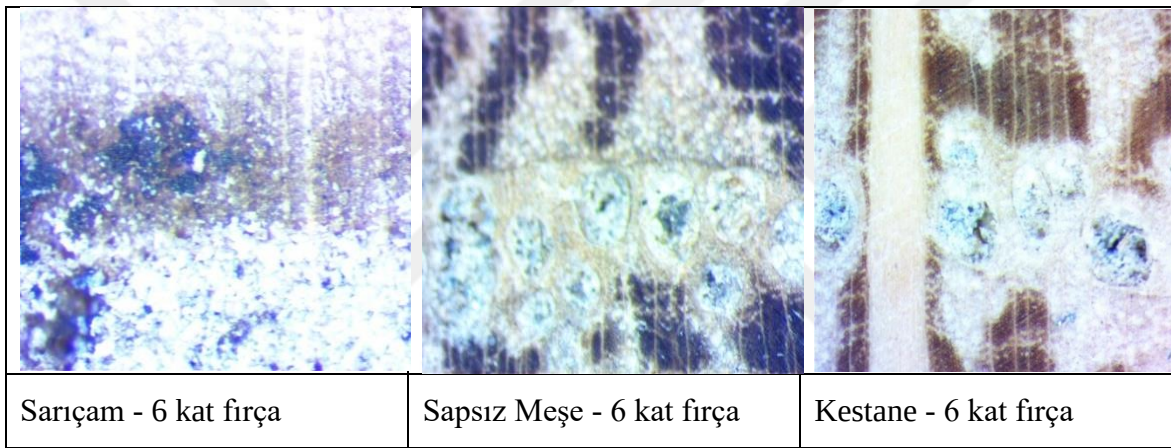
Doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmemiş kontrol numuneleri ile fırça ile 3 kat ve 6 kat sürme, 4 saat ve 8 saat daldırma işlemlerinin uygulandığı numunelerin en-kesit (makta) kısımlarından alınan mikroskopik görüntüler aşağıda verilmiştir.



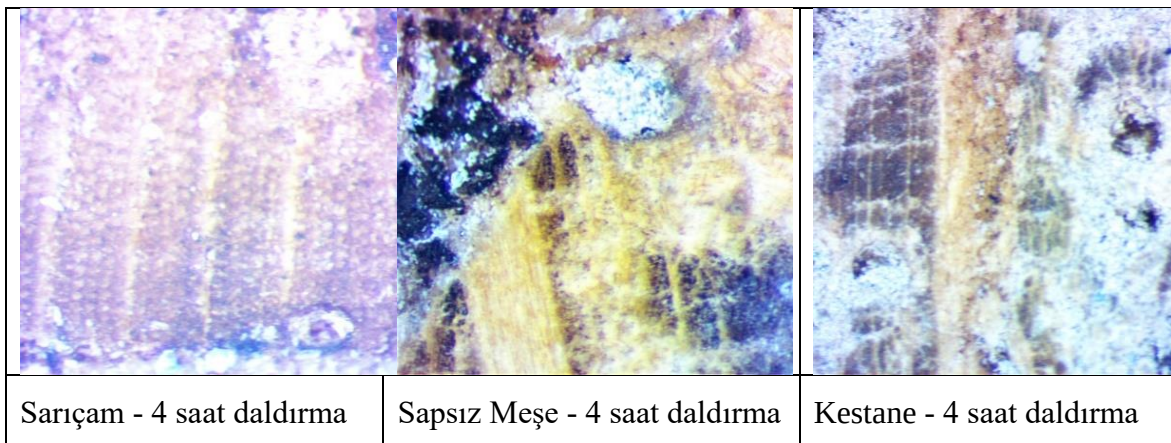
Resim 5.1. Kontrol numunelerinin mikroskopik görüntüleri



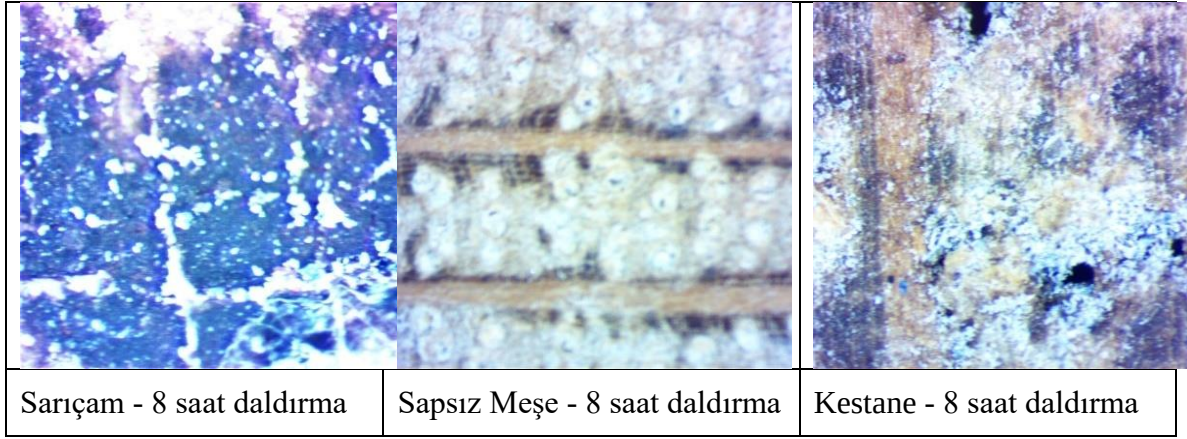
Resim 5.2. Fırça ile 3 kat emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri



Resim 5.3. Fırça ile 6 kat emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri



Resim 5.4. 4 saat daldırma ile emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri



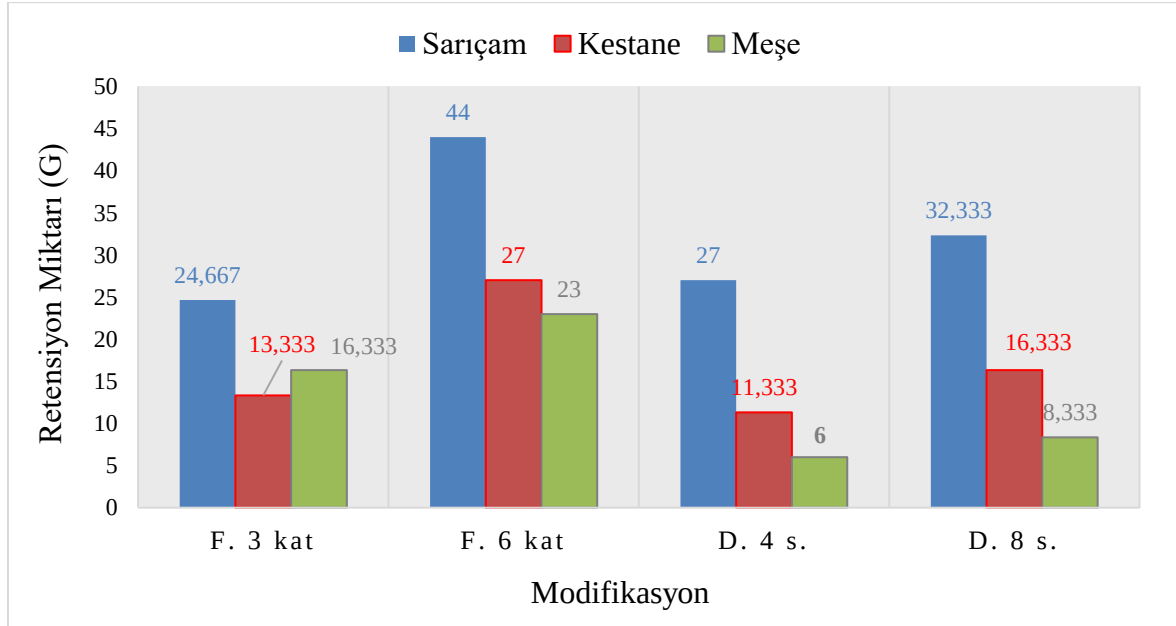
Resim 5.5. 8 saat daldırma ile emprenye uygulanmış numunelerin mikroskopik görüntüleri

Yukarıdaki resimlere bakıldığında , hiçbir modifikasyon işlemi uygulanmamış olan kontrol numunelerinde lif en-kesit çeper kalınlıklarının ince, açık ve doğal renkli, modifikasyon işlemi uygulanmış olan numunelerde lif en-kesit çeper kalınlıklarının arttığı ve renginin koyulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durumun çeperlere tutunan emprenye maddesinden kaynaklandığı söylenebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1. Tutunma (Retensiyon) Miktarı

Doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmiş Sarıçam, Meşe ve Kestane ağaçlarından elde edilmiş ölçüm örneklerinden elde edilen bulgulara göre 6 kat fırça ile sürme işleminin tüm ağaç türlerinde en yüksek retensiyon miktarına ulaşılan uygulama olduğu tespit edilmiştir. Üç ahşap türünde de uygulanan modifikasyon işlemine göre belirlenen retensiyon miktarlarının gram cinsinden değeri Şekil 6.1’deki grafikte verilmiştir.



Şekil 6.1. Modifikasyon çeşidine göre ahşap türlerinde belirlenen retensiyon miktarları (g)

Şekil 6.1’e göre 3 kat fırça ile sürme işleminde tespit edilen değerler Sarıçamda 24,667 g, Meşede 16,333 g, Kestanede 13,333 g’dır. Buna göre, en düşük retensiyon miktarına sahip olan Kestane türüne kıyasla Meşe numunelerde %22, Sarıçam numunelerde %85 (yaklaşık 2 kat) oranda daha fazla tanen maddesi tutunduğu tespit edilmiştir.

6 kat fırça ile sürme işleminde tespit edilen değerler Sarıçamda 44g, Meşede 23 g, Kestanede 27 g’dır. En düşük değere sahip olan Meşe ile kıyaslandığında, Kestane numunelerde %17, Sarıçam numunelerde ise %91 (yaklaşık 2 kat) oranında daha fazla tanen maddesi tutunduğu tespit edilmiştir.

4 saat daldırma işleminde retensiyon miktarları Sarıçamda 27 g, Meşede 6 g, Kestane 11,333 g olarak ölçülmüştür. Buna göre, belirlenen en düşük retensiyon miktarına sahip tür olan Meşeye kıyasla, Kestane numunelerde %88, Sarıçam numunelerde ise %3,5 oranında daha fazla tanen maddesinin tutunduğu tespit edilmiştir.

8 saat daldırma işleminde Sarıçamda 32,333 g, Meşede 8,333 g, Kestane 16,333 g retensiyon miktarı tespit edilmiştir. Bu durumda, en düşük değere sahip olan Meşe ile kıyaslandığında, kestane numunelerde %96 (yaklaşık 2 kat), Sarıçam numunelerde %388 (yaklaşık 4 kat) oranında daha fazla tanen maddesinin tutunduğu belirlenmiştir.

Retensiyon miktarı bakımından, Sarıçam türünün diğer iki ağaç türüne göre çok daha fazla tanen maddesinin tutunmasına izin verdiği belirlenmiştir. Bu durumun, Sarıçamın diğer türlere göre hücre geçitlerinin açık ve basit yapılı olmasından (Meşede tülleşme oluşumu) dolayı daha fazla maddenin emilmesine izin vermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Doğal tanen maddesi ahşap malzemenin hücre duvarlarına çözelti olarak nüfuz ettikten sonra kristalleşerek tutunmaktadır. Bu özelliği ile ahşap koruyuculuğu ve yalıtkanlığı sürdürülebilir hale gelmektedir denebilir.

6.2. Yoğunluk

Doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmiş Sarıçam, Meşe ve Kestane ağaçlarından elde edilmiş ölçüm numunelerinden elde edilen bulgulara göre, yoğunluk farkları en çok ahşap türü faktöründe tespit edilmiştir. En yüksek yoğunluk değeri Kestane ($0,6394 \text{ g/cm}^3$) ve Meşede ($0,6352 \text{ g/cm}^3$), en düşük yoğunluk değeri ise Sarıçamda ($0,4881 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir. Bu durum ahşap malzemenin iç yapısıyla ve malzemenin ayırt edici özellikleriyle ilgili olduğundan bu hususta herhangi bir işlemin etkisi yoktur.

Bu çalışmada farklı türde ahşap numunelere farklı düzeylerde modifikasyon işlemi uygulanmış olup, ahşabın kendi yapısından kaynaklanan yoğunluk farklarından bağımsız olarak yoğunluk değişimini en çok modifikasyon işlemlerinin etkilediği tespit edilmiştir. Bu durumun doğal tanen çözeltisi ile modifikasyon görmüş numunelerde retensiyonun etkisiyle ağırlık artışı gerçekleşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Hiçbir modifikasyon(emprenye) işlemi uygulanmamış olan kontrol numunelerinin ortalama yoğunluk değeri $0,5707 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiş olup, modifikasyon işlemi uygulanmış

numunelerin ortalama yoğunlukları ise; 6 kat fırça ile sürme yönteminde $0,6929 \text{ g/cm}^3$, 3 kat fırça ile sürme yönteminde $0,6607 \text{ g/cm}^3$, 4 saat daldırma yönteminde $0,5808 \text{ g/cm}^3$ ve 8 saat daldırma yönteminde $0,6867 \text{ g/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre yoğunluğu en çok artıran yöntem olan 6 kat fırça ile sürme yönteminin %21,4 yoğunluk artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Bunu takiben 8 saat daldırma yönteminin %20,3; 3 kat fırça ile sürme yönteminin %15,77 yoğunluk artışı sağladığı tespit edilmiş olup; %1,76 yoğunluk artışı sağlayan 4 saat daldırma yönteminin diğer yöntemlere göre daha az yoğunluk değişimi sağlamasının hem sürenin kısa olması hem de Meşe ve Kestane tülleşme ve geçit zorlukları olmasından kaynaklandığı söylenebilir. 6 kat fırça uygulamasında daha fazla yoğunluk artışının ise fırça basıncı yardımı ile üst üste kuruyan her bir katın tekrar alıcı moduna (kuruyan katın üzerine çözelti tanenlerin kohezyon bağı ile tutunması) girmiş katmanların retensiyonundan kaynaklandığı söylenebilir.

Yoğunluk değişimini üçüncü sırada etkileyen ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşim faktöründe; en düşük yoğunluk değeri Sarıçamda $40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem iklim şartında $0,4655 \text{ g/cm}^3$ ve en yüksek yoğunluk değeri ise, Kestane $10 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem iklim şartında $0,6461 \text{ g/cm}^3$ olarak elde edilmiştir. Bu durumun ahşap türüne bağlı olarak yapısal yoğunluk farkının yanısıra, ortamdaki bağıl nem miktarının düşük olduğu iklim şartlarında ahşap malzemenin kurumadan dolayı yoğunluk değerinin azaldığı, bağıl nemin yüksek olduğu iklim şartlarında daha yüksek rutubet dengesi kurmasından dolayı yoğunluk değerinin artmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yoğunluk değişimini 4. sırada etkileyen faktör olan ahşap türü - iklim şartı - işlem çeşidi faktörüne göre, en düşük yoğunluk Sarıçam x $40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem x kontrol düzeyinde ($0,4447 \text{ g/cm}^3$) ve Sarıçam x $40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem x D4 düzeyinde ($0,4557 \text{ g/cm}^3$), en yüksek ise, Kestane x $10 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem x F6 ($0,6899 \text{ g/cm}^3$) ve Kestane x $10 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem x F3 ($0,6800 \text{ g/cm}^3$) elde edilmiştir. Tüm ahşap türleri ve iklim şartlarına bakıldığında en düşük yoğunluk değerlerinin kontrol gruplarında tespit edildiği görülmektedir (bkz. Çizelge 5.6). Modifikasyon işlemi uygulanan numunelerde ise her bir ahşap türünde en düşük yoğunluklar 4 saat daldırma düzeyinde ve $40 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%35 \pm 5$ nispi nem iklim koşulunda, en yüksek yoğunluklar ise fırça ile 3 kat ve 6 kat sürme düzeyleri ve $10 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\%50 \pm 5$ nispi nem iklim koşulunda tespit edilmiştir. Bu durumda, fırça ile sürme yönteminin

tanen maddesinin ahşap hücre çeperlerine girmesinde ve tutunmasında; yüksek nem miktarı ve düşük sıcaklıktaki iklim koşullarının ise ahşabın yüksek rutubet dengesi kurması nedeniyle yapısında daha fazla nem bulundurmasında diğer işlem çeşidi ve iklim şartlarına göre daha fazla etkili olduğu söylenebilir.

Yoğunluk değişimini 5. sırada etkileyen etken ahşap türü - işlem çeşidi ikili etkileşimi faktörüdür. Elde edilen bulgulara göre (bkz. Çizelge 5.7), Sarıçam numunelerinde işlem uygulanmamış olan kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, 4 saat daldırma işleminin %0,7; 8 saat daldırma işleminin %5,5; 3 kat fırça ile sürme işleminin %7,9; 6 kat fırça ile sürme işleminin ise %8,5 yoğunluk artışına neden olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Meşe türü ahşapta uygulanan modifikasyon yöntemlerinden 4 saat daldırma işlemi %6,63; 8 saat daldırma işlemi %6,83; 3 kat fırça ile sürme işlemi %6,2; 6 kat fırça ile sürme işlemi %6,5 oranında yoğunluk artışı sağlarken; Kestane türünde 4 saat daldırma işleminde %0,9; 8 saat daldırma işleminde %3,12; 3 kat fırça ile sürme işleminde %3,7 ve 6 kat fırça ile sürme işleminde %6,5 yoğunluk artışı tespit edilmiştir. Tespit edilen bu verilerden hareketle ahşabın dış etkilere bağımsız olarak kendi yapısından kaynaklanan boşluk- doluluk oranı ve işlem çeşidi bakımından da 6 kat fırça uygulamasının diğer işlem çeşitlerine oranla emprenye maddesinin daha fazla tutunmasını sağladığı ve yoğunluğun artmasına neden olduğu söylenebilir.

Yoğunluğu en az etkileyen faktör olan iklim şartı - işlem çeşidi ikili etkileşiminden elde edilen bulgulara göre yoğunluğun en yüksek değere 10 ± 2 °C sıcaklık / $\%50 \pm 5$ nispi nem koşulunda, 6 kat fırça ile sürme yöntemi uygulanmış numunelerde; en düşük değere ise 40 ± 2 °C sıcaklık / $\%35 \pm 5$ nispi nem koşulunda, kontrol grubu(işlem uygulanmamış) numunelerinde ulaştığı tespit edilmiştir. Bu durumun kontrol grubunda bulunan numunelere doğal tanen çözeltisi ile herhangi bir modifikasyon uygulanmadığından, işlem uygulanan numunelere göre ağırlık artışının olmayışı ve iklim şartı bakımından da daha önceki faktörlerde de belirtildiği gibi düşük sıcaklık ve yüksek nem miktarının odun içi rutubeti artırması sonucu ağırlık artışının meydana gelmesine neden olmasından, tam tersi durumda (yüksek sıcaklık – düşük nem miktarı) ise ahşabın kuruması nedeniyle bünyesinde bulunan nemi kaybederek ağırlığının azalmasına neden olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yapılan ölçümler ve analizler sonucu üç ahşap türüne uygulanan beş farklı modifikasyon düzeyi ve üç iklim şartında belirlenen tüm yoğunluk değerleri, hiçbir modifikasyon işlemi

uygulanmamış olan kontrol grubu örnekleriyle kıyaslandığında; doğal tanen ile modifikasyon işleminin ahşap malzemenin yoğunluğunu artırdığı tespit edilmiştir.

6.3. Isı İletkenlik Katsayısı (λ)

Isı iletkenlik katsayısına etkileri bakımından; ahşap türü, modifikasyon yöntemi, iklim şartı ve bunların ikili-üçlü etkileşimleri anlamlı bulunmuştur. Sadece ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşiminin ısı iletkenlik katsayısı değişimine anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Isı iletkenlik katsayısı değişimini en çok ahşap türü, daha sonra sırasıyla iklim şartı, modifikasyon, ahşap türü-modifikasyon ve ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşiminin etkilediği tespit edilmiştir.

Ahşap türü bakımından; en düşük λ değeri Sarıçam türünde 104,9 W/mK, onu takiben Meşede 125,4 W/mK ve Kestane 130,9 W/mK olarak tespit edilmiştir. Bu bağlamda, ölçüm numuneleri arasında en düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olan Sarıçamın; Kestaneye göre %20, Meşeye göre %16 daha az iletken (daha yalıtkan) olduğu tespit edilmiştir.

İklim şartı bakımından; en yüksek ısı iletkenlik katsayısı (λ) 20 ± 2 °C sıcaklık / %65 $\pm$ 5 nispi nemde 127,5 W/mK, daha sonra sırasıyla 40 ± 2 °C sıcaklık / %35 $\pm$ 5 nispi nemde 123 W/mK ve 10 ± 2 °C sıcaklık / %50 $\pm$ 5 nispi nemde 110,8 W/mK olarak tespit edilmiştir. Bu durumun, bir önceki iklim şartı 40 ± 2 °C sıcaklık / %35 $\pm$ 5 nispi nem ortamında örneklerin kurumuş olmasından ve 10 ± 2 °C sıcaklık / %50 $\pm$ 5 nispi nem ortamında da sıcaklık derecesinin düşük olmasına bağlı olarak cihaz içi nispi nemin ve örneklerin denge rutubetinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Modifikasyon çeşidi bakımından; en yüksek ısı iletkenlik katsayısı 4 saat daldırma ve 3 kat fırça yöntemlerinde tespit edilmiştir. Kontrol grubu numunelerinde 115,6 W/mK olarak ölçülen λ değeri; 6 kat fırça uygulamasında 113,9 W/mK, 8 saat daldırma uygulamasında 112,2 W/mK olarak tespit edilmiştir. Buna göre; kontrol numuneleriyle kıyaslandığında 6 kat fırça uygulamasının %1,5; 8 saat daldırma uygulamasının %2,9 daha az ısı iletkenliği sağladığı tespit edilmiştir. 3 kat fırça ve 4 saat daldırma yöntemlerine nazaran 6 kat fırça ve 8 saat daldırma yöntemlerinin daha az ısı iletkenliği sağlamasının, bu işlem türlerinde tanen çözeltisinin daha fazla tutunmasından kaynaklandığı söylenebilir. Buna göre tanen

çözeltilisinin ahşap malzemeye rutubetin bağlanmasına engel olması nedeniyle ısı iletkenlik katsayısını düşürücü bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Isı iletkenliği (λ) değerini en düşük düzeyde etkileyen ikili etkileşim faktörü ahşap türü-işlem (modifikasyon) çeşididir. Bu etkileşimde en düşük ısı iletkenliği λ değeri Sarıçamda 6 kat fırça uygulama düzeyinde 102,4 W/mK olarak belirlenmiş olup, bu değer modifikasyon işlemi uygulanmamış olan kontrol grubu numuneleriyle kıyaslandığında bu modifikasyon işleminin Sarıçamda %2,9 oranında ısı iletkenliğini düşürdüğü söylenebilir. Sarıçam numunelere uygulanan diğer modifikasyon işlemlerine bakıldığında 4 saat daldırma işleminin %1,5; 8 saat daldırma işleminin %2,6; 3 kat fırça ile sürme işleminin %1,6 oranında ısı iletkenliğini azalttığı tespit edilmiştir.

Meşe türünde 4 ve 8 saat daldırma işlemlerinin sırasıyla, %1,1 ve %1,5 oranında; 3 ve 6 kat fırça ile sürme işlemlerinin sırasıyla, %1 ve %2,9 oranında ısı iletkenliğini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilere göre, Kestane türü ahşapta 4 saat daldırma işlemi %1,2; 8 saat daldırma işlemi %2,8; 3 kat fırça ile sürme işlemi %2,9 ve son olarak 6 kat fırça ile sürme işlemi %5,9 oranında ısı iletkenliğini düşürmüştür.

Tüm ahşap türlerinde 6 kat fırça ile sürme uygulaması kendi içlerinde en küçük λ değerini vermiştir. Sarıçam türünde bu durum ahşabın yapısının daha geçirgen olması nedeniyle fırça basıncı sayesinde daha fazla çözeltilerin nüfuz edebilmesinin mümkün olması ve sürme işleminin 6 kat tekrarlanmasının çözeltili retensiyonunu artırması; Meşe ve Kestane türlerinde 6 kat fırça uygulamasının daldırma yöntemine göre daha iyi sonuç vermesinin, bu tür ahşaplarda tülleşmeden dolayı geçirgenliğin azalması, buna bağlı olarak serbest daldırmada çözeltili nüfuzunun zorlaşmasının tanen maddesinin tutunma (retensiyon) miktarını azaltması nedeniyle ortaya çıktığı söylenebilir.

Isı iletkenlik katsayısını en çok düşüren (yalıtkanlığı artıran) yöntemin, 6 kat fırça ile sürme yöntemi olduğu tespit edilmiştir.

6.4. Isı Geçirgenlik (Yalıtkanlık) Değeri (U)

Isı geçirgenlik değerine etkileri bakımından; ahşap türü, iklim şartı, modifikasyon yöntemi ve ahşap türü – modifikasyon yöntemi ikili etkileşimleri anlamlı bulunmuştur. Sadece ahşap türü-iklim şartı ikili etkileşiminin ısı geçirgenlik değeri değişimine anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Isı geçirgenlik değişimini en çok ahşap türü, daha sonra sırasıyla iklim şartı, modifikasyon, ahşap türü-modifikasyon ikili etkileşiminin etkilediği görülmektedir.

Yapılan ölçümlere göre; en yüksek ısı geçirgenlik değeri $7,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile Kestanede, daha sonra $6,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile Meşede tespit edilmiş, en düşük değer Sarıçamda $5,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak ölçülmüştür. Buna göre, Sarıçam türünün Meşeye göre %15,9, Kestaneye göre ise %19,4 daha az ısı geçirgenliğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, bu 3 ahşap türü arasında en yalıtkan türün Sarıçam, ikinci sırada yalıtkan olan türün Meşe ve ona çok yakın olmakla birlikte yalıtkanlık bakımından 3. sıradaki türün Kestane olduğu söylenebilir.

İklim şartı bakımından ısı geçirgenliği-U; en yüksek değer olan $7,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık / %65 $\pm$ 5 nispi nem iklim şartında ulaşmıştır. Bu durumun rutubet yüzde miktarının fazla olmasından kaynaklandığı; en düşük değer olan $6,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'e $10 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık / %50 $\pm$ 5 nispi nem iklim şartında ulaşmış olmasının düşük sıcaklıkta havanın içine alabildiği rutubet miktarının düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Modifikasyon çeşidi bakımından; en düşük ısı geçirgenliği değerleri $6,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile 6 kat fırça ile sürme işleminde ve $6,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ile 8 saat daldırma işleminde; bu işlemleri takiben 4 saat daldırma işleminde $6,21 \text{ W/m}^2\text{K}$, 3 kat fırça ile sürme işleminde $6,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu örneklerinde bu değer $6,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir. Hiçbir modifikasyon işlemi gerçekleştirilmemiş olan kontrol gruplarıyla kıyaslandığında, 6 kat fırça ile sürme işleminin %3,7; 8 saat daldırma işleminin %3,6; 4 saat daldırma işleminin %3,1; 3 kat fırça ile sürme yönteminin %1,6 oranında ısı geçirgenliğini düşürdüğü söylenebilir.

Ahşap türü – modifikasyon çeşidi bakımından; en düşük ısı geçirgenliği (U) değeri Sarıçamda 6 kat fırça ile sürme ($5,68 \text{ W/m}^2\text{K}$) düzeyindedir. Diğer ahşap türlerinde de fırça

ile 6 kat uygulaması kendi içlerinde en küçük U değerini vermiştir(bkz. Çizelge 5.18).

Sarıçam türünde elde edilen bulgulara göre kontrol grubu numuneleriyle karşılaştırıldığında, 4 saat daldırma yönteminin %1,5; 8 saat daldırma yönteminin %1,2; 3 kat fırça ile sürme yönteminin %1,7 ve 6 kat fırça ile sürme yönteminin %3,1 oranında ısı geçirgenlik değerini azalttığı tespit edilmiştir.

Meşede 4 ve 8 saat daldırma işlemleri ile 3 kat fırça ile sürme işleminde aynı değer ölçülmüş olup, kontrol numunelerine kıyasla bu 3 modifikasyon işleminin %1,6 oranında, 6 kat fırça ile sürme işleminin ise %3,1 oranında ısı geçirgenliğini azalttığı tespit edilmiştir.

Kestane ahşap türünde kontrol grubu numunelerine göre en çok düşüş oranının tespit edildiği modifikasyon işlemi %7 ile 6 kat fırça ile sürme uygulamasıdır. Bu işlemi takiben aynı değerlerin tespit edildiği %2,8 oranında ısı geçirgenliği değerinin azaldığı işlemler 8 saat daldırma ve 3 kat fırça ile sürme işlemleridir. Son olarak 4 saat daldırma işleminin ise ısı geçirgenliğini %1,3 oranında düşürdüğü söylenebilir.

Her 3 ahşap türünde de ısı geçirgenliğini en çok azaltan işlemin 6 kat fırça ile sürme yöntemi olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, 6 kat fırça uygulaması sırasında özellikle diğer türlere göre çok geçirgen olan Sarıçamda tanen çözeltisinin kolayca fırça basıncı etkisiyle derinliklere nüfuz etmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Meşe ve Kestane gibi ahşap türlerinde 6 kat fırça uygulamasının daldırma yöntemine göre daha iyi sonuç vermesi, bu tür ahşaplarda tülleşmeden dolayı geçirgenliğin azalması, buna bağlı olarak serbest daldırmada çözelti nüfuzunun zorlaşması tanen maddesinin tutunma (retensiyon) miktarını azaltmaktadır. Bu ahşap türlerinde de 6 kat fırça yönteminin üstünlüğünün fırça darbesi ve basıncının ahşap bünyeye çözelti girişini artırmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Kasap Okut ve Altınok (2020) tarafından aynı ahşap türleri ve aynı düzeylerde modifikasyon işlemleri uygulanarak yapılan çalışmada modifiye edilmiş ve toprak altında doğal yaşlandırılmış örneklerde yoğunluk ve sertlik işlemsiz örneklere göre daha yüksek elde edilmiş ve doğal ceviz taneni çözeltisinin çürümeyi önlediği belirlenmiştir.

Kasap Okut (2019) tarafından yapılan çalışmada doğal tanen modifikasyonu ile Sarıçam, meşe ve kestane ağaç türlerinde toprak altında çürüme sonucu oluşan madde kaybı ve

mekanik performans kaybını ortalama %36 önlediği tespit edilmiştir.

Kaçmaz Ünver ve Altunok (2017) tarafından Sarıçam ve Sapsız meşe türleri kullanılarak yapılan çalışmada emprenyeli ve emprenyesiz örnekler doğal ortamda bir yıllık mevsimsel etki altında bekletilerek doğal yaşlandırma uygulanmıştır. Bu süreç sonunda, her iki ahşap türünde fiziksel özellik değişiminin azaldığı, kararlılığın arttığı tespit edilmiştir.

Kaçmaz Ünver (2019) tarafından Sarıçam ve Sapsız meşe türleri kullanılarak yapılan çalışmada ise doğal koruyucunun ahşap malzemenin yoğunluk (maddesel) kaybını önlediği ve hatta retensiyondan dolayı %1,6 – 2,6 oranında artırdığı, ayrıca doğal ortamda bozunumunu engelleyerek koruduğu, çarpılma miktarını %13,2 oranında, eğilme direncinin doğal ortamdaki bozunuma bağlı kaybını %6,8, yapışma direnci kaybını %3,5 oranında, vida tutma direnci kaybını %4,2 oranında ve sertlik kaybını %8,8 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Aynı ağaç türleri ve tanen maddesi kullanılarak yapılan bu araştırmada doğal koruyucu ve renklendirici (boyar madde) olarak kullanılan tanen maddesinin aynı zamanda yapı malzemesi olarak kullanılan ahşap malzemenin ısı iletkenlik katsayısı ve ısı geçirgenliğini düşürdüğü, ahşabın yalıtkanlık özelliğine de olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır.

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı ilk sırada, ahşap malzemeyi dış ortam şartlarında koruyucu özellik gösteren doğal tanen çözeltisi ile modifiye edilmiş Sarıçamın diğer ahşap türlerine oranla emprenye edilme bakımından daha iyi olduğu da tespit edilmiştir. Bu bakımdan, Sarıçamın dış ortamda yer alacak (veranda imalatı, bina dış cephe mantolaması vb.) her türlü yapıda Sarıçam kullanımı öncelikli olarak önerilebilir.

Modifikasyon çeşidi bakımından 8 saat daldırma işlemi ve 6 kat fırça ile sürme işleminin diğer işlemlere göre daha fazla yalıtkanlık sağladığı tespit edilmiş olup, daha pratik ve ekonomik olması bakımından 6 kat fırça uygulaması öncelikli olarak önerilebilir. Ayrıca fırça ile sürme sırasında emprenye maddesinin ahşap malzeme gözeneklerine girmeye zorlanmasından dolayı retensiyon miktarını artırması nedeniyle 6 kat fırça ile sürme işlemi daldırma işlemine göre tercih sebebi olabilir.

Avrupa standartlarına göre ısı yalıtım malzemelerinin, ısı iletim katsayıları 0,06 – 0,10 W/mK'nın altındadır... ISO ve CEN standartlarına göre ısı iletkenliği katsayısı 0,065 W/mK değerinden küçük olan malzemeler ısı yalıtım malzemesi, büyük olan malzemeler ise yapı

malzemesi olarak adlandırılmaktadır. Isı iletkenlik katsayısı, ısı yalıtımı malzemeleri seçiminde en belirleyici özellik olurken ne kadar küçük ise malzeme o kadar iyi bir yalıtıcıdır. (Kabakcı, 2018)

Buna göre; doğal tanen ile modifiye edilmiş ahşap malzemenin yalıtım özelliği bakımından tercih edilebilir bir yalıtıcı-yapım (yani hem yalıtım hem de yapısal) malzemesi olduğu söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Açık, C. (2012). *Farklı Yüzey Kaplama Malzemelerinin, Duvar ve Zemin Döşemelerde Kullanılan Lif Levhaların Yalıtım Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Adanur, H. (2015). *Bazı Tanenler ve Borlu Bileşikler ile Emprenye Edilen Doğu Kayını (Fagus Orientalis L.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yayınlanmamış Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- Akgün, K. (2008). *Lamine Edilmiş Kestane (Castanea sativa Mill.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Tanen ve Isıl İşlemin Etkileri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Altınok, M., Özalp, M., Karaaslan, A. ve Perçin, O. (2009). *Borla Modifiye Edilmiş Tutkalların Kestane (Castanea Sativa Mill.) Odununun Yapışma Direncine Etkileri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15), 17-24.
- Bal, B. C. (2006). *Amonyaklı Bakır Quat (Acq) Emprenye Tuzu ile Emprenye Edilen Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Becerren Öztürk, R. ve Arıoğlu, N. (2006). *Türk Sarıçamından Lamine Ahşap Kirişlerin Mekanik Özellikleri, İTÜ Dergisi/A, Cilt:5, Sayı:2, Kısım:1*, 25-36.
- Bektaş, İ., Oruç, S., Bal, B. C. ve Ak, A. K. (2016). *Saplı Meşe (Quercus robur L.) Odununun Fiziksel Özelliklerinin Toprak Değişkenleriyle İlişkisi, Ormancılık Dergisi*, 12(1), 61-71.
- Bozkurt, Y. (1966). *Ağaç Malzeme ve Isı Münasebetleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, Cilt: XVI, Sayı: 2, 73-88.
- Bozkurt, Y. (1982). *Ağaç Teknolojisi (İkinci Baskı)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, 180.
- Bozkurt, Y. (1992). *Odun Anatomisi*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, 225, 245, 264.
- Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N. (1993). *Emprenye Tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 34-35, 106-107, 163, 176, 203.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. (1995). *İğne Yapraklı ve Yapraklı Ağaç Odunlarında Tanım Özellikleri (Odun Anatomisi II)*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, 218-221.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1996). *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Yayın No:3944, 157.

- Can, A. (2018). *Su İtici Maddeler ile Kombine Edilmiş Bazı Emprenye Maddelerinin Performansının İncelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Clark, D. (tarih yok). *Castanea Sativa*. Şubat 1, 2021 tarihinde <http://hobbitthouseinc.com/personal/woodpics/chestnut.htm> adresinden alındı
- Dağdelen, R. (2010). *Bazı Tanenli ve Tanensiz Ağaçların Amonyak ile Reaksiyonu Sonucu Oluşan Mekanik ve Fiziksel Değişiklikler*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Dilmaghani, M. (2015). *An Experimental Study on Small-Sized Specimens Made of Load Bearing Timber-Glass Composites*. M.Sc. Thesis, İstanbul Technical University, İstanbul.
- Durak, M. (2015). *Yangın geciktirici üst yüzey işlemi uygulanmış lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenliği ve yanma özelliklerinin belirlenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Durmuş, M. Ö. (2006). *Dış Cephe Isı Yalıtımı Sıvalı Kompozit Sisteminde Kullanılan Dübellerin Aderans Kuvveti*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergut, A. (2011). *Bazı İğne Yapraklı Ağaçlara Ait Kozalak Ekstraktiflerinin Sarıçam Odununda Emprenye Maddesi Olarak Kullanılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Erten, P.A. (1994, Mayıs). *Sarıçam Odununun Korunması*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi:7, Muhtelif Yayınlar Serisi:67 (Editör: Nejat Giray), Ankara, 275-282.
- Incropera, F. P. and DeWitt, D. P. (2001). *Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri*. (çev. T. Derbentli, O. F. Genceli, A. Güngör, A. Hepbaşlı, Z. İlken, N. Özbalt, F. Özgüç, C. Parmaksızoglu). Literatür Yayıncılık, (4.basımdan çeviri, 1996), 52, 901-902.
- Kabakcı, A. (2018). *Bazı Ahşap Döşeme Kaplamalarında Kullanılan İçi Boşluklu Su Bazlı Boyanın Sertlik, Yapışma ve Isı Yalıtım Özellikleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Kaçmaz Ünver ve M., Altunok, M. (2017). *Doğal Koruyucu ile Modifiye Edilmiş Bazı Ahşap Türlerinin Yaşlandırma Sürecinde Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi*, Orman Mühendisliği Dergisi, 54(4-5-6), 24-30.
- Kaçmaz Ünver ve M. (2019). *Doğal Koruyucu ile Modifiye Edilmiş Bazı Ahşap Türlerinin Yaşlandırma Sürecinde Fiziksel ve Mekanik Özellikleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kakaç, S. (1998). Örneklerle Isı Transferi (12. Baskı). Ankara: Tıp&Teknik Yayıncılık, 316.

- Kaminsky, M. (tarih yok). Şubat 1, 2021 tarihinde iStock:
https://www.istockphoto.com/%2Fphotos/%2Fwood-texture-picture-id520371828%3Fk%3D6%26m%3D520371828%26s%3D612x612%26w%3D0%26h%3D5a3nW-_QEg1g9n-4malq6L69e56kdI6tf12BLZ9AbXw%3D&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.istockphoto.com/adresinden_alindi.
- Kasap Okut, G. (2019). *Doğal Ağaç Taneni ile Modifiye Edilmiş Bazı Ağaç Türlerinde Çürümeye Karşı Direncin İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kasap Okut, G. ve Altınok, M. (2020). *Doğal Ahşap Taneni ile Modifiye Edilmiş Bazı Ağaç Türlerinde Çürümeye Karşı Direncin İncelenmesi*, *Politeknik Dergisi* , 23 (2) , 343-350 .
- Keskin, H. ve Örs, Y. (2008). *Ağaç Malzeme Teknolojisi*, Ankara: Gazi Kitabevi, 78-86, 126-131, 153.
- Koçu, N. ve Korkmaz, S. Z. (2002). *Konya Çevresindeki Yapılarda Isı Yalıtımı Uygulamalarının TS 825'e Göre Değerlendirilmesi ve Çevre Kirliliğine Etkisi*. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: 2002/204.
- Meier, E. (tarih yok). *Scots Pine*. Şubat 1, 2021 tarihinde The Wood Database: <https://www.wood-database.com/scots-pine/> adresinden alındı.
- Meier, E. (tarih yok). *Sessile Oak*. Şubat 1, 2021 tarihinde The Wood Database: <https://www.wood-database.com/sessile-oak/> adresinden alındı.
- Orman Genel Müdürlüğü. (2013, Ocak 15). Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri. Ankara. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Asli%20A%C4%9Fa%C3%A7%20T%C3%BCrleri.pdf> adresinden alındı.
- Orman Genel Müdürlüğü. (2013). *Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri* <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/Yayinlar/Asli%20A%C4%9Fa%C3%A7%20T%C3%BCrleri.pdf>.
- Öcal, M. (2016). *Ahşap Esaslı Döşeme Kaplama Malzemelerinin Isı İletkenlik Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Öktem, E. (1994, Mayıs). *Sarıçam Odununun Özellikleri ve Kullanım Yerleri*. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi:7,Muhtelif Yayınlar Serisi:67 (Editör: Nejat Giray), Ankara, 253-271.
- Özcan, C. (2011). *Yeni Bir Yanma Düzeneklerinin Hazırlanması ve Isıl İşlem Görmüş Ağaç Malzemelerin Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.

- Özer, M. (1982). *Yapılarda Isı-Su Yalıtımları*, İstanbul: Özer Yayınları:3, 31, 187-191, 291.
- Polunin, O. (1991). *Ağaçlar ve Çalılar*. (Çev. İbrahim Baktır). Antalya: Akdeniz Üniversitesi Basımevi. Yayın No:39, 11,38,43.
- Şen, S. ve Yalçın, M. (2009, Haziran). *Hizmet Ömrünü Tamamlamış Emprenyeli Ağaç Malzemenin Çevresel Tehditleri ve Geri Dönüşüm Prosesleri*, *Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi*, 5(1), 91-106.
- Şimşek, U. B. (2013). *Bitkisel ve Kimyasal Koruyucularla Emprenye Edilen Sarıçam Odununun Bazı Fiziksel ve Biyolojik Özellikleri*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Toker, R. (1960). *Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vasıfları ve Kullanma Yerleri Hakkında Araştırmalar*, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 10, Ankara, 29-33.
- TS 2471. (1976). Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Rutubet Miktar Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS 2472. (1976). Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler için Hacim Yoğunluk Değerinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN 12667. (2003). Yapı Malzemeleri ve Mamullerinin Isıl Performansı-Mahfazalı Sıcak Plaka ve Isı Akış Sayacı Metotlarıyla Isıl Direncin Tayini-Yüksek ve Orta Isıl Dirençli Mamuller, Türk Standartları Enstitüsü.
- TS EN ISO 13788. (2004). Bina Bileşenlerinin ve Bina Elemanlarının Nemli Ortamda Isıl Performansı – Kritik Yüzey Nemini ve Bina Bileşenlerinin İçindeki Yoğuşmayı Önlemek İçin İç Yüzey Sıcaklığı – Hesaplama Metotları, Türk Standartları Enstitüsü.
- Uğur, A. L. (2008). *Tanen İçeren Doğal Materyaller Kullanarak Bazı Ağır Metal Kirliliklerinin Giderilmesi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ulusoy, H., Ay, N. ve Peker H. (2017). *Ökseotu (Viscum Album L.)’nun Sarıçam Odununun Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi*, *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 10(2): 15-22.
- Usta, İ. (2016). *Depictions on Wood: Acceptation and Internalization of Wood, Which is an Intercultural Interaction Tool, as “A Valuable Object” (Wood is Valuable)* . *Mugla Journal of Science and Technology* , 2 (2) , 139-144
- Uysal, B., Yapıcı, F., Kol, H. Ş., Özcan, C., Esen, R. ve Korkmaz, M. (2011). *Emprenye Yapılmış Ağaç Malzeme Üzerine Uygulanan Üst yüzey İşlemlerinin Isı İletkenliklerinin Belirlenmesi*, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS’11), 16-18 May 2011, Elazığ, 262-266.
- Yarayan, H. Ö. (2019). *Üst Yüzey İşlemi Uygulanmış Ağaç Malzemenin Marine Koşullarında Isı İletkenliğinin Belirlenmesi*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

- Yılmaz, T. (1985). *Isı Transferi-Teori ve Uygulama-*, Adana: Çukurova Üniversitesi, 1-3, 9, 81.
- Yılmaz, T. (1999). *Teorik ve Uygulamalı Isı Transferi*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 19, 402-403.







GAZİ GELECEKTİR...