

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONYA YÖRESİ JEOTERMAL SULARIYLA EMPRENYELİ  
AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ**

**Ömer KAPLAN**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2018**

© 2018 [Ömer KAPLAN]

## TEZ ONAYI

**Ömer KAPLAN** tarafından hazırlanan "**Konya Yöresi Jeotermal Sularıyla Emprenyeli Ağaç Malzemenin Bazı Özellikleri**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi Osman PERÇİN**  
Necmettin Erbakan Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Dr. Öğr. Üyesi İlhami Emrah DÖNMEZ**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



**Enstitü Müdürü**

**Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR**.....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Ömer KAPLAN**



## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Ömer KAPLAN**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iiv
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	2
2.1. Kızılçamın Genel Özellikleri.....	2
2.2. Jeotermal Kaynaklar.....	3
2.2.1. Dünya’da Jeotermal Kaynaklar .....	5
2.2.2. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar .....	6
2.2.3. Konya Bölgesi Jeotermal Kaynakları .....	11
2.3. Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları.....	15
2.4. Jeotermal Kaynakların Orman Endüstrisinde Kullanımı .....	16
2.5. Ahşabın Emprenyesi (Kimyasal Koruma).....	18
2.5.1. Emprenye Maddeleri.....	18
2.5.2. Emprenye Metotları .....	20
2.5.2.1. Basınç Uygulamayan Emprenye Metotları.....	20
2.5.2.1.1. Fırça ile Sürme Püskürtme Metotları.....	20
2.5.2.1.2. Daldırma Metodu.....	20
2.5.2.1.3. Batırma Metodu.....	20
2.5.2.1.4. Sıcak ve Soğuk Metot .....	20
2.5.2.1.5. Besi Suyunu Çıkarma Metodu .....	21
2.5.2.1.6. Difüzyon Metodu.....	21
2.5.2.1.7. Yerinde Bakım Metodu.....	21
2.5.2.2. Basınç Uygulanan Metotlar .....	21
2.5.2.2.1. Dolu Hücre Yöntemi .....	22
2.5.2.2.2. Boş Hücre Yöntemi .....	22
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Malzemeler .....	23
3.1.1. Deney Numunelerin Hazırlanışı .....	23
3.1.2. Jeotermal Suların Hazırlanışı .....	25
3.2. Yöntem .....	26
3.2.1. Emprenye İşlemi.....	26
3.2.2. Absorbsiyon Tayini .....	26
3.2.3. Retensiyon Tayini.....	26
3.2.4. Yoğunluk Tayini.....	27
3.2.5. Rutubet Miktarı Tayini .....	27
3.2.6. Su Alma Oranı Tayini.....	27
3.2.7. Genişleme Tayini.....	28
3.2.8. Çekme Tayini .....	28
3.2.9. Eğilme Direnci Tayini .....	28
3.2.10. Eğilmede Elastikiyet Modülü Tayini.....	29
3.2.11. Liflere Paralel Basınç Direnci Tayini .....	29
3.3. İstatistiksel Analiz .....	29

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR .....	30
4.1. Emprenye Maddesi Potansiyeline İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	30
4.2. Absorbsiyona İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	31
4.3. Retensiyona İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	34
4.4. Yoğunluğa İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	38
4.5. Rutubet Miktarına İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	41
4.6. Su Alma Oranına İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	44
4.7. Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	47
4.7.1. Radyal Yönde Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	47
4.7.2. Teğet Yönde Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	50
4.8. Çekmeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	54
4.8.1. Radyal Yönde Çekmeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	54
4.8.2. Teğet Yönde Çekmeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	56
4.9. Eğilme Direncine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	59
4.10. Eğilmede Elastikiyet Modülüne İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	63
4.11. Liflere Paralel Basınç Direne İlişkin Bulgular ve Tartışmalar .....	66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	79

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### KONYA YÖRESİ JEOTERMAL SULARI İLE EMPRENYELİ AĞAÇ MALZEMENİN BAZI ÖZELLİKLERİ

Ömer KAPLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR

Bu çalışmada jeotermal sularla muamele edilen kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununda bazı özelliklerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Deneylerde Konya İlgın jeotermal alanında üç farklı kuyudan (SJ-1, SJ-3, SJ-5) alınan jeotermal sular kullanılmıştır. Kaynaklarından alınarak laboratuara getirilen jeotermal sular,  $\pm 2$  °C hassasiyette, her kuyu türü için, jeotermal sıvıların oda sıcaklığı ve kaynaktan çıkış sıcaklığı olmak üzere ikişer farklı sıcaklıkta (SJ-1: 23 °C, 40.3°C, SJ-3: 23 °C, 38.4 °C, SJ-5: 23 °C, 40.9 °C) olmak üzere altı adet emprenye işleri sıvısı hazırlanmıştır. Sıcak - soğuk daldırma yöntemi uygulanarak yapılan emprenye işlemi sonunda örnekler üzerinde bazı fiziksel ve mekanik testler yapılmıştır.

Elde edilen bulgular %95 güven düzeyinde istatistiksel anlamda analiz edilerek değerlendirilmiştir. Buna göre, jeotermal sular kontrol örnekleri ile kıyaslandığında jeotermal kaynaklardan alınan emprenye sıvıları kızılçam ağaç materyallerin yoğunluk, rutubet, genel olarak absorpsiyon ve retensiyon performansı SJ-5 jeotermal kaynağında artmıştır. Kontrol örneklere göre incelediğimiz ve karşılaştırdığımızda su alma oranı %8 - %22 arasında ve ortalama %13 olarak artış meydana gelmiştir. Hava Kurusu Yoğunluk % 12 - %16 arasında ve ortalama %13 olarak artış meydana gelmiştir. Tam Kuru Yoğunluk SJ-5 kaynağı ile yapmış olduğumuz deneyde yaklaşık %3 azalmış olup SJ-1 kaynağının 23°C' deki emprenyesinde yoğunluk ortalama %14 seviyesinde artış göstermiştir. Eğilme direnci ve Eğilmede Elastikiyet modülünde ise %11 - %38 seviyeleri arasında azalma olmuştur. Liflere paralel basınç deneyi sonucunda kontrol örneklerine göre test grubu örnekler de ortalama % 21 azalma gözlemlenmiştir. Radyal ve teğet çekme dirençlerinde yaklaşık %30 oranında azalma olmuştur. Genişleme (Şişme) test grubu materyallerinin deneyinde ise kontrol grubuna göre ortalama %1 - %12 arasında azalma görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap, Konya, Jeotermal, Emprenye, Ahşap Koruma

2018, 79 sayfa



## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **SOME PROPERTIES OF WOOD MATERIALS TREATED WITH GEOTHERMAL WATERS FROM KONYA REGION, TURKIYE**

**Ömer KAPLAN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Forest Industrial Engineering**

**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet Ali VAR**

In this study, it is aimed to investigate some properties of red pine (*Pinus brutia* Ten.) Wood treated with geothermal waters.

Geothermal waters from three different wells (SJ-1, SJ-3, SJ-5) were used in the experiments in Konya Ilgın geothermal field. The geothermal waters taken from the sources taken from the laboratory are measured at two different temperatures (SJ-1: 23 ° C, 40.3 ° C, SJ-3: 23 °) for each well type with sensitivity to  $\pm 2$  ° C and room temperature of geothermal fluids and outlet temperature from the source C, 38.4 ° C, SJ-5: 23 °C, 40.9 ° C) were prepared. Some physical and mechanical tests were carried out on the samples at the end of the impregnation process by applying hot - cold dip method.

The findings were evaluated statistically at 95% confidence level. Accordingly, when comparing geothermal waters with control samples, impregnation fluids from geothermal sources increased the density, humidity, overall absorption and retention performance of redwood wood materials in SJ-5 geothermal resources. According to the control samples, the rate of water uptake increased between 8% and 22% and on average 13% when compared. Air Dryness Density increased between 12% and 16%, with an average increase of 13%. Full Dry Density was reduced by about 3% in the experiment with the SJ-5 source and the density increased by an average of 14% at room temperature impregnation of the SJ-1 source. In the flexural strength and flexural elasticity modulus, there was a decrease between about 11% and 38%. As a result of the parallel pressure test on the blister, average 21% reduction was observed in the test group samples compared to the control samples. Radial and tangential tensile strengths have been reduced by about 30%. In the test of the expansion (swelling) test material, a reduction of 1% to 12% on average was observed compared to the control group.

**Keywords:** Wood, Konya, Geothermal, Impregnation, Wood Protection

**2018, 79 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan, arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Ali VAR' a teşekkürlerimi sunarım.

Jeotermal suların tedariki hususunda tüm yardımlarını esirgemeyen Konya Ilgın Belediyesinde Jeoloji Mühendisi değerli Mehmet GÖYNÜK' e teşekkür ederim.

Laboratuarda yapılan deney çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen çok değerli Bölüm Sekreterimiz Hüseyin SEZER' e teşekkür ederim.

Atölye çalışmalarında yardımlarından dolayı Arş.Gör.Dr. Tuğba YILMAZ AYDIN' a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarının sonuçları istatistiksel analizlerinin yapılması ve yorumlanması konusunda yardımcı olan saygı değer hocam Prof. Dr. Hikmet ORHAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Grafik çalışmalarının yapılması konusunda yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖZTÜRK' e teşekkürlerimi sunarım.

4571-YL1-16 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ömer KAPLAN  
ISPARTA, 2018

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Sektördeki bazı önemli ülkelerin jeotermal kurulu güçleri .....	6
Şekil 2.2. Türkiye’ de yıllar içerisinde jeotermal kaynak arama çalışmaları .....	7
Şekil 2.3. Konya jeotermal kaynakların haritası.....	13
Şekil 4.1. Absorbsiyon üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	33
Şekil 4.2. Retensiyon üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	36
Şekil 4.3. Yoğunluk üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	40
Şekil 4.4. Rutubet miktarı üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği .....	43
Şekil 4.5. Su alma oranı üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	46
Şekil 4.6. Radyal yönde genişleme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği .....	49
Şekil 4.7. Teğet yönde genişleme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği .....	53
Şekil 4.8. Radyal yönde çekme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği ..	56
Şekil 4.9. Teğet yönde çekme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği ....	58
Şekil 4.10. Eğilme direnci üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	61
Şekil 4.11. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği.....	65
Şekil 4.12. Liflere paralel basıncı üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği .....	69

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de elektirik üretimindeki enerji kaynaklarının payı .....	8
Çizelge 2.2. Jeotermal kaynaklarının kullanıldığı alanların karşılaştırılması .....	8
Çizelge 2.3. Bölgeler itibariyle jeotermal kaynak durumu .....	9
Çizelge 2.4. Onuncu plan döneminde gerekli olan yatırım tutarları.....	10
Çizelge 2.5. Türkiye’de jeotermal kaynak kullanım dağılımı.....	11
Çizelge 2.6. Konya jeotermal kaynaklar tablosu .....	12
Çizelge 2.7. Konya’da bulunan jeotermal kuyular .....	14
Çizelge 2.8. Dünyadaki jeotermal su sıcaklıklarına göre kullanım alanları .....	15
Çizelge 2.9. Kâğıt fabrikasında buhar ihtiyacının değerlendirilmesi .....	17
Çizelge 2.10. Ahşap Emprenye maddelerinin sınıflandırılması .....	19
Çizelge 2.11. Odun örneklerine ait boyutlar .....	23
Çizelge 2.12. Deney örneklerine ait numune sayıları.....	24
Çizelge 3.1. Konya- Ilgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal suları analiz raporu .....	25
Çizelge 4.1. Konya- Ilgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyular termal suları ahşap emprenye maddeleri potansiyeli .....	30
Çizelge 4.2. Absorbsiyon ile alakalı tanımlayıcı istatistikler.....	31
Çizelge 4.3. Absorbsiyon ile alakalı ANOVA sonuçları .....	32
Çizelge 4.4. Absorbsiyon ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	32
Çizelge 4.5. Retensiyon ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	34
Çizelge 4.6. Retensiyon ile alakalı ANOVA sonuçları.....	35
Çizelge 4.7. Retensiyon ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	35
Çizelge 4.8. Yoğunluk ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	38
Çizelge 4.9. Yoğunluk ile alakalı ANOVA sonuçları .....	38
Çizelge 4.10. Yoğunluk ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	39
Çizelge 4.11. Rutubet miktarı ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	41
Çizelge 4.12. Rutubet miktarı ile alakalı ANOVA sonuçları.....	42
Çizelge 4.13. Rutubet miktarı ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	43
Çizelge 4.14. Su alma ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	44
Çizelge 4.15. Su alma oranı ile alakalı ANOVA sonuçları.....	45
Çizelge 4.16. Su alma oranına ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	46
Çizelge 4.17. Radyal yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler.....	47
Çizelge 4.18. Radyal yönde genişleme ile alakalı ANOVA sonuçları .....	48
Çizelge 4.19. Radyal yönde genişleme ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.20. Teğet yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	51
Çizelge 4.21. Teğet yönde genişleme ile alakalı ANOVA sonuçları .....	52
Çizelge 4.22. Teğet yönde genişleme ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	52
Çizelge 4.23. Radyal yönde çekme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	54
Çizelge 4.24. Radyal yönde çekme ile alakalı ANOVA sonuçları.....	55
Çizelge 4.25. Radyal yönde çekme ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	55
Çizelge 4.26. Teğet yönde çekme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	57
Çizelge 4.27. Teğet yönde çekme ile alakalı ANOVA sonuçları.....	57
Çizelge 4.28. Teğet yönde çekme ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	58
Çizelge 4.29. Eğilme direnci ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	59
Çizelge 4.30. Eğilme direnci ile alakalı ANOVA sonuçları .....	60
Çizelge 4.31. Eğilme direnci ile alakalı Tukey testi sonuçları.....	61
Çizelge 4.32. Eğilmede elastikiyet modülü ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	63

Çizelge 4.33. Eğilmede elastikiyet modülü ile alakalı ANOVA sonuçları.....	64
Çizelge 4.34. Eğilmede elastikiyet modülü ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	65
Çizelge 4.35. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı tanımlayıcı istatistikler .....	67
Çizelge 4.36. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı ANOVA sonuçları.....	68
Çizelge 4.37. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı Tukey testi sonuçları .....	68

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Aehs <sub>y</sub>	Emprenye hemen sonrası yaş ağırlık
Aeö <sub>0</sub>	Emprenye öncesi tam kuru ağırlık
bkz.	Bakınız
CCA	Krom/Bakır/Arsenik
d <sub>0</sub>	Tam kuru yoğunluk
d <sub>12</sub>	Hava kurusu yoğunluk
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DRM	Denge rutubet miktarı
ED	Eğilme direnci
EE	Eğilmede Elastikiyet
ELM	Eğilmede Elastikiyet Modülü
F*	SPSS’de Test istatistiği
G	Genişleme
Gwh	Gigawatt saat
H	Yükseklik
kPa	Kilo pascal (basınç birimi)
kWh	Kilowatt saat
L	Mesnetler arası mesafe
LDN	Lif doyunluk noktası
LP	Liflere paralel basınç direnci
L <sub>r</sub> <sub>es</sub>	Emprenye sonrası radyal yönde genişleme
L <sub>r</sub> <sub>max</sub>	Radyal yönde maksimum genişleme
L <sub>r</sub> <sub>min</sub>	Radyal yönde minimum genişleme
L <sub>t</sub> <sub>max</sub>	Teğet yönde maksimum genişleme
L <sub>t</sub> <sub>min</sub>	Teğet yönde minimum genişleme
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MWt	Megawatt
P*	İstatistiksel anlamlılık (Sig.)
P <sub>max</sub>	Maksimum yük
R	Radyal kesit
r <sub>d</sub>	Rutubet
RYÇ	Radyal Yönde Çekme
RYG	Radyal Yönde Genişleme
RYŞ <sub>max</sub>	Radyal yönde maksimum genişleme
SAO	Su alma oranı
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T	Teğet kesit
Tes <sub>y</sub>	Emprenye sonrası yaş halde teğet kesit
TSE	Türk Standartlar Enstitüsü
TYÇ	Teğet Yönde Çekme
TYG	Teğet Yönde Genişleme
TYŞ <sub>max</sub>	Teğet yönde maksimum genişleme
V <sub>12</sub>	Hava kurusu hacim
YR	Yoğunluk – Rutubet
±	Artı eksi

## 1.GİRİŞ

Ahşap gibi korunmasına ihtiyaç duyulmayan Poli Vinil Clorür (PVC) kullanımının yaygınlaşması, insanların doğallıktan daha çok, kolaylık ve ucuzluk gibi başlıca faktörlerin etken olması sebebi ile ahşap ve ahşap ürünleri kullanımı son derece azalmış bulunmaktadır. Hatta orman köylerinde ihtiyaç halinde verilen orman artıklarına talep, kömür tüketiminin çoğalması, nüfusun azalması, insanların rahatlığa alışması gibi sebeplerden dolayı düşmüştür. Ahşabın doğrudan (masif olarak) kullanımının azalması dayanıklılığının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dayanıklılığını artırmak için lif yonga haline getirerek, kontrplak vs. kompozit tarzında kimyasal içeriği yoğun yöntemler kullanmak sureti ile değerlendirmeler yapılmaktadır. Bunun yanında kimyasal emprenye maddeleri kullanımı yapılmakta ve bu dünyada bir sektör halinde bulunmaktadır. Bugüne kadar odunun emprenye edilmesinde kimyasal maddelerin insana ve çevreye zararı en az doğal, yenilenen çalışmaların raporları mevcuttur. (Bozkurt, 1993). Ahşaptan uzun ömürlü faydalanma sadece kimyasal içerikli emprenye maddeleri iletabii ki sağlanmayacaktır. Doğal emprenye maddelerini bulmak, temin etmek ve de uygulamak bilim insanının bir görevidir. İnsanlığın sağlık, eğlence gibi birçok ihtiyaçları için yer altından çıkan mineral ve elementler bakımından zengin yeraltı jeotermal kaynakların doğal emprenye maddesi olarak kullanılması için çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Jeotermal sulara yüksek oranda çözülmüş kimyasalların ve minerallerin varlığı nedeniyle kullanıldığı alanda devamlı özellikli bir tabaka bıraktığı vurgulanmıştır. (Arslan vd., 2001; Ilgar, 2005; Akkuş ve Aydoğdu, 2006; Özdemir, 2009). Bunun yanında emprenye maddelerinin genel olarak ithal edildiği göz önüne alınacak olursa milli ekonominin kaybı artmaktadır. Dışa bağımlılığın azalması, boşa akan jeotermal suların ekonomiye kazandırılmasıyla tasarrufun sağlanması gerekliliği vurgulanmış ve emprenye maddelerinin ithal yükünün azaltılması açısından da jeotermal kaynak sularının değerlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir (Var, 2009). Jeotermal saha ve literatür araştırmalar neticesinde Konya' daki jeotermal sularının genel itibariyle sıcaklığı düşük – orta derecede olduğu görülmüştür. Mineral tuzlar ve kimyasal madde içeriği bakımından zengin olduğu tespit edilmiştir. Konya bölgesi jeotermallerle ilgili emprenye çalışmasına literatürde rastlanılmamıştır. Bu bağlamda Konya yöresi jeotermal sularının odunda emprenye maddesi olarak kullanılması ve kızılçamdan elde edilen test numunelerinin absorpsiyon, yoğunluk, çekme ve genişleme etkisin düzey ve miktarının araştırılmasına çalışılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Kızılçamın Genel Özellikleri

Güneşlenme ve ısı isteğinin fazla olması, rüzgâra karşı dayanıklılığının az olması ve donlardan hemen etkilenmesi gibi sebeplerden ötürü yayılış bakımından Türkiye'nin kıyı bölgelerini, özellikle de Akdeniz Bölgesini mesken tutmuşlardır. Bunun yanında az da olsa iç kesimlerde de kızılçam ormanlarına rastlanmaktadır. Türkiye'de doğal olarak yayılış sergileyen kızılçam daha çok Akdeniz ikliminin hâkim olduğu coğrafyalarda bulunur (Karaca, 2012). Ülkemiz kızılçam bakımından zengin bir örtüye sahiptir. Pinaceae familyasına dâhil olan Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Genelde düzgün gövde formuna sahip değildir. Yaklaşık 20- 30 metreye yakın boy yapabilmektedir. Ortalama 60 cm çapta olan bir ağaç türü olduğu vurgulanmıştır (Öktem, 1987). Kızılçamın Türkiye' de yeterince yetişmesinden dolayı ahşap ve ahşap ürünleri açısından Türkiye endüstrisinde yeterince yerini almıştır. Aynı zamanda kızılçam odunun fiziksel, biyolojik, kimyasal açıdan istenilen kriterde olmasının etkisi önemsenecek kadar büyüktür. Öz odunu kırmızımsı kahverengiyeyakın, diri odun ise kırmızımtrak beyazımsı bir renktedir (Öktem, 1987). Görsellik açısından kızılçam odunu dikkat çekmektedir. Yıllık halka sınırları belirgindir. Tam kuru haldeki özgül ağırlığı  $0.53 \text{ gr/cm}^3$ , hava kurusu ağırlığı  $0.57 \text{ gr/cm}^3$  ve hacimsel yoğunluğunun değeri  $478 \text{ kg/m}^3$  olduğu vurgulanmıştır (Berkel, 1957). Kızılçam odunu içeriğinde: % 27.5 lignin, % 65 hemielüloz, % 1 pentozan ve % 0.5 kül ihtiva ettiği rapor edilmiştir (Öktem, 1987). Kızılçamın biyolojik yapısını biraz daha genişletecek olursak, Torus her iki taraftan porusu açıp sonra kapatarak (aspirasyon) geçiş dengesini sağlar. Eğer torus porusu tıkarsa emprenye sıvısının akışı durur ve aspirasyon devamlı olur. Buna ek olarak margo eğer lignin gibi çözülmeyen maddelerle tıkanırsa traheidler arası sıvı akışı durur. Enine traheidlerin (öz ışını traheidleri) radyal yönde emprenye akışını artırdığı ek olarak vurgulamak gerekir. Yaz odunundaki geçitler ilkbahar odunundakilerden daha fazla geçirgendirler. Bunun nedeni ise yaz odunundaki geçit çeperlerinin kalınlaşması olarak ifade edilmiştir. Ayrıca diri odunlar geçirgenliği de öz odundan fazladır (Bozkurt ve Erdin, 1998). Tüm bitkisel ürünler gibi kızılçam da zaman içinde deforme olmaya hatta çürümeye mahkum organik materyallerdir. Kızılçamın diri odunu % 79 - 126 oranında rutubet ihtiva ettiği, özellikle toprakla temas halinde dayanıksız olduğu, bu nedenle özellikle tel direk ve çit kazıklarının emprenye edilmeden kullanılmaması belirtilmiştir (Berkel, 1978). Emprenye maddesinin oduna uygulanabilmesi açısından ve sonrasındaki kalıcılığı artırmak için emprenye işlemine tabi olacak ağaç çeşidi büyük önem taşımaktadır. Kızılçam odunu çok kolay emprenye edildiği ve emprenyesi en iyi açık tank (sıcak-soğuk) yöntem ile yapılan ağaç türü olduğu ayrıca vurgulanmıştır. Kızılçam odunu, ambalaj sandığı, inşaat malzemesi,



tarım aletleri, maden direği, ağaç tel direği, çit kazığı, kâğıt sanayisi, deniz taşıtlarının yapımı, gibi çok çeşitli alanlarda kullanıldığı belirtilmiştir (Bozkurt, 1971). Kızılçam faydalanılabilirliği bakımından da diğer ağaç türlerinden ayrılmaktadır. Daha erken yaşlarda endüstride kullanılma imkânı sağlamaktadır. Böylece ekonomikliği artınca endüstride de cazip bir hal teşkil etmektedir.

## **2.2. Jeotermal Kaynaklar**

Sağlık ve şifa yönüyle öne çıkan jeotermal suların aynı zamanda ziraatta, sanayi, hayvancılık gibi iş sahalarında da önemi büyükmektedir. Eğer geçerli yöntemler bulunmaz ve kullanılmazsa jeotermal kaynaklar yenilenebilir özelliğini ileride kaybetmeye yüz tutacaktır. Zehirli gazın açığa çıkması minimum olması sebebiyle temiz bir enerji kaynağıdır. (Anonim, 2016). Türkiye çok farklı koşul, özellik ve sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur. Bu da jeotermal suların endüstride kullanım alan ve koşullarını artırmaktadır. Türkiye’de çeşitli ısı değerlerine sahip çok sayıda jeotermal kaynak bulunmaktadır.

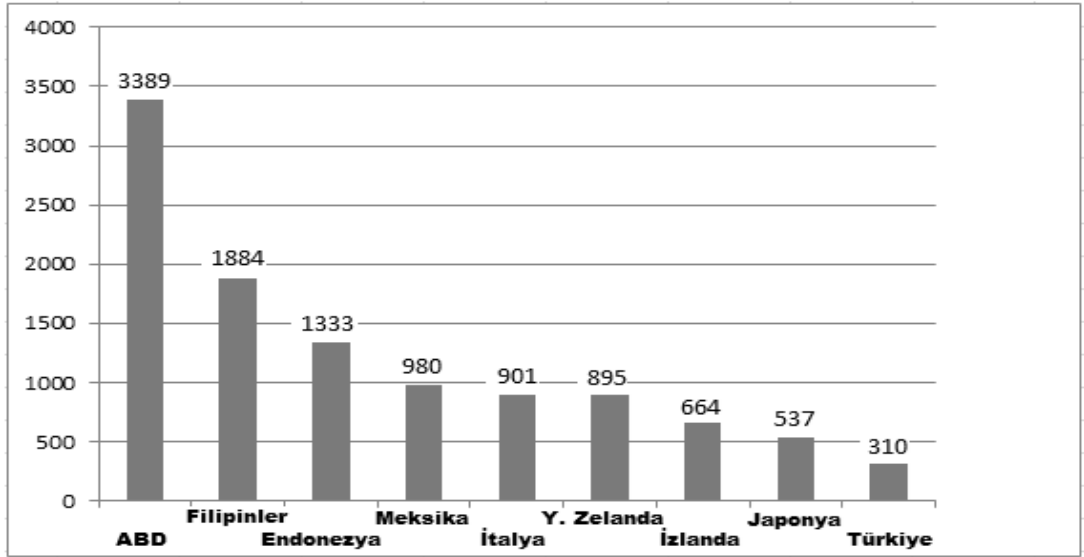
Dünya’ da en çok endüstriyel alanında olmak üzere birçok kesimde jeotermal yer almaktadır. Dünya ülkelerinde kullanılan enerjilerin yaklaşık %13’ ünü hidroelektrik, % 27’ sini kömür, % 39’ unu petrol ve %21’ ini doğalgaz ve yenilenebilir kaynak enerji kaynakları oluşturmaktadır (Pamir, 2006). Bu rakamlara bakıldığında, dünyada tüketilen enerjinin %87’ si fosil yakıtlardır. Enerji uzmanlarının tahminlerine göre petrol rezervlerinin yaklaşık 40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 62 yıl ömrü kalmıştır. Günümüzde olduğu gibi gelecek asırda da yenilenebilir kaynaklar fosil yakıtlardan daha revaçta olacağı muhakkaktır (Pamir, 2003). Normal sulara nispeten daha fazla mineral, tuz ve gazlar içeren yer altı suları sınıfında olan jeotermal sıvılardır. Yer altındaki sıcaklıklar nedeni ile kimyasallar eriyerek jeotermal suya karışmaktadır (URL 1, 2009). Kırık çatlaklardan yer bularak yerin derinliklerinden magma tabakasının da etkisi ile son halini alıp sıcaklığı artan jeotermal sıvılar geçirimli tabakalar dan fırsat bularak yukarıya çıkmaktadır (URL 2, 2009). Jeotermal kaynakların elektrikten ısıtmaya, yiyecek kurtarmadan kaplıcaya kadar değişen birçok alanda kullanılmaktadır. Öne çıkan kullanım alanlarında bazıları şunlardır: Sağlık için kaplıca, konutların ısıtılması, elektrik enerjisinin temini, tropikal bitkilerin yetişmesi için sıcaklık sağlama, caddelerin ısıtılması, sıcak suyu elde etme, hava alanındaki buz olmaması için pistlerin ısıtılması, çeşitli endüstriyel alanlarda kullanımları, yüzme havuzunda su ısıtılması, kuru sebze temininde, kerestecilik sanayisinde, konservecilik, kağıt fabrikaları, dokumacılıkta vb. endüstrilerde mayalamada, derilerin kurutulmasında, soğutma işlemi yapan tesislerde, soğutarak içme suyu eldesinde, betonların kurutulmasında, çamaşır yıkamada kullanımı (Dağdaş,2009). Endüstri sanayinde buhar elde edilmesinde ve bunların alçak basınçlı buhar oluşturulmasında

etkilidir ayrıca yüksek basınçlı buhar eldesi sayesinde fabrikalarda ve sanayilerde ihtiyaç olan kısımlarda maliyeti azaltma açısından sıcaklık derecesi yüksek jeotermal kaynaklar önemli bir rol oynamaktadır. (Akkuş,2009). Normal şartlarda ahşap malzemenin açık havada dayanımı 8-10 yıl arasında olmaktadır. Emprenye vasıtası ile odunun ömrü 5- 10 kat daha fazla artmakla birlikte dış hava koşullarında ahşap malzemenin ömrü 60-80 yılı aşmaktadır. Böylece ekonomik açıdan büyük kayıpların önüne geçilebilmektedir. (Aytaşkın, 2009). Emprenye maddelerinin insan sağlığına zararı minimize etmek için ve de yenilenebilen doğal emprenye madde aramaları tarihten günümüze devam etmektedir. (Bozkurt vd., 1993). Ek bir madde katmadan jeotermal sıvıları emprenye maddesi olarak kullanılması imkanı olabilir. Bilindiği üzere, ahşap malzemenin emprenyesinde, emprenye çözeltisindeki koruyucu maddeler ve miktarlar oldukça önemlidir. Çünkü çözeltinin kullanılabilirliği, içerisinde erimiş tuzlar ya da mineraller gibi toksik elementlerin çeşidine ve derişimlerine de bağlıdır. Emprenye işlemlerinde, toksik etkileri yönünden mineral madde oranları yüksek olan bazı çözeltiler tuzluluk oranı bakımından da uygun olabilir. Bu bakımdan, emprenye akışkanlarının ahşap elemanları, olası zararlara karşı koruyup korumayacaklarına dair bir yargıya varabilmek için kaliteleri üzerinde, yani kimyasal madde içerikleri ve miktarları üzerinde durulur. Emprenye maddelerindeki kimyasal içerikleri mevzu bahis kalite de önemli bir kriterdir. Bu sebeple jeotermal sıvıların da emprenye işlemlerinde koruyucu çözelti olarak kullanılıp kullanılmayacakları konusunda kesin bir yargıya varmak için emprenyedeki kimyasalları ve içerdiği miktarların göz ardı edilmemesi gerekmektedir (Var, 2009). Tarım alanları hariç özellikle endüstriyel alanda jeotermalin değeri artmaktadır. Hem ekonomiklik hem de yenilenilebilirlik, en önemlisi de doğal olması en büyük etkenlerdendir (Şamilgil, 1986). Jeotermal sıvıların emprenye maddesi olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar literatür kaynaklarında mevcuttur (Dağdaş, 2007; Var, 2009). Örneğin: (Dağdaş, 2007) tarafından, ekonomiye katkısı açısından jeotermal kuyu çıkış sıcaklıkları baz alındığında endüstriye katkısı yadsınamayacak kadar fazladır. Mesela yüksek sıcaklıkların kağıt vd. endüstri dalında kullanımını mümkün kılmaktadır. Düşük sıcaklıklar ise ısıtma ihtiyacı yanında termal tesisler açısından cazip bir kol oluşturmaktadır. (Dağdaş, 2007; Günerhan, 2015). En az 85 °C' deki jeotermal sıvının kereste işinde kullanılabilirliğinin mümkün olacağına değinilmiştir (Dağdaş, 2007). Kereste vd. endüstriyel işlerde kullanılan ve sıcaklık değeri düşen jeotermal sular fabrikanın ısıtılması, su ısıtma gibi işlemlerde kullanıldıktan sonra yer altına tekrar gönderilebilmektedir (Bilgin ve Var, 2007). Tomruklar kaplama levhası eldesinden önce pişirme işlemi yapılmaktadır. (Karademir, 2012); (Ünsal, 2004)' ın çalışmalarından yola çıkarak tomruk pişirme evresinde yüksek sıcaklıktaki jeotermal sıvıların kullanımı sayesinde kızgın buhar elde edilmesini sağlamaktadır. Böylece buhar elde etme aşamasındaki ekonomik açıdan karı artması yanında o işe ayrılan zaman içinde tasarruf sağlamayı mümkün kılmaktadır. Bu noktadan

incelendiğinde jeotermal kaynakların hem emprenye madde içerikleri açısından, hemde endüstrinin diğer kollarında masrafları düşürmesi noktasından büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca emprenye de kullanılan kimyasal maddeleri ve mineral tuzları içerdiği de raporlanmıştır (Var, 2009). Örnek verilecek olursa (Var, 2009)'da çözünmüş yüksek miktarda florür, sodyum, magnezyum, karbondioksit, kalsiyum, klorür, metan, bor, radon, sülfür, bikarbonat, nikel, silisyum dioksit, çinko, azot (nitrojen), hidrojen, cıva, hidrojen sülfat, amonyak, potasyum, demir, lityum, bakır, mangan, kurşun, arsenik vd. kimyasal madde, mineral tuz içeriği bakımından jeotermal sıvılar zengin denecek bir özellikte olduğu raporlanmıştır (Mahon vd., 2000; Lund vd., 1978; Akıllı ve Ersöz, 2002; Tarcan, 2003; Yeşin, 2003; Tarcan, 2005; Mutlu, 2004; Data ve Bahati, 2003).

### **2.2.1. Dünya’da Jeotermal Kaynaklar**

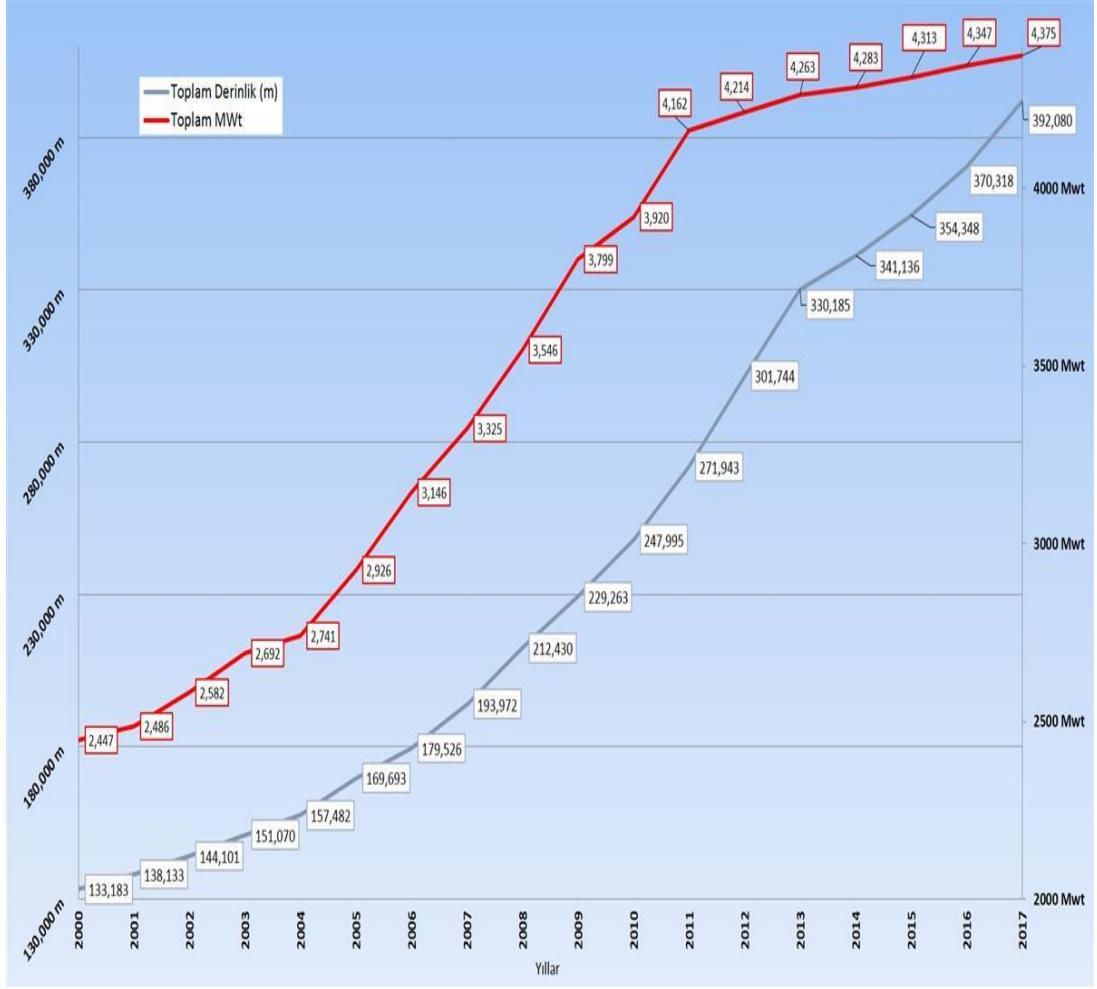
Jeotermallerin genel özellikleri itibariyle yeryüzü ve yeraltı konumları itibariyle değişmektedir. Dünyada jeotermal enerjiden elde edilen elektrik üretimi 8912 MW, elektrik dışı kullanım ise 27825 MW’dır. Elektrik enerjisi olarak yıllık üretim 72,6 milyar KWh, 27825 MWt ise 4,9 milyon konutu ısıtmaya eşdeğerdir. Jeotermalden elektrik üreten 5 dünya ülkesi: ABD, Endonezya, Filipinler, Meksika ve İtalya’dır. Jeotermal doğrudan kullanan 5 ülke: ABD, Çin, İzlanda, Japonya ve son olarak Türkiye’ dir. Jeotermal kaynak potansiyeli dünya çapında 1/8 i ülkemizde bulunmaktadır. Kuzey ve güney Amerika kıtasının batı kıyılarında (Amerika, Meksika, El Salvador, Nikaragua, Kostarika, Arjantin), Akdeniz ülkelerinde (Türkiye, Yunanistan, İtalya), doğu ve güneydoğu Asya ülkelerinde (Çin, Tayland, Filipinler, Endonezya), Yeni Zelanda, Japonya, Portekiz’in Azor adalarında, Afrika kıtasında (Kenya, Etopya) ve İzlanda daki jeotermal kaynaklar, levhaların çarpışması sonucu aktif kıta kenarlarında, okyanus ortası sırtlarda, yarıklarında ve volkanik adalar üzerinde bulunduğu ifade edilmiştir. Zayıflık zonlarına bağlı olarak oluşan tektonik ve aktif volkanik kuşaklar boyunca devam ettiği rapor edilmiştir (Arslan vd, 2001). Dünyada da jeotermal suları kullanım alanları benzerlik göstermektedir. Tıbbi tedavi, ısınma, sanayi, tarım açısından kullanım alanı mevcuttur. (Anonim, 2001).



Şekil 2.1. Sektördeki bazı önemli ülkelerin jeotermal kurulu güçleri (MW olarak)

### 2.2.2. Türkiye’de Jeotermal Kaynaklar

Türkiye jeopolitik yapısından dolayı deprem kuşağı bölgesinde yer almaktadır. Bu durum yer altında magma tabakasındaki minerallerce ve kimyasal maddece zengin sıvıların oluşmasına sebep olmaktadır. Derinlerdeki bu jeotermal sular toprak tabakasında doğal yarıklar bularak yeryüzüne çıkabildiği gibi aynı zamanda sondaj yapılarak çıkarılmaktadır. Ülkemiz jeotermal kaynak bakımından zengin bir konum teşkil etmektedir. Bu sıvıların çok yüksek dercede olanlar yaklaşık %10 luk bir sevidedir. Bu kısım jeotermaller elektirik üretimine uygun olup, geri kalan %90 lık kısmı doğrudan (termal tesis, ısıtma vd.) kullanımı sağlanmaktadır. Endüstriyel bazda minral eldesi, kurutma, kerstecilik, kağıt üretim fabrikaları gibi kollarda kullanımı mevcuttur. Doğrudan kullanım açısından Türkiye ilk beş ülkenin içine dahil olmuştur. Ülkemizdeki jeotermal potansiyeli oranları (Çizelge 2.3)’ te verilmiştir. Ayrıca özel sektörlerinde jeotermalle çalışma kolları çoğalması ve ülkemiz jeotermalden ısınma toplam miktarının 15 500 MWt’ ye ulaşması Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun yürürlüğe girmesi ile olmuştur.



Şekil 2.2. Türkiye’ de yıllar içerisinde jeotermal kaynak arama çalışmaları (MTA, 2017).

Çizelge 2.1. Türkiye’de elektirik üretimindeki enerji kaynaklarının payı

Yıl	GWh	%				
	Toplam	Kömür	Sıvı yakıt	Doğal gaz	Hidrolik	Yenilenebilir Enerji ve Atıklar
2004	150.698	22.8	5	41.3	30.6	0.3
2005	161.956	26.6	3.4	45.3	24.4	0.3
2006	176.300	26.4	2.4	45.8	25.1	0.3
2007	191.558	27.9	3.4	49.6	18.7	0.4
2008	198.418	29.1	3.8	49.7	16.8	0.6
2009	194.813	28.6	2.5	49.3	18.5	1.2
2010	211.208	26.1	1	46.5	24.5	1.9
2011	229.395	28.8	0.4	45.4	22.8	2.6
2012	239.497	28.4	0.7	43.6	24.2	3.1
2013	240.154	26.6	0.7	43.8	24.7	4.2
2014	251.963	30.2	0.9	47.9	16.1	4.9

Çizelge 2.1. incelendiğinde buradaki en büyük artış oranı yenilenebilir kaynakları olduğu sevindirici olmakla beraber, jeotermal enerjinin de bu grupta yer aldığı ifade edilmiştir. Sıvı yakıtlar ve hidrolikten elektrik elde etme ise yıllara göre azalış göstererek devam etmiştir. Ülkemizdeki jeotermal kaynakların kullanıldığı alanlar (2012- 2015) aşağıdaki Çizelge 2.2’ deki gibi rapor edilmiştir (Anonim, 2015-a).

Çizelge 2.2. Jeotermal kaynaklarının kullanıldığı alanların karşılaştırılması

Jeotermal Uygulamalar	2002	2015	Artım (%)
Elektriğin üretilmesi için uygun kaynak sayısı	16	25	56.25
Seracılıkta (dekar)	500	3931	686.20
Konut Isıtması	30000	114567	281.89
Elektrik Üretimi (MWe)	15	625	4066.67
Ülke Görünür ısı kapasitesi (MWt)	3000	14000	366.67

Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımını gösteren Çizelge 2.3 aşağıdaki gibidir.

Çizelge 2.3. Bölgeler itibariyle jeotermal kaynak durumu

Bölge	Başlıca Şehirler	Jeotermal Kaynak Durum Dağılımı (%)
Ege Bölgesi	İzmir, Denizli	66.7
İç Anadolu	Ankara, Konya, Eskişehir	15.2
Marmara	İstanbul, Kocaeli, Bursa	12.8
Doğu Anadolu	Malatya, Erzurum	2.5
Karadeniz	Samsun, Trabzon	1.9
Akdeniz	Adana, Antalya, Mersin	0.7
Güneydoğu Anadolu	Gaziantep, Diyarbakır, Şanlıurfa	0.2

İç Anadolu Bölgesi %15,2 Jeotermal Enerji Potansiyeli Dağılımı ile yedi bölge içerisinde ikinci sırada yer almıştır. Türkiye'deki jeotermal uygulamalar en çok konut ısıtması ve termal turizm alanında gerçekleştiği, elektrik üretimi için yeteri kadar yararlanılmadığı rapor edilmiştir (Demirtaş, 2015). Çizelge 2.4 incelendiğinde: çoktan aza doğru sıralandığında Ege Bölgesi> İç Anadolu bölgesi> Marmara Bölgesi> Doğu Anadolu Bölgesi> Karadeniz Bölgesi> Akdeniz Bölgesi> Güneydoğu Anadolu Bölgesi şeklindedir. Ülkemizde jeotermal sıvının doğrudan ve dolaylı olarak kullanımı sayesinde Türk ekonomisine katkısı milyar tl leri geçmiş ilaveten binlerce kişi için istihdam vesilesi olduğu belirtilmiştir. (Anonim, 2015-b).

Çizelge 2.4. (2014-2018) Onuncu plan döneminde gerekli olan yatırım tutarları (Anonim, 2015-b).

Jeotermal Uygulama	2018 yılı tahmini hedefleri	İlave Yatırım Farkı (USD) (2018'e kadar)
Elektrik Üretimi	750 Mwe (6 Milyar kWh)	2.0 Milyar USD
Isıtma (konut, otel, termal tesis vb)	4000 MWt (500.000 konut eşd.)	1.4 Milyar USD
Sera ısıtma	2040 MWt (6000 dönüm)	300 Milyon USD (kuyular dahil)
Kurutma vb.	500 MWt (500.000 ton/yıl)	180 Milyon USD
Termal Turizm	1100 MWt 400 kaplıca eşd.	1.2 Milyar USD
Soğutma	300 MWt (50.000 konut eşd.)	300 Milyon USD
Balıkçılık + diğer kullanımlar	400 MWt	150 Milyon USD
Toplam doğrudan kullanımı	8340 MWt	5 Milyar 530 Milyon USD
Jeotermal kullanımının doğalgazla karşılaştırılması		6.1 Milyar ABD\$/Yıl
Jeotermal kaynak ile elektrik üretiminde ve doğrudan kullanımı çalışmalarının 2018 hedefi gerçekleşirse elde edilecek miktar		32 Milyar USD/yıl
Meydana getireceği istihdam		300.000 kişi

Jeotermalin doğrudan ve dolaylı olarak kullanımı ülkemiz açısından getiri miktarı hedefleri (2014-2018) planlanan dönemde ki varsayımları Çizelge 2.4' de rapor edilmiştir (Anonim, 2015-b). Aşağıdaki Çizelge 2.5' te 2010 yılına ait Türkiye'de jeotermal kaynak kullanım dağılımı verilmiş ve direk ısı enerjisi kullanım potansiyeli vurgulanmıştır (Anonim, 2010-a).



Çizelge 2.5. Türkiye’de jeotermal kaynak kullanım dağılımı (2010)

Kullanım Türü	Miktarı (MWt)	Miktar (TJ/yr)
Bireysel Isıtma	219	2.417
Merkezi ısıtma	792	7.386
Sera Isıtması	483	9.183
Hav uz Isıtılması	552	17.408
Isı Pompası Kaynağı Olarak	38	536.5
Genel Toplam	2084	36885.9

Sıcaklığı yüksek olan jeotermaller elektrik üretimi için potansiyel oluşturmaktadır. Orta derece sıcaklık ise jeotermal doğrudan kullanmayı gerekli kılmış böylece sera ve konut ısıtma başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Ayrıca termal tesisler açısından ülke ekonomisine katkısı büyük olmaktadır.

### 2.2.3. Konya Bölgesi Jeotermal Kaynakları

Konya’ da 9 farklı jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların sıcaklıkları 30°C – 50°C aralığında değişme göstermektedir. Bu kaynaklardan başka jeotermal kaynak arama çalışmaları Konya bölgesinde devam edilmektedir (MTA, 2012). Konya bölgesindeki jeotemaller daha çok termal tesisler açısından değerlendirilmektedir. Böylece ülke ekonomisine Konya’ dan termal tesisler noktasından katkıda bulunmaktadır. Konya merkez il ve ilçeleri jeotermal kaynaklardan faydalanmak isteyen yerli ve yabancı turistler için imkanlar sunulmakta ve böylece yerli halka iş bakımından istihdam oluşturulmaya çalışılmaktadır. (MTA, 2012). Sıcak ve mineralli su kaynakları bakımından Konya, İç Anadolu Bölgesi’nde önemli bir potansiyele sahiptir. Konya yöresinde sıcaklıkları 20 °C ile 42 °C arasında değişen kuyular ve kaynaklar mevcuttur (Çizelge 2.6.)

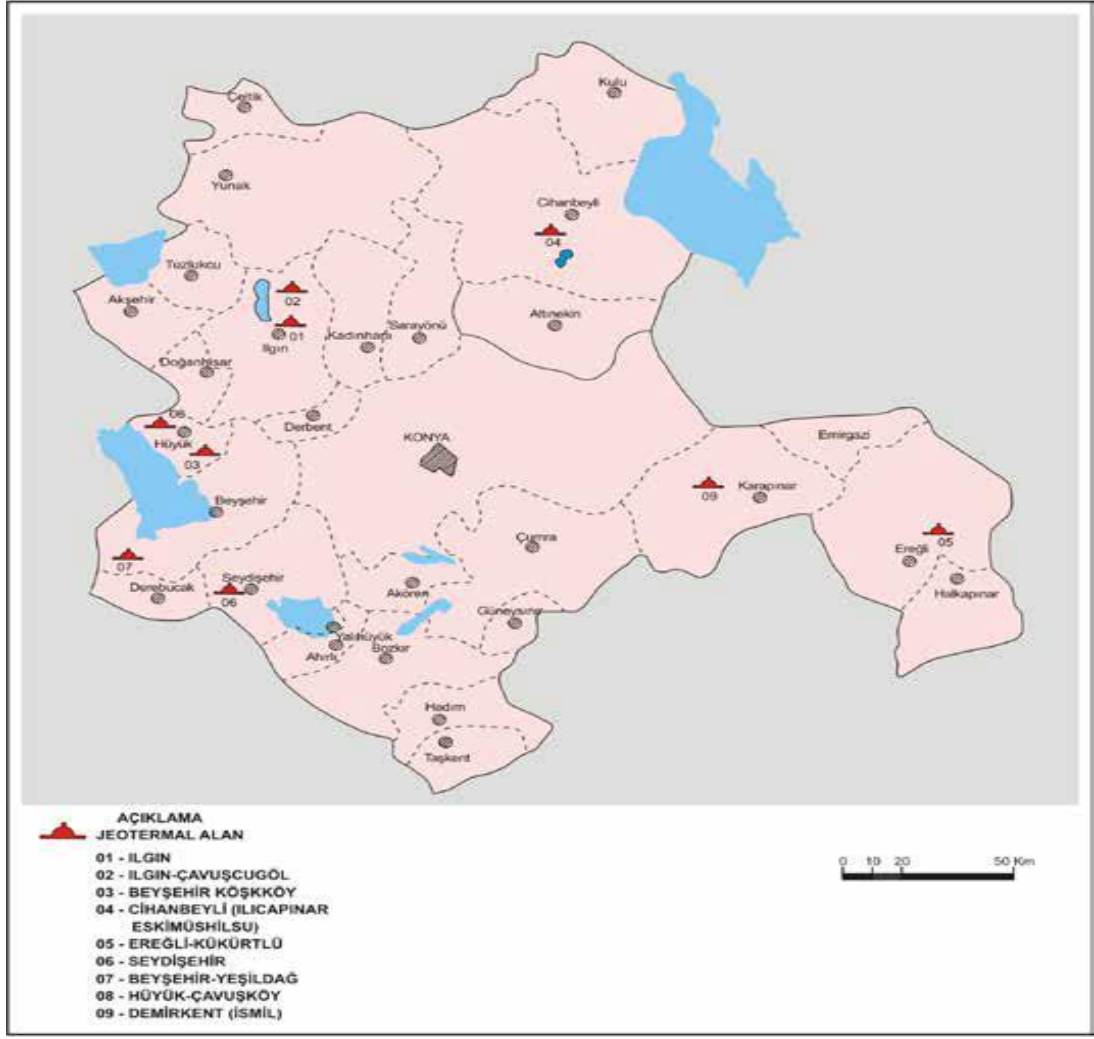
Çizelge 2.6. Konya jeotermal kaynaklar tablosu

Jeotermal alan adı	Sıcak su doğal çıkış adı	Doğal çıkış			Sondaj			Kullanım alanı	Kurulu tesis	Değ. Bel.
		Sıc. (°C)	Debi (lt/sn.)	Potn (MWt)	Sıc. (°C)	Debi (lt/sn.)	Potn (MWt)			
Ilgın	Ilgın	40	30		41,6-42	180	4,68	Kaplıcada, Kaplıca tesisi ve yakın yerleşim bölgesinin ısıtılmasında	Kaplıca	* **
Ilgın-Ç.Göl	Ç.Göl	25,5-29	10,5					Termal Turizm	Termal Oteller	* **
Beyşehir	Köşkköy	35	7,1		35	11		Kaplıcada	Kaplıca	* **
	Yeşildağ	35,1	0,25		34	15				**
Tuzlukçu					46	60	2,76	Termal Turizm		**
Demirkent	İsmil				42-42,7	100		Termal Turizm	Termal Oteller	**
Hüyük	Ç.Köy	25-26	4		27,5	12		Kaplıcada		**
Cihanbeyli		29-33	1,7		49	38	2,23	Termal Turizm		**
Ereğli	Kükürtlü	28	0,45							**
Seydişehir		27,1-32,1	1,8		38,3-43,2	130	2,41	Termal Turizm		**

\* MTA, 1996. Türkiye Jeotermal Envanteri

\*\* MTA, 2005. Türkiye Jeotermal Envanteri

Çizelgede de görüldüğü üzere jeotermal su sıcaklığı ortalama 40 °C ya yakın olmaktadır. Bütün jeotermal kaynakları termal turizm için kullanılmaktadır (MTA, 2012).



Şekil 2.3. Konya jeotermal kaynakların haritası

Kaynaklar Türkiye' nin doğusunda Karapınar ve Ereğli, kuzeyinde Cihanbeyli, batısında Beyşehir, Seydişehir ve Ilgın ilçelerinde yer almakta ve daha çok ilin batısında yoğunlaşmış durumdadır. Konya yöresindeki jeotermal kaynaklardan sadece Ilgın, Hüyük-Köşk ve İsmil kaynakları üzerinde tesis bulunmakta ve kaplıca olarak işletilmektedir. Kaynakların bazıları ise geçmişte kaplıca olarak yararlanılırken bugün terk edilmiş haldedir. Bazı jeotermal kaynaklar ise hiçbir tesise ve yatırıma sahip olmayıp atıl durumdadır. Konya'daki jeotermal kaynaklar ve özellikleri MTA tarafından aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Konya’da bulunan jeotermal kuyular

İLÇE	MEVKİİ	KULLANIMI
Beyşehir	Malanda İçmecesesi	İçme Suyu
Beyşehir	Yeşildağ	
Beyşehir	Sevindik Köyü	Termal Tesis
Beyşehir	Kaşaklı Kaplıcası	Termal Tesis
Beyşehir	Kükürt Pınarı	Termal Tesis
Cihanbeyli	Merkez	Termal Tesis
Cihanbeyli	Ekşimüşilsu	İçme Suyu
Cihanbeyli	Alaman Kuyusu	Maden Suyu
Cihanbeyli	Ilıcapınar	Termal Tesis
Doğanhisar	Karaağa	Maden Suyu
Doğanhisar	Karaağa İçmesi	İçme Suyu
Ereğli	Kükürtlüsu Kaplıcası	Termal Tesis
Hüyük	Köşk	Termal Tesis
Hüyük	Çavuş	Termal Tesis
Hüyük	Görünmez	Maden Suyu
Ilgın	Çavuşgöl	Termal Tesis
Ilgın	Ilgın Kaplıcaları	Termal Tesis
Karapınar	Üzecek Dağı Yarımca Yaylası	
Karatay	İsmil	Termal Tesis
Seydişehir	Kavakköy	Termal Tesis
Tuzlukçu	Pazaryeri	Termal Tesis

İnceleme alanındaki sıcak ve mineralli suların hazne kaya sıcaklıkları çeşitli jeotermometrelere göre hesaplandığında 140-499 °C arasında olup, ortalama sıcaklık 250 °C dir. Suların geldiği derinlik ise 500-1000 m. arasındadır. Tüm sıcak ve mineralli sular, çevredeki volkanizma ve jeotermal gradyan nedeniyle ısınmaktadır (Göçmez, 2005). Konya’da geçmişi Anadolu Selçuklularına kadar dayanan kaplıca tesislerinin yanı sıra çok yakın dönemde inşa edilmiş kaplıca tesisleri mevcuttur. Termal turizm kapsamında işletilmekte olan bu kaplıcaların bir kısmı kamu kurumları tarafından bir kısmı da özel teşebbüs tarafından inşa edilmekte ve işletilmektedir. Konya da işletilen kaplıcalar Ilgın Kaplıcaları, Köşk Kaplıcaları ve İsmil Kaplıcalarıdır (Uygun, 2008).

### 2.3. Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları

Yer altı kaynaklarımızdan olan jeotermal sular sıcaklık derecelerine göre farklı alanlarda kullanımı mevcuttur. Orta ve düşük sıcaklıkların dorudan kullanımı (konut, sera ısıtılmasında) bulunmaktadır. Yüksek sıcaklıkların ise endüstriyel faaliyetlerde (kağıt, kereste fabrikaları) işlem görmektedir. (Kaymakçioğlu vd, 2005)'e göre Dünyadaki jeotermal su sıcaklıklarına göre kullanım alanları Çizelge 2.8' da ifade edilmiştir (Anonim 2010-a).

Çizelge 2.8. Dünyadaki jeotermal su sıcaklıklarına göre kullanım alanları

Sıcaklık (°C)	Kullanılan Alanları
180	Buhar eldesi
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Yiyeceklerin ve endüstride kerstenin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Konserve yapımında
130	Tuz ve şeker elde etmede
120	İçilebilir su teminde
110	Çimentoların kurutulma işleminde
100	Bitkisel ürünlerin kurutulması
90	Deniz ürünlerinin kurutulması
80	Sera ve konutların ısıtılması
70	Soğutmada
60	Hayvan barınak ısıtması
50	Termal turizm
40	Sağlık tesisi ve toprağın ısıtılması
30	Damıtma işlemi, yüzme havuzu ısıtma
20	Balıkçılık tesislerinde

## 2.4. Jeotermal Kaynakların Orman Endüstrisinde Kullanımı

### Jeotermal Enerjinin Kâğıt Sektöründe Kullanımı

Jeotermal kaynaklardan farklı ısı değerlerinde orman endüstrisinde istifade edilebilir. Örneğin, 120°C- 150°C' lik bir jeotermal kaynak sıvısı kereste kurutma alanında, 70°C- 80°C lik bir jeotermal kaynak kaplama üretiminde tomrukların yumuşatılmasında ve kâğıt hamuru eldesinde, 23°C' deki bir jeotermal akışkanı odun korumada kullanılabilir. Kâğıt fabrikalarında ağaçların kabukları kâğıt hamurunun üretiminde kullanılmaktadır. Buradaki amaç beyazlatılmış kâğıt hamuru üretiminde kullanılan buhar elde edilmesini sağlamaktır. Kâğıt fabrikasının ağartılmış kâğıt üretiminde kullanmak için gerekli olan buharı jeotermal kaynaklar vasıtası ile gerçekleştirebilir. Yeni Zelanda'daki bir kâğıt ve kereste fabrikası 1952 yılından beri dört jeotermal kuyudan iki farklı basınçta buhar üreterek endüstrisinde kullanacağı enerjisini karşılamaktadır. Jeotermal suların ortaya çıkan buharı direk tesiste kullanılmamaktadır. Tesis kâğıt üretmek için kullandığı enerjinin % 30'unu 121°C' deki jeotermal akışkanlardan sağladığı hatta 200 °C' deki jeotermal akışkan varlığı olsaydı tesisin tüm enerji ihtiyacının karşılanabileceği rapor edilmiştir (Dağdaş, 2007). Kâğıt fabrikalarında kâğıt üretimi esnasında kullanılan siyah çözelti sıvısını gerekli basınç değerine ulaştırmak hem de siyah çözelti suyunu ısıtmakta kullanılabilir. Jeotermal suyun kâğıt fabrikalarındaki en önemli fonksiyonu hava ve suyun ısıtılmasında kullanılabilirliği. Böylece soğuk suyu istenilen sıcaklığa ulaştırmaya gereken maliyet azalmış olmaktadır. Orta derecede bulunan jeotermal sıvıyı daha az maliyetle ısıtılarak fabrika için maliyet açısından kar sağlayabilir. Lienau (2003)'a göre kâğıt hamuru işleminde buhar gereksinimlerinin karşılaştırılması ile ilgili veriler aşağıdaki Çizelge 2.9' da verilmiştir (Günerhan, 2015).

Çizelge 2.9. Kâğıt fabrikasında buhar ihtiyacının değerlendirilmesi

İşlem	Geleneksel Sistem (buhar, kPa)	Jeotermal Sistem (buhar, kPa)
Yıkama Suyunu Isıtma	172	172 ve sıcak su
Buharlaştırıcılar	172	172
Düşük Basınçlı Buhar	172	172
Siyah Su Isıtma	896	517
Çürütme Tankı	896	896
Kurutucu	896	172 ve sıcak su
Yüksek Basınçlı Buhar	896	517

### **Jeotermal Enerjinin Kereste Sektöründe Kullanımı**

Jeotermal sular borulardan geçirilerek havanın ısıtılıp keresteye uygulanması ile yapılmaktadır. Genelde 84 °C' nin altındaki jeotermal sular kereste kurutmada etkin olamadığı rapor edilmiştir (Dağdaş, 2007). Kerestenin kurutulmasıyla hem ahşabın öz suyu ayarlanmış olur hem de kerestenin eğilmesi önlenir. Öz suyunun alınması 55-60 °C' lerde gerçekleştiği ve ahşap türüne göre kereste kurutma sıcaklığının değiştiği rapor edilmiştir. Jeotermal kereste kurutması sona erdiğinde, kullanım sonrası geriye kalan jeotermal akışkanın sıcaklığı 71.1 – 82.2 °C arasında değiştiği, bu akışkan tekrar yeraltına gönderilmeden önce kereste fabrikasında düşük sıcaklık gerektiren (örneğin, yönetim binasının ısıtılması gibi) değişik kullanım amaçlarında da değerlendirilebileceği konusunda görüş bildiren çalışmalar da mevcuttur (Var ve Bilgin, 2007).

### **Jeotermal Enerjinin Ahşap Kaplama Sektöründe Kullanımı**

Ahşap kaplama üretiminin temel esasları: Tomruğun temini ve buharlama işlemi, kaplama için işlemin yapılması, elde edilen kaplamaların kurutulup ölçüleri alınıp paketleme yapılmasıdır. (Küçükyavuz, 1995). Demirtaş (2015)'a göre ahşap kaplama işlemleri için gerekli enerjinin jeotermal akışkanlardan sağlanması mümkündür. Çünkü jeotermal sıvıların buhar sıcaklığı kaplama endüstrisi için yeterli görüldüğü ifade edilmektedir (Karademir, 2012). Ünsal (2004)'a göre ahşap kaplama üretiminde tomruğun 5-16 saat kazanda pişirilmesi gerekir. Bu pişirme işlemini sağlayan suyun sıcaklığı, jeotermal kaynaklardan

çıkan suyun sıcaklığı ile ikame edilebileceği ifade edilmiş ve tomruğun buharla pişirilmesi için 48-72 saatin yeterli olabileceği vurgulanmıştır (Demirtaş, 2015). Pişirme için gerekli enerji bu sayede jeotermal kaynaklardan sağlanıp enerji tasarrufu yapılabilir. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli açısından bakıldığında orman endüstrisi için gerekli olan enerjiyi temin maliyeti düşürmesi açısından büyük bir avantaj olduğu görülebilecektir. Kereste kurutmadan kaplama üretimine, kâğıt sanayinden odun korumaya kadar birçok alanda değerlendirilebilecek bir enerji ve ham madde kaynağı olabilir (Var, 2009).

## **2.5. Ahşabın Emprenyesi (Kimyasal Koruma)**

### **2.5.1. Emprenye Maddeleri**

Oduna zarar veren faktörlerden korunması, çürümesinin engellenmesi, uzun süre kullanılmasını sağlanması amacı ile ahşap ve ahşap ürünlerinin emprenyelenmesi gerekmektedir. Emprenyeleme işlemi daha çok kimyasal kullanılarak yapılmaktadır. Emprenyeleme işleminde kıt kaynaklardan olan ağacın ve ağaçtan üretilen malzemelerin korunması hedef alınmıştır. Ömrü emprenyeleme işlemi yapılmazsa çok az olan ahşap malzeme emprenyeden sonra 5 ila 10 kat daha uzun ömürlü olduğu yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır (Aytaşkın, 2009). Emprenye maddeleri kimyasal olması sebebiyle çok çeşitli kademe ve sınıflarda bulunabilmektedir. Bu yöntem ve en çok kullanılan kimyasallar: suda çözünen emprenye maddeleri (CCA), yağlı emprenye maddeleri (kreozot) ve organik solventlerde çözünen emprenye maddeleri (PCP) olarak sınıflandırıl rapor edilmiştir (Aşçı, 2016). Çizelge 2.10'de emprenye maddeleri tablo halinde sınıflarına ve kimyasal içeriklerine göre sunulmuştur.



Çizelge 2.10. Ahşap Emprenye maddelerinin sınıflandırılması

Emprenye Maddeleri	Kimyasallar
Yağlı	Kreozot
	Karbolineum
	Maden kömürü katranı
	Odun katranı ve katran yağı
	Petrol ürünleri
Organik Solventlerde Çözünen	Tribütil-tin oksit
	Naftenatlar
	Bakır 8 –kinolinolat
	Organik civa birleşikleri
	Klorlu hidrokarbonatlar
	Pentaklorfenol (PCP)
	Sentetik piretroid'ler
Suda Çözünen	CCA (Bakır/krom/Arsenik) tipi emprenye
	ACC (Asit Bakır Kromat) tipi emprenye
	ACA ( Amonyak Bakır Arsenik ) tipi emprenye
	ACZA (Amonyaklı Bakır Çinko Arsenik) tipi emprenye
	CCB (Bakır Krom Krom Bor) tipi emprenye
	CZC (Kromlu Çinko Klorür) tipi emprenye
	FCAP (FluorKrom Arsenik Fenol) tipi emprenye
	Bor bileşikleri
	PAS (Pentaklor fenol Amonyak Solven) tipi emprenye

## **2.5.2. Emprenye Metotları**

### **2.5.2.1. Basınç Uygulamayan Emprenye Metotları**

Kullanım açısından uygulaması en kolay olan bir yöntemdir. Bu metotta uygulama fırça ile sürmek, sulamak, daldırmak, batırmak, püskürtmek ve açık kazanda sıcak - soğuk emprenye yapmak olarak belirtilmiştir. Metodda esas olan emprenye yaparken basınç uygulanmamasıdır. Bu yöntemde kimyasalın ahşaba absorpsiyonu ve nüfuz derinliği az olduğu rapor edilmiştir (Bozkurt vd, 1993; Aytaşkın, 2009).

#### **2.5.2.1.1. Fırça ile Sürme ve Püskürtme Metotları**

Sık olarak kullanılan yapılması kolay ve basit olan bir yöntemdir. Emprenye maddesinin odundaki kapilarite özelliği ile ahşap malzemeye nüfuz etmesini sağlamaktır. (Genç, 2013).

#### **2.5.2.1.2. Daldırma Metodu**

Bir önceki metotla kıyaslandığı zaman daha etkili olduğu söylenebilmektedir. Buradaki esas emprenye maddesi içerisine ahşap malzemenin durumuna göre yaklaşık bir saate kadar daldırılıp bekletilmesidir. Daldırma yönetiminde emprenye sıvısı ahşap malzemeye boyuna yönde nüfuz etme özelliğini taşıyor. (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### **2.5.2.1.3. Batırma Metodu**

Kullanım için ağır şartlar içeren bir metottur. Emprenye maddesinin odun tarafından emilebilmesi gereklidir. Emprenye maddesi adsorpsiyonun sağlanması amacıyla ahşap malzeme yaklaşık 3 gün gibi bir süre emprenye maddesi içerisinde bekletilmesi gerekmektedir. Bu sebepten dolayı emprenye süresi uzamaktadır. Böylece bu metodun kullanımı tercih edilmemektedir. Kurutulmuş ağaç malzeme suda çözünen tuzlarla emprenye edilecekse, kurutulmuş malzeme hem suyu, hem de tuzu absorbe ettiğinden, emprenye çözeltisinin yüksek konsantrasyon da hazırlanması gerekmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### **2.5.2.1.4. Sıcak ve Soğuk Metot**

Basınç uygulanan emprenye yöntemleri içerisinde sayılmasa da basınç farklılıklarından yararlanılarak emprenye işleminin yapılmasıdır. Bu yöntemde esas soğuk ve sıcak etkilerin yardımı ile emprenye sıvısının ahşap malzemeye daha iyi tutunmasını sağlamaktır. Bu sebeple

sıcak olan emprenye maddesine ahşap malzeme batırılmakta böylece ahşap malzemedeki hücrelerin sıcaklık vasıtası ile genişlemesi sağlanmış olmaktadır. Daha sonra soğuk emprenye maddesi ile muamele ederek vakum etkisi uyandırılıp hava boşluğu olarak kalan kısımlarda böylece emprenyeleme işlemi yapılmış olmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

#### **2.5.2.1.5. Besi Suyunu Çıkarma Metodu**

Bu yöntemde en önemli ayrıntı odunun kabuğunun soyulmadan emprenye edilmesi esasına dayanmasıdır. Buradaki amaç emprenye maddesinin daha yeni kesilmiş ve kabuğu soyulmamış emvaldeki besi suyunun emprenyeleme işleminden sonra emprenye maddesi ile besi suyunun yer değişmesini sağlamaktır (Bozkurt vd, 1993; Aytaşkın, 2009).

#### **2.5.2.1.6. Difüzyon Metodu**

Difüzyon, moleküller ve çeşitli maddeler birbiri ile temas halinde iken kendi arasında karışıp yayılabilmeleridir. Rutubeti yüksek olan odunlar kullanılmaktadır. Kolay çözünen yoğunlaştırılmış emprenye maddelerinin ahşap malzemeye uygulanması şeklinde meydana gelmektedir. Konsantrasyonu artırılmış emprenye maddesi ile yapılır. Böylece ahşap malzemeye sürülen emprenye maddesinin derinlere çok yavaş ve iyice işlenmesini sağlayarak kaliteli bir emprenyeleme işlemi yapmaktır (Bozkurt ve Göker,1993; Aytaşkın, 2009).

#### **2.5.2.1.7. Yerinde Bakım Metodu**

Bu metotta halihazırda kullanılan ve emprenye işlemi için taşınması mümkün olmayan ahşap materyaller emprenye edilmektedir. Örneğin tel direkleri, köprü ayakları, yapılarda kullanılan kirişler bunlardan bazılarıdır. Endüstride kullanılan en etkili emprenye uygulama metodudur. Çürüme ve deformaya yüz tutmuş bu büyük malzeme daha çok bazı kısımlar baz alınarak emprenye yapılır. Ahşap malzemenin içerisine veya etrafına emprenye tuzları tatbik edilerek emprenye işlemi gerçekleşir. Kobra metodu, bandaj metodu, oyma delik metodu gibi uygulamalar vardır (Bozkurt ve Göker,1993; Aytaşkın, 2009). Emprenye maddesinin iyi nüfuz etmesi için ahşap malzemenin rutubeti önem taşımaktadır.

#### **2.5.2.2. Basınç Uygulanan Metotlar**

Endüstride kullanılan en etkin emprenye metodudur. Vakum ve basınç kullanılarak yapılmaktadır. Basınç ve vakum etkisinde çelik kazan içerisine yerleştirilen ahşap malzemeye emprenye maddesi maruz bırakılarak bu yöntem uygulanmaktadır. Basınç

uygulayan yöntemlerden, dolu hücre ve boş hücre yöntemleri endüstride en çok kullanılan ahşap koruma yöntemleridir (Bozkurt vd., 1993; Aytaşkın, 2009). Bu metot sayesinde ahşap malzeme içerisine emprenye sıvısının daha derinlere ve en homojen şekilde ulaşmasını sağlamaktadır. Bu yüzden basınç uygulanarak emprenye edilmesi önemlidir.

#### **2.5.2.2.1. Dolu Hücre Yöntemi**

Ağaç malzemenin hücrelerinin emprenye maddesi ile tamamen doldurulması esasına dayanmaktadır. Emprenye maddesinin odunun hücrelerinde yer alabilmesi için odun içerisindeki hava boşaltılması gerekmektedir. Genellikle suda çözünmesi mümkün tuzlar kullanılmaktadır. Sıvı emprenye maddelerinin ahşap malzemeye hiç boşluk kalmayacak şekilde emprenye maddelerinin nüfuz etmesini sağlama amacı güdülen rapor edilmiştir (Aytaşkın, 2009).

#### **2.5.2.2.2. Boş Hücre Yöntemi**

Odun hücrelerinin yeteri kadar emprenye maddesi ile doldurulduktan sonra boşaltılması esasına dayanmaktadır. İhtiyaç duyulmayan emprenye maddesinin ahşap malzemedan vakumlama yöntemi ile alınması esasına dayanır. Böylece ahşap malzemedde yeterince boş hücre temini sağlanmış olmaktadır. Devamında emprenye maddelerinin ahşap malzemeye tam olarka nüfuzunu temin edeceği bilinmektedir (Bozkurt ve Göker,1993; Aytaşkın, 2009). Dolu hücre emprenye metoduna göre daha hesaplı olmasından dolayı tercih edilmektedir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Malzemeler

Deneylerde iki temel malzeme olarak Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) gövde odunu ve jeotermal kuyu suları kullanılmıştır. Kızılcım gövde odunundan deneysel numuneler, jeotermal kuyu sularından da empenye işlemi sıvıları hazırlanmıştır.

##### 3.1.1. Deney Numunelerin Hazırlanışı

Deneysel tomruklar Isparta orman ürünleri piyasasında bir firmadan temin edilmiştir. Tomruklar, ilgili firmada arabalı şerit testere makinesinde 8x10x300 cm ebatlarında biçilerek latalar haline getirilmiştir. Latalar çoklu daire testere makinesinde biçilerek daha küçük enine kesitli çıtalar haline getirilmiştir (TS 4176, 1984). Kalınlık makinesinden geçirilen deneysel çıtalar, her test için, gönyeli ebatlama daire testere makinesinde küçük boyutlu deneysel örnekler halinde kesilmiştir (Çizelge 2.11). Böylece odun örneklerinin hazırlanmasında esas teşkil eden her deney örneği seçiminde yıllık halka şekillerine özen gösterilmiştir. Elde edilen örnekler ölçülerek standartların verdiği değerler arasında kaldığından emin olunmuştur.

Çizelge 2.11. Odun örneklerine ait boyutlar

Testler ve örnek boyutları			
Sayısı	Adı	Kısaltma	Boyutlar (cm) (genişlik x kalınlık x uzunluk)
1	Absorpsiyon, Retensiyon	A-R	3 x 3 x 1.5
2	Yoğunluk, Rutubet	Y-R	2 x 2 x 3
3	Su Alma	S. A	3 x 3 x 1.5
4	Çekme-Daralma	Ç-D	2 x 2 x 3
5	Genişleme-Şişme	G-Ş	2 x 2 x 3
6	Eğilme Direnci, Eğilmede Elastikiyet Modülü	E-E	2 x 2 x 30
7	Liflere Paralel Basınç direnci	LPBD	2 x 2 x 10

(Çizelge 2.11) deki standartlarda belirtilen ölçülerde test ve kontrol örnekleri hazırlanmıştır. Her deney için farklı ölçülerde numuneler hazırlanmıştır. Örnekler: 2x2x3 cm, 2x2x10 cm, 2x2x30 cm ve 3x3x1.5 cm (TS 4176, 1984) standartları baz alınan ebatlara kesilerek hazır hale getirilmiştir. Her bir deneye 10 tane kontrol örnekleri oluşturulmuştur (Çizelge2.12). Absorpsiyon, retensiyon ve su alma testi için 1,5x3x3 cm' lik ölçülerde yoğunluk, rutubet, çekme ve genişleme testine 3x2x2 cm' lik boyutlarda numuneler hazır edilmiştir. Ayrıca eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü için 2x2x30 cm ve liflere paralel basınç direnci için 2x2x10 cm örnekler hazır edilmiştir (Çizelge 2.11). Her örnek titizlikle, teker teker incelenmiş ve fiziksel özellikleri uygun olmayan defolu örnekler (budaklı, yanık, çarpık vb.) ayrılmıştır.

Çizelge 2.12. Deney örneklerine ait numune sayıları

Je. Kayn.	Jeo. Su Sic.	DENEYLER												Toplam	
		Absorpsyn	Retensyn	Yoğunluk	Rutubt mik.	Su Alma	R.Y.Çekme	T.Y.Çekme	R.Y.Genişl	T.Y.Geniş.	Eğil. Dir.	Eğ.El.Modl	L.P.Bas.		
TEST ÖRN.	Sj-1	23±2 *	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
		48±2 **	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
	Sj-3	23±2 *	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
		48±2 **	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
	Sj-5	23±2 *	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
		48±2 **	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
KON. ÖRN.		-	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
							NUMUNELERİN TOPLAMI							820	

\* : Normal Oda Sıcaklıklı

\*\* : Kuyu Çıkış Sıcaklıklı

Hava kuru halde hazırlanan test ve kontrol örnekleri, radyal (R), teğet (T), boyuna (B) olarak hassas kalınlık ölçer cihaz ile ebatları tayin edilmiş, ayrıca ağırlıkları hassas terazide ölçülerek kaydedilmiştir (TS 2471,1976). Bu işlemler yapıldıktan sonra kurutma dolabına (etüv) konulmuş ve 24 saat 103±2 °C sıcaklığa maruz bırakılarak tam kuru hale getirilmiştir. Tam kuru hale getirilen örnekler soğutma kabına(desikatör)23±2°C e kadar soğutma işlemi yapılmıştır (TS 2471, 1976). Bu işlemlerin ardından test ve kontrol örnekleri şeffaf ağzı kilitlenebilen naylon torbalara bırakılarak dışarıdan nem alınması engellenmiştir.

### 3.1.2. Jeotermal Suların Hazırlanışı

Tezde kullanılan jeotermal suları, Konya – Ilgın jeotermal alanında aktif halde kullanılan üç farklı kaynaktan, isimleri sondaj kelimesinin ilk ve son harfinden oluşan (SJ-1, SJ-3, SJ-5) kuyularından alınmıştır. 19 L hacimli taşınabilir kaplara sıcak halde doldurulup laboratuara taşınan jeotermal sulardan her kaynak için  $\pm 2$  °C hassasiyetle, normal oda sıcaklıklı ve kaynak çıkış sıcaklıklı olmak üzere iki farklı sıcaklıkta altı adet jeotermal empenye sıvısı hazırlanmıştır. Deneysel jeotermal sulara kimyasal içerik ve sıcaklıkların mevcut olduğu tablo (Çizelge 3.1)' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Konya- Ilgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal suları analiz raporu

Analizler	Jeotermal Kaynak Türü			Referanslar
	SJ-1	SJ-3	SJ-5	
Derinlik (m)	22	20	26	Ilgın Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü,2017
Debi (L/sn)	32,9	33,3	55	
Sıcaklık °C	40.3	38.4	40.9	Kayan ve Aydınbelge, 2016; Kayan vd.,2016a; Kayan vd., 2016b
pH	6,90	6,92	6,88	
Sülfür (mg / L)	0,01	0,01	0,01	
Na (Sodyum) (mg / L)	53,07	62,41	53,49	
K(Potasyum) (mg / L)	10,77	11,14	10,78	
Ca(Kalsiyum) (mg / L)	117,70	120,25	119,54	
Mg (Magnezyum) (mg / L)	32,99	36,42	33,40	
Cl (Klorür) (mg / L)	18,33	24,38	18,35	
SO <sub>4</sub> (Sülfat) (mg / L)	99,84	106,50	101,42	
Arsenik (mg / L)	0,007	0,006	0,005	
HCO <sub>3</sub> (Bikarbonat) (mg / L)	561	592	567	
Fe (Demir) (mg / L)		0,044	0,05	
Nikel (mg / L)		0,041	0,001	
Borik Asit (mg / L)	3,388	3,082	3,443	
NH <sub>4</sub> (Amonyum) (mg / L)	0,012	0,012	0,012	
NO <sub>3</sub> (Nitrat) (mg / L)	0,59	3,19	0,55	
Baryum (mg / L)	0,083	0,061	0,083	
TOPLAM	897,79	959,546	908,134	

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Emprenye İşlemi

Deneyler için (TS 343, 2012)' ye göre açık kazanda sıcak-soğuk batırma (termik metot) yöntemi kullanılmıştır. 3 farklı kaynak (SJ-1, SJ-3, Sj-5), iki farklı sıcaklık (kuyu çıkış sıcaklığı ve oda sıcaklığı) periyodunda emprenye işlemi, (TS EN 47 2011)' e göre laboratuarda oda sıcaklığı şartlarında gerçekleştirilmiştir. Tam kuru hale getirilen deney örnekleri kuyu sıcaklığındaki jeotermal suda 6, oda sıcaklığındaki jeotermal suda 2 saat bekletildikten sonra numuneler yaş, hava kurusu ve tam kuru ağırlıklarında her birinin hassas cihazlarla ölçümü ve tartımı yapıp elde edilen sonuçlar tabloda yerlerine yazılmıştır.

### 3.2.2 Absorbsiyon Tayini

Her bir numunedeki jeotermal su miktarını ifade eden absorpsiyon tayini TS EN 47 (2011) standardına uygun olarak belirlenmiştir. Absorbe edilen jeotermal su miktarı  $g/cm^3$  olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Ab = [(Aehsy)-(Aeö_0)]/(Veö_{12}) \quad (3.1)$$

Bu eşitlikte

- Ab : Jeotermal su absorpsiyonu ( $g/cm^3$ )  
Aehsy : Emprenye hemen sonrası yaş ağırlık (g),  
Aeö<sub>0</sub> : Emprenye öncesi tam kuru ağırlık (g),  
Veö<sub>12</sub> : Emprenye öncesi hava kurusu hacim ( $cm^3$ ).

### 3.2.3. Retensiyon Tayini

Jeotermal kimyasal retensiyonu (jeotermal kimyasal tutunma miktarı) tayinini ölçmek için TS EN 47 (2011)'ye uygun olarak işlemler takip edilmiştir. Absorpsiyonda kullanılan numuneler retensiyon tayininde faydalanılmıştır. Örnekler için tek tek retensiyon miktarı % olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Ret = ((Aeso - Aeö_0) / Aeso) \times 100 \quad (3.2)$$

- Ret : Retensiyon miktarı (%),  
Aeso : Emprenye sonrası tam kuru ağırlık (g)  
Aeö<sub>0</sub> : Emprenye öncesi tam kuru ağırlık (g)



### 3.2.4. Yoğunluk Tayini

Yoğunluk tayini için TS 2472 (1976) standardına uyulmuştur. Her örnek için aşağıdaki formülle yoğunluk tayini yapılmıştır.

$$D_{12}=A_{12}/V_{12} \quad D_0 = A_0/ V_0 \quad (3.3)$$

Bu eşitliklerde

$D_{12}$  ve  $D_0$  : hava ve tam kuruluktaki yoğunluk ( $g/cm^3$ ),

$A_{12}$  ve  $A_0$  : hava ve tam kuruluktaki ağırlık (g),

$V_{12}$  ve  $V_0$  : hava ve tam kuruluktaki hacim ( $cm^3$ )' dir.

### 3.2.5. Rutubet Miktarı Tayini

Rutubet miktarı tayini için TS 2471 (1976) standardına uyulan bu testte, yoğunluk örneklerinden faydalanılmıştır. Her örnek için rutubet miktarı yüzde olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$R = ((M_r - M_0)/M_0) \times 100 \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte

R : Rutubet miktarı (%),

$M_r$  : Kurutmadan öncesi ağırlık (g),

$M_0$  : Tam kuru ağırlık (g).

### 3.2.6. Su Alma Oranı Tayini

Su alma oranı tayini ASTM D570 (2010)'ye göre tayin edilmiştir. Her bir örnek için su alma oranları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$SAO = [(A_y - A_0)/A_0] \times 100 \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte

SAO : Su alma oranı (%),

$A_y$  : Deney sonrası yaş ağırlık (g),

$A_0$  : Deney öncesi tam kuru ağırlık (g).

### 3.2.7. Genişleme Tayini

Radyal ve teğet yöndeki genişlemeler TS 4084 (1983) standardına göre yapılmıştır. Her örnek için radyal ve teğet yöndeki genişleme aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$RYŞ = [(L_{r_{max}} - L_{r_{min}}) / L_{r_{min}}] \times 100 \quad (3.6)$$

$$TYŞ = [(L_{t_{max}} - L_{t_{min}}) / L_{t_{min}}] \times 100 \quad (3.7)$$

Bu eşitlikte

RYŞ, TYŞ : Sırasıyla radyal ve teğet yönde genişleme oranı(%),

$L_{r_{max}}$ ,  $L_{t_{max}}$  : LDN üzerinde sırasıyla radyal ve teğet yönlerdeki maksimum boyut (mm),

$L_{r_{min}}$ ,  $L_{t_{min}}$  : Tam kuru halde sırasıyla radyal ve teğet yönlerdeki minimum boyut (mm).

### 3.2.8. Çekme Tayini

Radyal ve teğet yöndeki çekmeler TS 4083 (1983) standardına göre yapılmıştır. Her örnek için radyal ve teğet yöndeki çekme aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$RYÇ = [(L_{r_{max}} - L_{r_{min}}) / L_{r_{max}}] \times 100 \quad (3.8)$$

$$TYÇ = [(L_{t_{max}} - L_{t_{min}}) / L_{t_{max}}] \times 100 \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte

RYÇ, TYÇ : Sırasıyla radyal ve teğet yönde çekme oranı(%),

$L_{r_{max}}$ ,  $L_{t_{max}}$  : LDN üzerinde sırasıyla radyal ve teğet yönlerdeki maksimum boyut (mm),

$L_{r_{min}}$ ,  $L_{t_{min}}$  : Tam kuru halde sırasıyla radyal ve teğet yönlerdeki minimum boyut (mm).

### 3.2.9. Eğilme Direnci Tayini

Eğilme direnci, TS 2474 (1976) standardına göre laboratuvar ortamında üniversal test cihazında yapılmıştır. Her örnek için eğilme direnci aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$ED = (3 \times P_{max} \times L) / (2 \times b \times h^2) \quad (3.10)$$

Bu eşitlikte

ED : Eğilme direnci (N/mm<sup>2</sup>),

$P_{max}$  : Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N),

L : Mesnetlerin merkezleri arası mesafe (mm),

b ve h : Deney parçasının, sırasıyla, genişliği (mm) ve kalınlığı (mm).

### 3.2.10. Eğilmede Elastikiyet Modülü Tayini

Eğilmede elastikiyet modülü TS 2478 (1976) standardına göre belirlenmiştir. Her örnek için eğilmede elastikiyet modülü değerini bulmak için aşağıdaki formülden faydalanılmıştır:

$$EE = (PxL^3)/(4xbxfxh^3) \quad (3.11)$$

Bu eşitlikte

- EE : Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm<sup>2</sup>),  
P : Elastik sınırların altındaki yüklerin ortalaması (N),  
L : Mesnetlerin merkezleri arasındaki mesafe (mm),  
f : Elastik sınırlar arasındaki sehimler ortalaması (mm),  
b ve h : Deney parçalarının, sırasıyla, genişlik ve kalınlıkları (mm).

### 3.2.11. Liflere Paralel Basınç Direnci Tayini

Liflere paralel basınç direnci, TS 2595 (1977)'e göre tayin edilmiştir. Her örnek için liflere paralel basınç direnci aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$LPB = P_{max}/(bxh) \quad (3.12)$$

Bu eşitlikte

- LPB : Liflere paralel basınç direnci (N/mm<sup>2</sup>),  
b ve h : Deney parçalarının, sırasıyla, genişlik ve kalınlık (mm).

## 3.3. İstatistiksel Analiz

SSPS yazılım programı ile jeotermal sınırların her birine değinilen özellikler için elde edilen değerlerin istatistiki yorumlarına göre tanımlayıcı tablolar oluşturulmuştur. ANOVA (varyans) analiz raporu ilave edilmiştir. Tukey testi sonuçları tablo içerisinde verilmiştir. Son olarak ise her bir deney için ayrı ayrı grafikler oluşturulmuş ve yorumu yapılmıştır. Deneylerdeki sonuçlar %95 güven aralığı içerisinde bulunup bulunmadığı değerlendirilmiş olup bu çerçevede yorumlara yer verilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

### 4.1 Emprenye Maddesi Potansiyeline İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Bu çalışma için faydalanılan 3 jeotermal sıvının analiz değerleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir. Bu çizelgeden faydalanarak Konya – Ilgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal sularının içerdiği ahşap emprenye maddeleri ve bunların derişimleri Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Konya- Ilgın bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyular termal suları ahşap emprenye maddeleri potansiyeli.

Analizler	Jeotermal Kaynak Türü		
	SJ-1	SJ-3	SJ-5
Na (Sodyum) (mg / L)	53,07	62,41	53,49
K(Potasyum) (mg / L)	10,77	11,14	10,78
Ca(Kalsiyum) (mg / L)	117,70	120,25	119,54
Mg (Magnezyum) (mg / L)	32,99	36,42	33,40
Cl (Klorür) (mg / L)	18,33	24,38	18,35
SO <sub>4</sub> (Sülfat) (mg / L)	99,84	106,50	101,42
Arsenik (mg / L)	0,007	0,006	0,005
Borik Asit (mg / L)	3,388	3,082	3,443
NH <sub>4</sub> (Amonyum) (mg / L)	0,012	0,012	0,012
Toplam (mg / L)	336,107	364,200	340,441

Buna göre Çizelge4.1’e bakıldığında SJ-3 jeotermal için ahşap emprenye maddesi derişiminin (mg/L) SJ-1 ve SJ-5 jeotermal kaynağından daha yüksek çıktığı tabloda görülmektedir. Toplam emprenye maddesi miktarını büyükten küçüğe doğru: SJ-3 > SJ-5> SJ-1 şeklinde sıralamak mümkündür. SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal sularının zengin miktarda emprenye maddesi potansiyeli görülmektedir. Emprenye maddesinde bulunan Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, Arsenik, Borik Asit, NH<sub>4</sub> gibi birçok kimyasalın SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kuyuları termal sularında bulunduğu Çizelge 4.1’ de gözlemlenmektedir. Bu 9 maddenin jeotermal sulardaki toplam miktarları 336,107 mg/L ile 364,200 mg/L arasında değişmektedir. Bu maddeler, ortalaması 921,823 mg/L toplam jeotermal kimyasalın, yaklaşık 1/3 ’ünü teşkil etmektedir. Jeotermal suların toplam emprenye maddesi derişimine bakıldığında, SJ-3 kaynağının 364,200 mg/L ile en yüksek kimyasal derişime sahipken, SJ-1 kaynağının 336,107 mg/L’ lik emprenyede kullanılan kimyasal madde

miktarı olduğu görülmektedir. Buna göre, SJ-3 jeotermal sıvısının kimyasal açıdan emprenye potansiyeli taşıdığı söylenebilir.

#### 4.2. Absorbsiyona İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Absorbsiyona ilişkin tamamlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’ te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Absorbsiyon ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (g/cm <sup>3</sup> )	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	0,53	0,019	0,006	0,51	0,56
	23±2	10	0,53	0,018	0,006	0,50	0,56
SJ-3	38.4±2	10	0,53	0,023	0,007	0,48	0,57
	23±2	10	0,56	0,041	0,013	0,49	0,62
SJ-5	40.9±2	10	0,53	0,029	0,009	0,49	0,57
	23±2	10	0,56	0,025	0,008	0,53	0,61

Çizelge 4.2. İncelendiğinde jeotermal su absorpsiyonu SJ-1 jeotermal kaynağı için 40.3 °C’deki kaynak sıcaklığında 0,51g/cm<sup>3</sup> – 0,56 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,53 g/cm<sup>3</sup>; 23 °C’de 0.50 g/cm<sup>3</sup> – 0.56 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0.53 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. SJ-3 jeotermal kaynağı için 38.4°C’deki kaynak sıcaklığında 0.48 g/cm<sup>3</sup> – 0,57 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,53 g/cm<sup>3</sup>; 23 °C’de 0.49 g/cm<sup>3</sup> – 0.62 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0.56 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9°C’deki kaynak sıcaklığında 0.49 g/cm<sup>3</sup> – 0,57 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,53 g/cm<sup>3</sup> 23 °C’de 0.53 g/cm<sup>3</sup> – 0.61 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0.56 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında jeotermal su absorpsiyonu SJ-1 için 40.3°C’deki kaynak sıcaklığı ve 23°C’de da 0,53 g/cm<sup>3</sup> olmuştur. SJ-3 için en yüksek 23°C’deki 0.56 g/cm<sup>3</sup> ile olurken 38.4°C’deki kaynak sıcaklığında 0.53 g/cm<sup>3</sup> ile en az olmuştur. SJ-5 için en yüksek 23°C’de 0.56 g/cm<sup>3</sup> ile olurken 40.9°C’deki kaynak sıcaklığında 0.53 g/cm<sup>3</sup> ile en az olmuştur.

Çizelge 4.3. Absorpsiyon ile alakalı ANOVA sonuçları

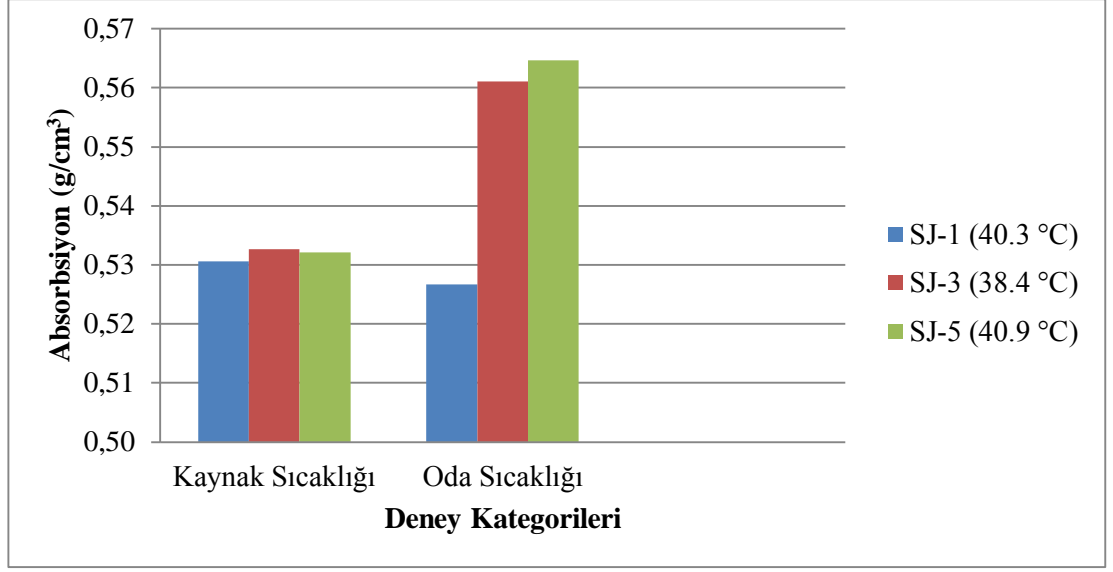
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	0,000	1	0,000	0,227	0,640
	Gruplar İçi	0,006	18	0,000		
	Toplam	0,006	19			
SJ - 3	Gruplar Arası	0,004	1	0,004	3,608	0,074
	Gruplar İçi	0,020	18	0,001		
	Toplam	0,024	19			
SJ - 5	Gruplar Arası	0,005	1	0,005	7,373	0,014
	Gruplar İçi	0,013	18	0,001		
	Toplam	0,018	19			

ANOVA sonucu  $p < 0.05$  olduğu için SJ-5 jeotermal kaynağının kızılçam odununda absorpsiyon deneyindeki etkisinin anlamlı çıktığı diğer kaynakların ise etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmüştür. Bu etkiler arasındaki anlamlı farklılığı belirlemek için yapılan Tukey testi sonuçlarına (Çizelge 4.4.) bakıldığında iki farklı homojenik grupta olmasına rağmen değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Absorpsiyon ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı(°C)	Absorpsiyon		
		Numune Sayısı	Ortalama (g/cm <sup>3</sup> )	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	0,53	B
	23±2	10	0,53	B
SJ-3	38.4±2	10	0,53	B
	23±2	10	0,56	A
SJ-5	40.9±2	10	0,53	B
	23±2	10	0,56	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.1. Absorbsiyon üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Sıcaklık bağlamında incelendiğinde ise bahsedilen üç jeotermal su kaynaklarında en yüksek absorpsiyonun SJ-5 Kaynağı 23°C’ deki testinde gerçekleştiği Şekil 4.1’de görülmektedir. Bu veriler ışığında absorpsiyon bakımından jeotermal sular kendi aralarında karşılaştırıldığı zaman çoktan aza doğru: SJ-5> SJ-3 > SJ-1 şeklinde sıralanmıştır. Bu bilgiler sonucunda absorpsiyon için en uygun akışkanın SJ-5jeotermal kaynağı olduğu söylenebilir. Başka bir kızılcım çalışmasında açık tank empenye metodunda empenye edilen ahşap malzemenin değerleri ölçüldüğünde elde edilen değerler yıllık halkaların genişline nazaran doğru orantıda olduğu görülmüştür. Ayrıca özgül ağırlık absorpsiyon değeri ile ter olduğu tespit edilmiştir (Erten, 1983).

Bu bağlamda SJ-5 (23°C) kaynağının absorpsiyon üzerinde en fazla etkiyi sağlaması özgül ağırlığın artmasıyla empenye nüfuz derinliğinin azaldığı, nüfuz derinliği ve hacim, yıllık halka genişliği arttıkça absorpsiyonu arttırdığı söylenebilir. Aynı şekilde odun numunesinde yıllık halka genişliği arttıkça ve sıcaklık değeri yükseldikçe jeotermal sıvının oduna nüfuz derinliği artabilmektedir (Örs, 2001). Ayrıca boyuna yönde sıvı akışını sağlayan geçit çiftlerinin açık olması ve böylece fazla empenye maddesi absorpsiyon değerini artırabilecektir (Kara, 2015). Böylece SJ-5 (23°C) kaynağı en yüksek olarak diğer kuyu çıkış sıcaklığındaki jeotermal sıvıların absorpsiyon değerleri oda sıcaklığı kaynaklarından yüksek çıkmıştır. Jeotermal su absorpsiyonu bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Genç, 2013; Karademir, 2012; Demirtaş, 2015; Soygüder, 2017) karşılaştırılmıştır. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında absorpsiyon için edinilen sonuçlar 0,53-0,56 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiği ve bu değerlerin literatüre uyumlu olduğu görülmüştür.

### 4.3. Retensiyona İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

Retensiyona ilişkin tamamlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Retensiyon ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	2,72	0,209	0,066	2,44	2,99
	23±2	10	2,56	0,197	0,062	2,31	2,84
SJ-3	38.4±2	10	2,70	0,164	0,052	2,48	3,00
	23±2	10	2,62	0,192	0,061	2,35	2,85
SJ-5	40.9±2	10	2,77	0,153	0,048	2,50	2,96
	23±2	10	2,62	0,158	0,050	2,36	2,86

Çizelge 4.5. incelendiğinde retensiyon miktarı SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3 °C’deki kaynak sıcaklığında % 2,44 –% 2,99; 23 °C’ de % 2,84 olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal kaynağı için 38.4°C’ de % 2,48 – % 3; 23 °C’ deki % 2,35– % 2,85 olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal kaynağı için 40.9°C’ % 2,50– % 2,96; 23 °C’ de % 2,36– % 2,86ve ortalama % 2,62 olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, jeotermal su retensiyonu SJ-1 için en yüksek 40.3°C’ de % 2,77 ile olurken; 23°C’ de % 2,62ile en az olmuştur. SJ-3 için en yüksek 38.4°C’ deki kaynak sıcaklığında % 2,70ile olurken 23°C’ de % 2,62ile en az olmuştur. SJ-5 için en yüksek 40.9°C’deki kaynak sıcaklığında % 2,77ile olurken 23°C’ de % 2,62ile en az olmuştur.



Çizelge 4.6. Retensiyon ile alakalı ANOVA sonuçları

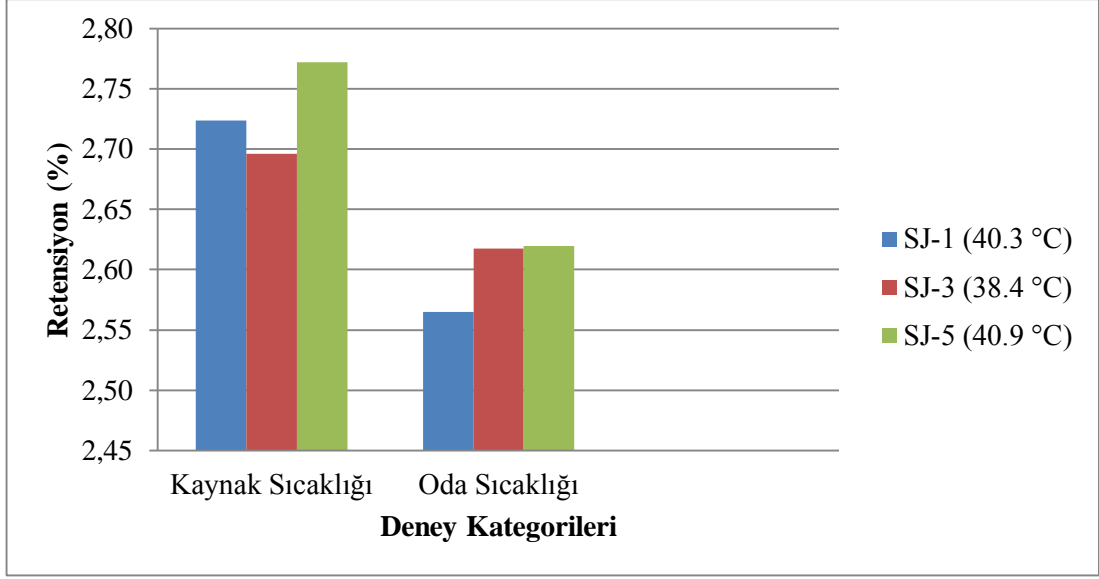
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	0,127	1	0,127	3,070	0,097
	Gruplar İçi	0,742	18	0,041		
	Toplam	0,869	19			
SJ - 3	Gruplar Arası	0,031	1	0,031	0,978	0,336
	Gruplar İçi	0,574	18	0,032		
	Toplam	0,606	19			
SJ - 5	Gruplar Arası	0,116	1	0,116	4,816	0,042
	Gruplar İçi	0,435	18	0,024		
	Toplam	0,552	19			

Çizelge 4.6' ya göre ANOVA sonucu SJ-5 jeotermal kaynağının kızılçam odununda retensiyon üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür. Bu etkiler arasında anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek için Tukey testi yapılmıştır. Çizelge 4.7' ye bakıldığında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Retensiyon ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Retensiyon		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	2,72	A
	23±2	10	2,56	B
SJ-3	38.4±2	10	2,70	A
	23±2	10	2,62	B
SJ-5	40.9±2	10	2,77	A
	23±2	10	2,62	B

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.2. Retensiyon üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Sıcaklık bağlamında incelendiğinde ise bahsedilen üç jeotermal su kaynaklarında en yüksek retensiyonu SJ-5 Kaynağı 40.9°C testinde gerçekleştirdiği Şekil 4.2’ de görülmektedir. Bu veriler ışığında retensiyon bakımından jeotermal sular kendi aralarında karşılaştırıldığında zaman çoktan aza doğru: SJ-5 > SJ-1 > SJ-3 şeklinde sıralanmıştır. Bu bilgiler sonucunda absorpsiyon için en uygun akışkanın 40.9°C’de SJ-5, 40.3°C’de SJ-1, 38.4°C ile SJ-1 jeotermal kaynakları olduğu söylenebilir. Bu bilgiler sonucunda retensiyon değerleri içerisinde SJ-5 sıvısının en uygunu olduğu görülebilir. Ek olarak ortalama retensiyon değerleri jeotermal kaynaklar için SJ-5 jeotermal kaynağında en fazla olduğu saptanmıştır.

Sarıçam odununda yapılan çalışmada retensiyon miktarları CCB (Bakır/Bor/Krom) ile empenyede 19.38 kg/m<sup>3</sup>, amonyum sülfat ile 58.32 kg/m<sup>3</sup>, diamonyum fosfat ile 30.84 kg/m<sup>3</sup>, borik asitle 56 kg/m<sup>3</sup>, borax ile 50.91 kg/m<sup>3</sup> ölçülmüştür (Peker vd., 1999). Başka bir çalışmada bor yağı (daldırma yöntemi) ile muamele edilen sarıçam odununda retensiyon miktarı 4.7 kg/m<sup>3</sup> olarak ölçüldüğü ve çam odunlarında retensiyonun iyi sonuçlar vermesinin nedeni, boyuna yönde akışı sağlayan geçit çiftlerinin olmasıyla fazla empenye maddesi depolanmasına yorumlanmıştır (Özçiftçi ve Batan, 2009). CCA (bakır/krom/arsenik) ile muamele edilen (%1, %3, %10) kızılğaç odununda retensiyon miktarı 7.27 kg/m<sup>3</sup> olduğu ifade edilmiştir (Temiz vd., 2004). Okaliptüs odununda retensiyon CCB ile empenyede 121.64 kg/m<sup>3</sup>, amonyum sülfat ile 39.62 kg/m<sup>3</sup>, borik asitle 43.21 kg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Ayrıca odundaki asidik ve bazik kimyasalların odun polisakkaritlerinde bozunma yaptıkları için nötr veya nötre yakın kimyasalların empenyede kullanılmasıyla odun dokularının daha az etkileneceği vurgulanmıştır (Bardak vd., 2011). CCA ile muamele edilen kauçuk odununda retensiyon miktarı en yüksek 42 kg/m<sup>3</sup> olduğu rapor edilmiştir (Sreeja, 2013).

Kızılçam odununda yapılan başka bir CCA emprenyesinde ise en yüksek retensiyonun  $30 \text{ kg/m}^3$  ölçüldüğü ayrıca retensiyon üzerinde en çok kromun etkisi olduğu, en az etkiyi ise bakırın yaptığı ifade edilmiştir (Gezer ve Cooper, 2016). Diğer bir araştırmada %1'lik Barit ( $\text{BSO}_4$ ) ile oluşturulan çözeltiyle muamele edilen sarıçam odununda retensiyon miktarının  $8.02 \text{ kg/m}^3$  olduğu saptanmıştır. Konsantrasyonun artmasına bağlı olarak retensiyon miktarında da artışın olduğu raporlanmıştır. Amonyum tetra flu borat (%1) ile sarıçam odununun emrenyesinin olduğu bir çalışmada retensiyonun  $4.60 \text{ kg/m}^3$  olduğu saptanmıştır (Atılğan ve Peker, 2012).

Bu bağlamda; artan bağlı su miktarı hücrenin çeperinde organik polimerleriyle arasındaki hidrojen bağının azaltılmasına veya engellenmesine sebep olur. Hücre çeperindeki organik polimerlerinin aralarındaki hidrojen bağının azaltılması veya engellenmesinde direnç kovalent bağ ve polimer içi hidrojen bağları ile ilgili olduğundan kaynaklanabilmektedir. Emprenye işlemi uygulanmış odun daha çok higroskopik olması ve maksimum bağlı su miktarının azalması sonucu SJ-5 sıvısının odunun retensiyon özellikleri üzerine pozitif bir katkı yapması beklenebilir. Ayrıca iğne yapraklı ağaç türlerin öz odununun diri odun rutubetinden düşük olduğu bilinmektedir (Poncsak ve ark., 2006). Jeotermal sıvı emprenye işlemiyle ağaç malzemeye uygulanması öngörülen koruyucu sıvının odun tarafından emilme düzeyi, ağaç malzemenin fiziksel özelliği değerlendirildiğinde; ağaç türü, özgül ağırlık, porosite (hücre boşluğu oranı), rutubet miktarı, yıllık halkalar gibi unsurların etkisi ve yönlendirmesi ile retensiyon miktarının diğer sıcaklıkla ve kendi arasında dalgalı olmasına sebep olabilir. (Örs, 2001). Jeotermal retensiyon bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Karademir, 2012; Genç, 2013; Göncü vd., 2013; Demirtaş, 2015; Kardaş, vd., 2015; Soygüder, 2017.) karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada retensiyon için elde edilen değerlerin % 2.56 – 2.77 arasında değiştiği ve bu değerlerin literatürden farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılık, jeotermal kaynaklardan ve bu kaynakların içerdiği kimyasal madde türü, miktarı, sıcaklığı ve katılım oranlarından kaynaklanabilir. Bu bilgiler ışığında en fazla retensiyon değeri SJ-5 ile yapılan işlemlerde saptanırken SJ-5' in retensiyon üzerine etkisi SJ-3' ten %3 ve SJ-1' den %2 daha fazla olmuştur.

#### 4.4. Yoğunluğa İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin yoğunluklarını gösteren tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Yoğunluk ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Tanımlayıcı İstatistikler					
		Num. Sayısı	Ortalama (g/cm <sup>3</sup> )	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	0,62	0,041	0,013	0,56	0,68
	23±2	10	0,62	0,053	0,017	0,55	0,67
SJ-3	38.4±2	10	0,63	0,045	0,014	0,57	0,69
	23±2	10	0,63	0,041	0,013	0,57	0,69
SJ-5	40.9±2	10	0,65	0,042	0,013	0,58	0,70
	23±2	10	0,63	0,029	0,009	0,58	0,67
Kontrol		10	0,55	0,045	0,014	0,50	0,61

Çizelge 4.8.İncelendiğinde yoğunluk miktarı SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3 °C'de 0,56 g/cm<sup>3</sup> – 0,68 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,62 g/cm<sup>3</sup>; 23 °C'de 0,55 g/cm<sup>3</sup> – 0,67 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,62 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4°C'de 0,57 g/cm<sup>3</sup> – 0,69 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,63 g/cm<sup>3</sup>; 23 °C'de 0,57 g/cm<sup>3</sup> – 0,63 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,63 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9°C' de 0,58 g/cm<sup>3</sup> – 0,70 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,65 g/cm<sup>3</sup>; 23 °C' de 0,58 g/cm<sup>3</sup> – 0,67 g/cm<sup>3</sup> ve ortalama 0,63 g/cm<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, yoğunluk miktarı 0,65 g/cm<sup>3</sup> ile en fazla SJ-5 kaynağında, en az ise 0,62 g/cm<sup>3</sup> olarak SJ-1 kaynağını kaynak ve oda sıcaklıklarında görülmüştür.

Çizelge 4.9. Yoğunluk ile alakalı ANOVA sonuçları

Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	0,029	2	0,015	6,803	0,004
	Gruplar İçi	0,058	27	0,002		
	Toplam	0,088	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	0,037	2	0,018	9,602	0,001
	Gruplar İçi	0,051	27	0,002		
	Toplam	0,088	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	0,048	2	0,024	15,754	0,000
	Gruplar İçi	0,041	27	0,002		
	Toplam	0,090	29			

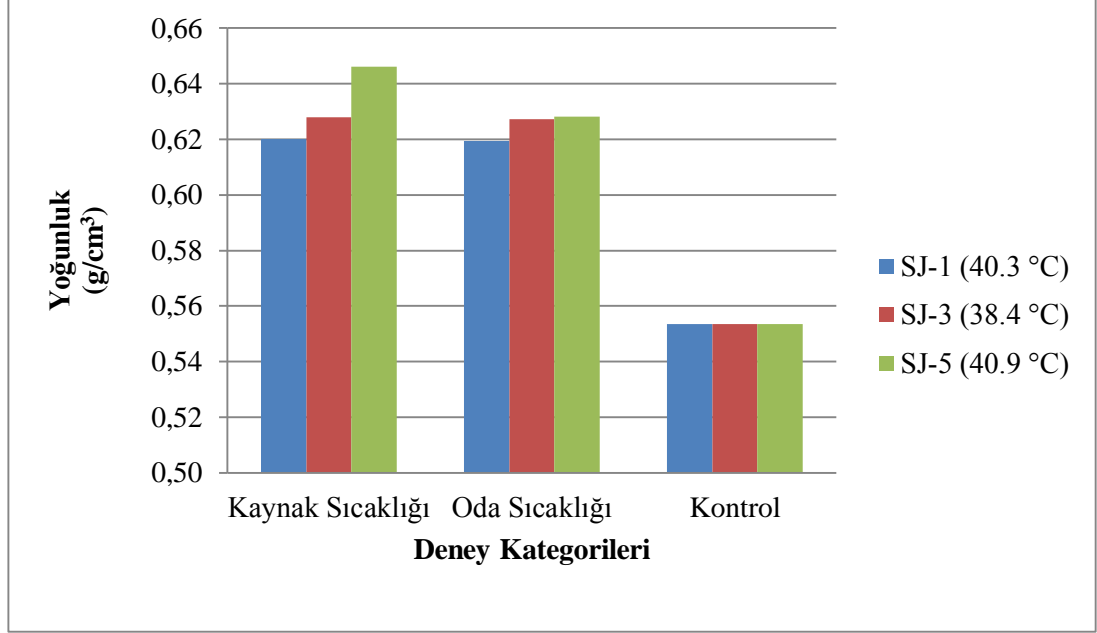
Çizelge 4.9' e göre, %95 güven düzeyinde, yoğunluk üzerine etki eden jeotermal kaynakların yaptıkları etkiler istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için Tukey testi yapılmış, sıcaklıkların etkisi açısından hepsinin aynı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Yoğunluk ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Yoğunluk		
		Numune Sayısı	Ortalama (g/cm <sup>3</sup> )	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	0,62	A
	23±2	10	0,62	A
SJ-3	38.4±2	10	0,63	A
	23±2	10	0,63	A
SJ-5	40.9±2	10	0,65	A
	23±2	10	0,63	A
Kontrol		10	0,55	B

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir

Çizelge 4.10' daki Tukey testi sonucunda iki homojen grup (A, B) olduğu ve en az etkiyi B, en fazla etkiyi A ifade ettiği görülmektedir. Kontrol örnekleri (B) grubunda olduğu saptanmıştır. SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 kaynakları ise A grubunda dağılım sergilenmiştir.



Şekil 4.3. Yoğunluk üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Şekil 4.3' deki grafik incelendiğinde yoğunluğun kontrol örneklerine kıyasla SJ-5 40.9°C' da en fazla artışın olduğu, SJ-1 kaynak ve oda sıcaklığında en az artış gerçekleştiği görülmüştür.

Amonyum tetra flu borat (%1) ile sarıçam odununun emprenyesinin olduğu bir çalışmada yoğunluğun kontrole göre %19 arttığı saptanmıştır (Atılğan ve Peker, 2012). Bor yağı (daldırma yöntemi) ile muamele edilen sarıçam odunundaki başka bir çalışmada yoğunluk miktarı kontrole göre %9.7 arttığı vurgulanmıştır (Özçiftçi ve Batan, 2009).Yapılan başka bir çalışmada ise %2'lik silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ile kavak odunu emprenyesinde, yoğunlukta %27 artış olduğu ifade edilmiştir (Dong vd., 2015). Tan ve Peker (2015)'e göre %1'lik barit (BaSO<sub>4</sub>) ile muamele edilen sarıçam odununun yoğunluğunda hemen hemen bir azalma olduğu rapor edilmiştir. Amonyak (NH<sub>3</sub>) emprenye maddesi ile emprenyesi yapılan kayın ahşap malzemesinde yoğunlukta kontrole göre artış gözlemlenmesinin nedeni odun hücrelerinin emprenye işlemi sırasında kimyasalların etkisinden sonra hücre genişlemesinin daha çok genişlemesine neden olduğu belirtilmiştir.

Materyallerin emprenye sonrası bütün kaynaklar ve sıcaklıklarda anlamlılık içerdiği kontrol örneğine göre bütün kaynaklarda artış Şekil 4.3' te gözlemlenmiştir. Bu durumun nedeni; (Korkut ve Kocaefe, 2017) tarafından yapılan çalışmaya istinaden, ağaç malzemelerin

anatomik yapısına bağılı olarak hava boşluğu oranı, yıllık halka genişliği ve emprenye maddesi çeşidinden kaynaklanmış olabileceği söylenebilir. Ayrıca uygulanan emprenye sıvısındaki demirin ( $F_e$ ) hücre çeperlerini az da olsa etkilemesinden olabilir. Yoğunluk bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Bozkurt vd., 1993; Karademir, 2012; Genç, 2013; Öktem ve Sözen 2014; Demirtaş, 2015; Soygüder,2016) karşılaştırılmıştır. Çalışmada yoğunluk için elde edilen değerler  $0.62 - 0.65 \text{ g/cm}^3$  arasında değiştiği, bu değerler literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, yoğunluğun, SJ-5  $40.9^\circ\text{C}$  muamelesinde kontrole göre %16,76 daha fazla olduğu saptanmıştır. Yoğunluk üzerine en az etkinin SJ-1  $23^\circ\text{C}$  ve  $40.3^\circ\text{C}$ ' deki kaynak işlemlerinde olduğu görülmüştür.

#### 4.5. Rutubet Miktarına İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin denge rutubetini gösteren tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Rutubet miktarı ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	$40.3 \pm 2$	10	11,95	0,926	0,293	10,94	13,24
	$23 \pm 2$	10	17,49	1,466	0,464	16,07	19,44
SJ-3	$38.4 \pm 2$	10	10,59	0,768	0,243	9,49	11,48
	$23 \pm 2$	10	11,45	0,834	0,264	10,32	12,48
SJ-5	$40.9 \pm 2$	10	13,91	0,813	0,257	13,07	15,35
	$23 \pm 2$	10	16,95	1,381	0,437	15,58	18,89
Kontrol		10	7,16	0,200	0,063	6,84	7,50

SJ-1 Jeotermal Kaynağı için  $40.3^\circ\text{C}$ 'de %10,94 – % 13,24 ve ortalama %11,95;  $23^\circ\text{C}$ 'de %16,07 – % 19,44 ve ortalama %17,49 olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için  $38.4^\circ\text{C}$ 'de % 9,49 – % 11,48 ve ortalama % 10,59;  $23^\circ\text{C}$ 'de % 10,32 – % 12,48 ve ortalama % 11,45 olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için  $40.9^\circ\text{C}$ ' de % 13,07 – % 15,35 ve ortalama % 13,91;  $23^\circ\text{C}$ ' de % 15,58 – %18,89 ve ortalama % 16,95 olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında denge rutubeti miktarı % 17,49 ile en fazla SJ-1 kaynağı

23°C’ de, en az etkiyi ise % 10,59 olarak SJ-3 38.4görülmüştür(Şekil 4.4). Rutubet miktarına ilişkin Tukey testi verileri Çizelge 4.12’de sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Rutubet miktarı ile alakalı ANOVA sonuçları

Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	534,454	2	267,227	263,097	0,000
	Gruplar İçi	27,424	27	1,016		
	Toplam	561,878	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	102,864	2	51,432	116,286	0,000
	Gruplar İçi	11,942	27	0,442		
	Toplam	114,805	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	501,579	2	250,789	288,575	0,000
	Gruplar İçi	23,465	27	0,869		
	Toplam	525,044	29			

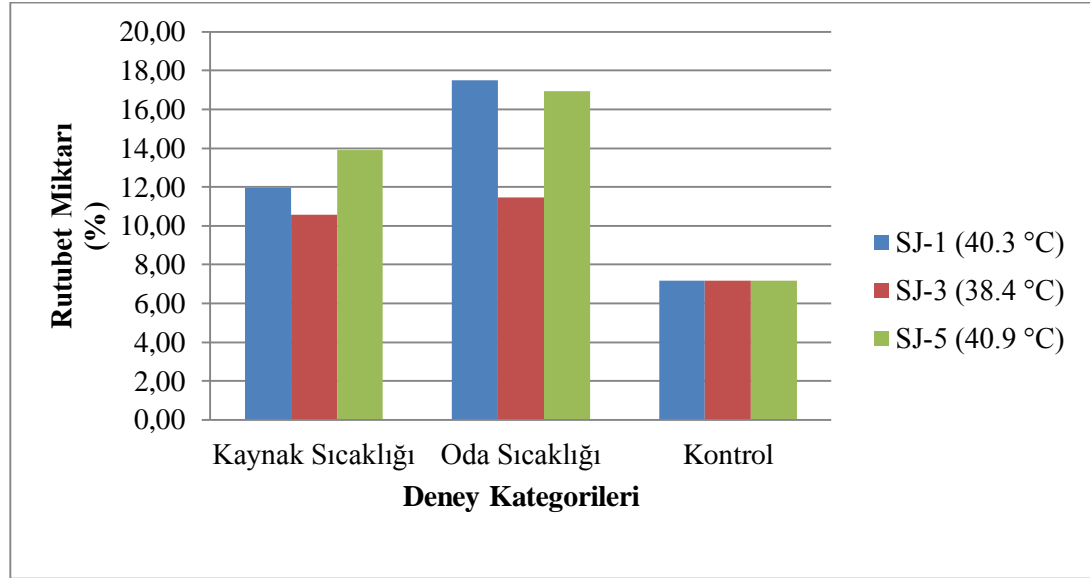
Buna göre,  $p < 0.05$  olduğu için jeotermal kaynaklarının kızılçam odununda denge rutubet miktarı deneyindeki etkisinin anlamlı çıktığı görülmüştür. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için Denge rutubeti ile ilgili tanımlayıcı istatistiklerin homojen olarak gruplar halinde harflendirilmesi yapılmış, sıcaklıkların etkisi açısından tüm sıcaklıkların A ve B olmak üzere iki farklı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.13). Bu sonuca göre kaynaklardan en fazla 23 °C de SJ-1 kaynağının denge rutubetini arttırdığı, diğerlerinin ise kontrol numunesinden daha fazla değerler içerdiği saptanmıştır.



Çizelge 4.13. Rutubet miktarı ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Rutubet Miktarı		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	11,95	B
	23±2	10	17,49	A
SJ-3	38.4±2	10	10,59	B
	23±2	10	11,45	A
SJ-5	40.9±2	10	13,91	B
	23±2	10	16,95	A
Kontrol		10	7,16	C

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.4. Rutubet üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Çizelge 4.13' teki denge rutubeti ile ilgili tanımlayıcı istatistiklerin homojen olarak gruplar halinde harflendirilme tablosu incelendiğinde üç (A, B, C) homojen grup oluşturduğu gözlenmiştir. Kontrol örneklerine göre en fazla denge rutubet miktarı artışı SJ-1 oda 23 °C' de % 17, 49 iken en az denge rutubet miktarı değişimi SJ-3 kaynağına ait 38.4°C' de % 10,59 olarak görülmüştür.

Bu çalışmada jeotermal empenye ile muameleden sonra rutubetin kontrolden daha çok çıkmasının nedeni absorpsiyonun derine yeterince nüfuz etmesi ve jeotermal akışkanlardaki minerallerin odunun lümenlere gerektiğinden fazla tutunma olarak açıklanabilir. Ayrıca test

örneklerindeki rutubet miktarının kontrole göre fazla çıkması ve kendi arasında farklılık göstermesi, birim hacimlerindeki hücre çeperi maddesi ve hava boşluğu oranlarının farklı oluşundan kaynaklanabilir. Hem de emprenye edilmiş ağaç malzemelerin rutubet miktarı değerlerinin farklılık göstermesi, ağaç malzemelerin anatomik yapısına bağlı olarak hava boşluğu oranı (porozite), yıllık halka genişliğinden kaynaklanmış olabilir (Örs, 2001). Kaynak sıcaklıklarında rutubet miktarındaki artışın 23°C’ den daha az olduğu görülmektedir. Denge rutubeti bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Karademir,2012; Genç, 2013; Demirtaş, 2015; Soygüder, 2017) karşılaştırılmıştır. Çalışmada rutubet için elde edilen değerlerin % 10,59 – 17,49 arasında değiştiği görülmüştür. Bu durumda rutubete dair sonuçlar literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, rutubet miktarı kontrole göre 23 °C işleminde %144,17 ile en fazla artarken, en az artışın Sj-3 38.4°C işleminde % 47,77 ile en az olmuştur.

#### 4.6. Su Alma Oranına İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin Su Alma oranı İle Alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’ da verilmiştir.

Çizelge 4.14. Su alma ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksim.
SJ-1	40.3±2	10	54,43	4,086	1,292	49,56	59,97
	23±2	10	51,77	3,401	1,076	47,60	57,37
SJ-3	38.4±2	10	52,50	2,447	0,774	49,38	57,65
	23±2	10	58,83	4,265	1,349	53,19	64,36
SJ-5	40.9±2	10	52,41	4,653	1,471	47,58	57,57
	23±2	10	57,27	4,847	1,533	52,83	63,93
Kontrol		10	47,91	4,656	1,472	42,87	56,05

Çizelge 4.14. İncelendiğinde su alma oranı yüzdesi kontrol örneklerinde %42,87- %56,05 aralığında ve ortalama %47,91 olduğu saptanmıştır. Ayrıca test grubu örneklerden SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3°C’ de %49,56 – % 59,97 ve ortalama %54,43; 23C’de %47,60

– % 57,37 ve ortalama %51,77 olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4°C’de % 49,38 – % 57,65 ve ortalama %52,50; 23 C’ de % 53,19 – % 64,36 ve ortalama % 58,83 olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9 C’ de % 47,58 – % 57,57 ve ortalama % 52,41; 23 °C’ de % 52,83 – %63,93 ve ortalama % 57,27 olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, kontrol örnekleriyle karşılaştırılması sonucu su alma oranı miktarı % 58,83 ile en fazla artırdığı SJ-3 kaynağı 23°C’ de, en az etkiyi ise % 51,77 olarak SJ-1 kaynağı 23°C’ de görülmüştür. Ortalamayı incelediğimiz de çoktan aza doğru: SJ-3 (23 °C)> SJ-5 (23)> SJ-1 (40.3°C) şeklinde sıralamak mümkündür (Şekil 4.5).

Çizelge 4.15. Su alma oranı ile alakalı ANOVA sonuçları

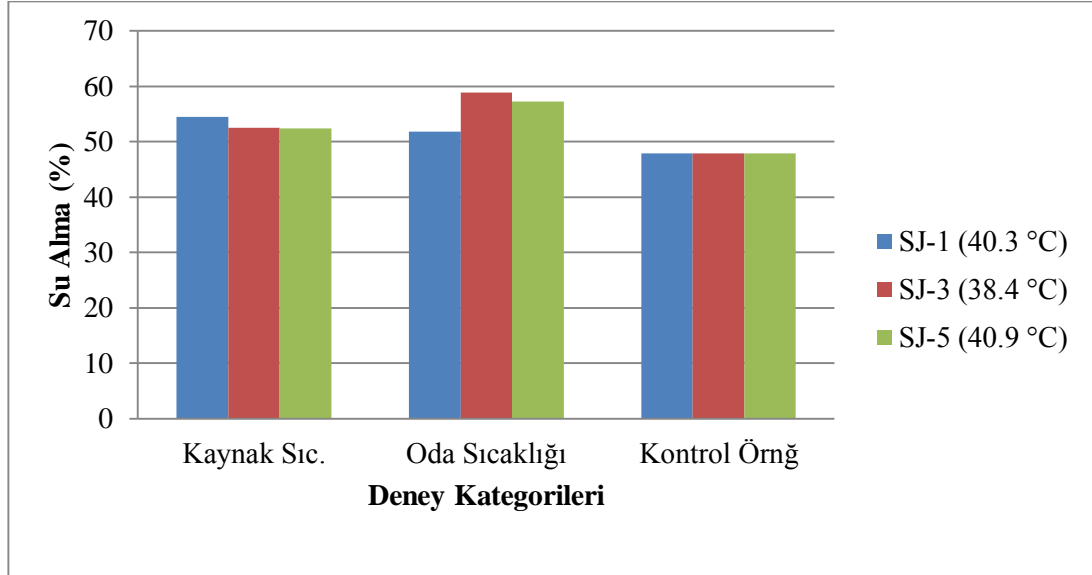
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	215,151	2	107,576	6,462	0,005
	Gruplar İçi	449,474	27	16,647		
	Toplam	664,625	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	601,565	2	300,782	19,679	0,000
	Gruplar İçi	412,671	27	15,284		
	Toplam	1014,236	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	438,535	2	219,267	9,845	0,001
	Gruplar İçi	601,343	27	22,272		
	Toplam	1039,878	29			

Çizelge 4.15’e göre,  $p < 0,05$  olduğu için jeotermal kaynakların kızılçam odununda su alma oranı deneyindeki etkisinin anlamlı çıktığı görülmüştür. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için Tukey testi yapılmış, sıcaklıkların etkisi açısından sıcaklıkların farklı homojenlik gruplarda olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre jeotermal kaynaklar için en fazla 40.9°C sıcaklığın su alma oranını artırdığı, fakat bu artışın ise kontrol numunesinden anlamlı bir fark içermediği, sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.16. Su alma oranı ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklık (°C)	Su Alma		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	54,43	A
	23±2	10	51,77	AB
SJ-3	38.4±2	10	52,50	A
	23±2	10	58,83	A
SJ-5	40.9±2	10	52,41	A
	23±2	10	52,27	A
Kontrol		10	47,91	B

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.5. Su alma oranı üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Çizelge 4.16' daki sonuçlara göre, su alma oranına etkileri bakımından jeotermal kaynaklar üç farklı homojenik grup (A, B, AB) oluşturmaktadır. Kontrol örnekleri homojen gruplardan (B)' de toplanmıştır. SJ-1 (23 °C), SJ-3 ve SJ-5 in tüm sıcaklıkları aynı homojen gurubu olan A ' da yer almıştır. AB' de ise sadece: SJ-1 40.3°C kaynak sıcaklığı görülmektedir. Kontrol örneklerine göre su alma oranına en fazla etkiyi yapanın SJ-3 23°C' nin olduğu ve %58,83 oranına katkı sağladığı saptanmıştır. Ayrıca su almaya en az etkisi olanın SJ-1 23°C' nin olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmada: Jeotermalle emprenye edilmiş odunun su alma oranının hem kontrolden yüksek, hem de kendi arasında değerlerin farklılık göstermesi; odundaki hava boşluğu miktarı, yıllık halkaların genişlik ölçüsü, emprenye maddesinin çeşidi ve ağacın anatomik yapısının etkisinin olabileceği söylenebilir (Yaşar, M., vd. 2017). Kullanılan jeotermal emprenye maddelerinden dolayı polisakkaritleri olumsuz etkilediği ve hidroliz olasılığını güçlendirdiği, bu durumun odunda su almayı kontrole göre artırdığı söylenebilir (Özçifçi, 2001). İğne yapraklı ağaçların boyuna yönde sıvı akışını sağlayan geçit çiftlerinin açık olması ve deneyde kızılçam odun örneklerinin kullanılması dolayısı ile test örneklerinin fazla emprenye maddesi depo etmesine sebep olabilir (Kara, 2015). Bu bilgiler ışığında, su alma oranı sonuçları kontrole göre en fazla artış % 22,80 ile SJ-3 23°C’ de kaynağında görülmüştür. En az artış ise % 8,07 ile SJ-1 23°C’ kaynağında gerçekleşmiştir.

#### 4.7. Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

##### 4.7.1. Radyal Yönde Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin radyal yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.17, Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Radyal yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeoterma I Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksim.
SJ-1	40.3±2	10	4,98	0,382	0,121	4,51	5,46
	23±2	10	5,28	0,444	0,140	4,86	5,89
SJ-3	38.4±2	10	4,88	0,347	0,110	4,51	5,46
	23±2	10	6,00	0,598	0,189	5,06	6,98
SJ-5	40.9±2	10	5,41	0,449	0,142	5,03	6,08
	23±2	10	5,44	0,428	0,135	4,92	5,95
Kontrol		10	5,46	0,423	0,134	4,91	5,94

Çizelge 4.17. incelendiğinde radyal yönde genişleme yüzdesi kontrol örneklerinde %4,91- %5,94 aralığında ve ortalama %5.46 olduğu saptanmıştır. Ayrıca test grubu örneklerden SJ-1

Jeotermal Kaynağı için 40.3°C’de %4,51 – % 5,46 ve ortalama %4,98; 23 °C’de %4,86 – % 5,89 ve ortalama %5,28 olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4°C’de % 4,51 – % 5,46 ve ortalama % 4,88; 23 °C’de % 5,06 – % 6,98 ve ortalama % 6,00 olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9°C’ de % 5,03 – % 6,08 ve ortalama % 5,41; 23 °C’ de % 4,92 – %5,95 ve ortalama % 5,46 olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, radyal yönde genişleme miktarı % 6,00 ile en fazla SJ-3 kaynağı 23°C’ de, en az etkiyi ise % 4,88 olarak SJ-3 kaynağı 38.4°Cde görülmüştür. Bu değerler incelendiğinde kontrol örnekleriyle kıyaslama yapılırsa SJ-3 (23 °C), kaynağının radyal yönde genişlemeye en fazla etkili olduğu söylenebilir. 23°C’ deki kaynakları aralarında çoktan aza doğru sıralamayı: SJ-3 > SJ-5 > SJ-1 olarak belirlemek mümkündür (Şekil 4.6).

Çizelge 4.18. Radyal yönde genişleme ile alakalı ANOVA sonuçları

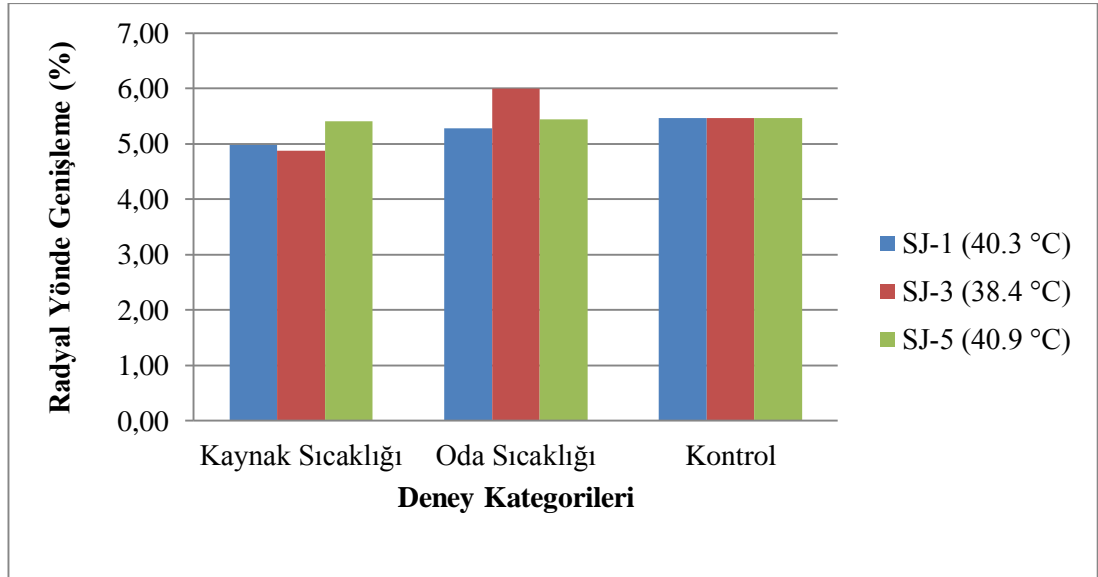
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	1,197	2	0,598	3,440	0,047
	Gruplar İçi	4,697	27	0,174		
	Toplam	5,894	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	6,282	2	3,141	14,345	0,000
	Gruplar İçi	5,912	27	0,219		
	Toplam	12,194	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	0,013	2	0,006	0,034	0,966
	Gruplar İçi	5,078	27	0,188		
	Toplam	5,091	29			

Çizelge 4.18’e göre jeotermal türünün SJ-1  $p < 0.05$  (0,047), SJ-3  $p < 0,05$ , SJ-5  $p > 0,05$  ( $p > 0.966$ ) olduğu için radyal yönde genişleme üzerinde (%95 güven düzeyinde) SJ-5 in anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için Tukey testi yapılmış, sıcaklıkların etkisi açısından farklı homojenlik grupları olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.19. Radyal yönde genişleme ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklık (°C)	Radyal Yönde Genişleme		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	4,98	B
	23±2	10	5,28	AB
SJ-3	38.4±2	10	4,88	C
	23±2	10	6,00	A
SJ-5	40.9±2	10	5,41	AB
	23±2	10	5,44	AB
Kontrol		10	5,46	AB

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.6. Radyal yönde genişleme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Çizelge 4.19 incelendiğinde, SJ-1 ve SJ-3 kaynaklar ve sıcaklıkların her biri farklı homojen grup oluşturmuşlardır. SJ-5' in hepsi ve kontrol örnekleri AB harfi homojen grupta yer almıştır. Tukey testi sonucunda radyal yönde genişlemeyi kontrol örneğine kıyasla en fazla SJ-3;23°C kaynağı 23 °C ile %6,00, en az radyal yönde genişlemeyi ise SJ-3 kaynak sıcaklığı %4,88 oranında sağladığı görülmektedir. Kontrol örneğine göre radyal yönde genişlemeyi SJ-3;23°C' de %9.84 oranında artırırken, yine aynı kaynağın %10,68 oranında azalttığı saptanmıştır. Bunun sebebi ise: SJ-3 kaynağındaki toplam ahşap empenye maddesi derişimi (mg/L) miktarının fazla olması (Çizelge 3.1) ve deney sıcaklığında empenye

madde miktarının doğru orantılı olarak deforme olması vd. sebepler olabilir. Jeotermal akışkanların radyal yöndeki genişlemeyi ifade edecek sıralama 23°C’ de çoktan aza doğru: SJ-3 > SJ-5 > SJ-1 şeklinde yapılabilir.

Bu bağlamda: (Bal, B.C., vd. 2012) çalışmasında da görüleceği üzere; SJ-3 (23°C) kaynağı hariç diğerlerindeki radyal yönde genişlemedeki azalmanın ve birbirinden farklı olmalarının nedeni: Odunun yoğunluğu, özün etrafında ve genç odununda düşük olduğundan, olgun odununda yoğunluk değerinin yüksek olması ve ekstraktif maddelerin bol miktarda bulunmasından kaynaklandığı söylenebilir. Test örneklerinin yıllık halka genişlikleri daha büyük ölçülmesi radyal yönde genişleme miktarını kararsız kılabilmektedir. Ağaçlarda su iletiminin diri odun kısmında gerçekleştiği, öz odunun ölü odun kısmı olduğu ve su iletiminin olmadığı, iğne yapraklı ağaç türlerinin öz odununun yaş hal rutubetinin diri odundan düşük olduğu bu da radyal yönde genişlemenin kendi arasında da farklı değerler kazanmasında etkili olabilir. Genç odun- olgun odun arasında önemli derecede fark olduğu bilinmektedir. Bu farkların, lif morfolojisindeki farklılıklar ve genç odun kısmında hızlı büyüme sonucu oluşan ve radyal yönde genişlemeyi düşürdüğü söylenebilir. Ayrıca radyal yönde farklı sonuçların oluşmasında ekstraktif maddelerin ve genç odunun lif yapısının etkili olduğu, ekstraktif maddelerin sadece SJ-3 (23°C) jeotermal kaynağında radyal yönde genişlemeyi artırdığı fakat mekanik özellikleri aynı derecede artırıcı etkisinin olmadığı sonucuna varılabilir. Radyal yönde genişleme ile alakalı değerler literatür araştırmasında (Var vd, 2013; Soygüder,2017; Genç, 2013; Kardaş, 2014; Var vd., 2014) elde edilen verilerin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, radyal yönde genişleme kontrole göre en fazla artış % 9,84 ile SJ-3 23°C kaynağında görülmüştür. En çok azalma ise % 10,68 ile SJ-3 kaynak sıcaklığında gerçekleşmiştir.

#### **4.7.2. Teğet Yönde Genişlemeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar**

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin teğet yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de verilmiştir.



Çizelge 4.20. Teğet yönde genişleme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeoterma Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksim.
SJ-1	40.3±2	10	6,49	0,606	0,192	5,50	7,16
	23±2	10	6,00	0,483	0,153	5,40	6,54
SJ-3	38.4±2	10	6,18	0,544	0,172	5,57	6,74
	23±2	10	4,28	0,344	0,109	3,76	4,55
SJ-5	40.9±2	10	5,98	0,544	0,172	5,31	6,43
	23±2	10	6,57	0,599	0,189	5,66	7,68
Kontrol		10	6,69	0,520	0,165	6,01	7,28

Çizelge 4.20' ye göre teğet yönde genişleme değerleri, kontrol grubu örnekler için %6,01- %7,28 aralığında ve yaklaşık ortalaması % 6,69 değerinde, deney numunelerinde %4,28- %6,57 arasında değiştiği ve ortalama %5,92 civarında olduğu görülmektedir. Teğet yönde genişleme' nin, kontrole göre, tüm kaynaklar ve sıcaklıklar için azaldığı belirlenmiştir. Teğet yönde genişlemedeki azalmanın ise, sırasıyla, %3, %11, %8, %56, %11 ve %1 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Dolayısıyla, Şekil 4.7.'de görüldüğü üzere, teğet yönde genişleme bakımından, tüm SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kaynak sıcaklıklarında % 95 güven düzeyinde hem kendi aralarında hem de kontrol gurubu ile aralarında anlamlı bir farklılık göstermiştir. Çizelge 4.22' de görüleceği gibi teğet yönde genişleme için verilerin 3 homojen sınıfını (A, B, AB) oluşturmaktadır. Bu gruplarda en büyük etkiyi (A), daha az etkiyi (B) ve birbirine en yakın etkiyi (AB) harfleri ifade etmektedir. Buna göre, SJ-1 Kontrol, SJ-3 oda ve kaynak sıcaklığı ve de SJ-5 kaynak sıcaklığı (A) homojen gurubunda toplanmış görünüyor. (B) homojen grupları da SJ-1 23°C ile SJ-3 ve SJ-5 kontrol örnekleri teşkil edildiği görülüyor. Birbirine yakın homojen gurubu (AB) de ise SJ-1 kaynak sıcaklığı ve SJ-5 23°C örnekleri görülmektedir.

Çizelge 4.21. Teğet yönde genişleme ile alakalı ANOVA sonuçları

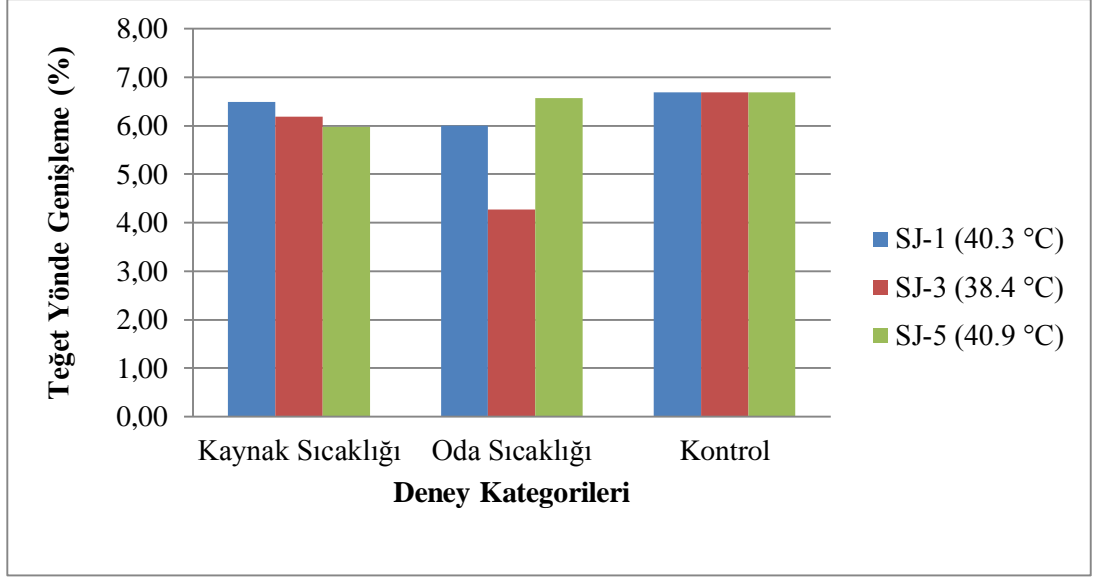
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	2,529	2	1,264	4,355	0,023
	Gruplar İçi	7,839	27	0,290		
	Toplam	10,367	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	32,332	2	16,166	70,804	0,000
	Gruplar İçi	6,165	27	0,228		
	Toplam	38,496	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	2,882	2	1,441	4,668	0,018
	Gruplar İçi	8,336	27	0,309		
	Toplam	11,218	29			

Çizelge 4.21'e göre,  $p < 0.05$  olduğu için jeotermal kaynaklardan her birinin, teğet yönde genişleme direnci üzerine, SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kaynak sıcaklıkları deneylerindeki etkisinin anlamlı çıktığı görülebilmektedir.

Çizelge 4.22. Teğet yönde genişleme ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Teğet Yönde Genişleme		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	6,49	AB
	23±2	10	6,00	B
SJ-3	38.4±2	10	6,18	A
	23±2	10	4,28	B
SJ-5	40.9±2	10	5,98	B
	23±2	10	6,57	AB
Kontrol		10	6,69	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.7. Teğet yönde genişleme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Önemli bir şekilde aralarında anlamlı farklılık görünen tüm SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kaynak sıcaklıklarında ki uygulanan testlerin, kontrole göre, teğet yönde genişleme üzerine, SJ-5 23 °C de %6,57 en yüksek görüldüğü, en düşük sonucun %4,28 ile SJ-3 23°C’ de bulunduğu görülmüştür. (Şekil. 4.7).

Bu bağlamda: Bütün değerlerin kontrole göre düşük çıkmasındaki etken, Jeotermal sıvının ağaç malzeme ile empenyesi sonucu yüklendirilmesi öngörülen koruyucu sıvının oduna nüfuz düzeyi, ağaçtan elde edilen malzemenin fiziki yapısı doğrultusunda değerlendirilmesi yapıldığında; ağacın türü, özgül ağırlığı, porositesi (hücredeki boşluk oranı), odunun rutubeti vs etkiler ve yönlendirmeleri ile oluştuğu söylenebilir (Arsenault, 1973; Nicholas ve Siau, 1973). Odunun sahip olduğu boşluk hacmi, ilave bir fiziksel özellik sıfatıyla hesaplanabilmektedir. Ayrıca, ahşap malzemedeki boşluk hacmi, odundaki porozitenin kapsamı doğrultusunda daha kolay hesaplanabilmektedir. Tam kuru olan odunun durumunda mutlak miktar boşluk hacminin, net odun miktarı ile ilişkilendirmesinde sonra empenye edilmesinin ardından, teğet yönde genişleme değerini azaltma sonucunu doğurmuş olabilir (Bozkurt ve Göker, 1987). Bu sebepten yıllık halkadaki genişlik ahşaptaki yaz odun oranı iştiraki miktarının azlığından kaynaklanabilir. Teğet yönde genişleme bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Soygüder,2017; Genç, 2013; Var vd., 2013; Kardaş, 2014) karşılaştırılmıştır. Çalışmada teğet yönde genişleme için elde edilen değerler % 6,01 – 7,28 arasında değiştiği görülmüştür. Bu durumda teğet yönde genişlemeye dair sonuçlar literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, teğet yönde genişleme

kontrole göre en az düşüş % 1,78 ile SJ-5;23°C kaynağında görülmüştür. En çok azalma ise % 36,04 ile SJ-3;23°C kaynağında gerçekleşmiştir.

#### 4.8. Çekmeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

##### 4.8.1. Radyal Yönde Çekmeye İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

İki farklı sıcaklık ve üç farklı jeotermal kaynak sıvısı ile emprenye edilen kızılçamın yest örneklerindeki radyal yönde çekme radyal yönde çekme için tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25' te verilmiştir. Jeotermal işlem sıcaklıklarına göre elde edilen radyal yönde çekme grafiği ise Şekil 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.23' e göre, radyal yönde çekme değerleri, kontrol grubu örnekler için %5,31-%6,42 arasında ve ortalama % 5,73 olduğu görülmektedir. Radyalyönde çekmenin, kontrole göre, tüm kaynaklar ve sıcaklıklar için azaldığı belirlenmiştir. Radyalyönde çekmedeki azalmanın ise sırasıyla, %6, %0.6, %20, %12, %19, %14 olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Radyal yönde çekme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Tanımlayıcı İstatistikler					
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	5,40	0,441	0,139	4,91	5,94
	23±2	10	5,69	0,461	0,146	5,20	6,31
SJ-3	38.4±2	10	4,76	0,397	0,126	4,22	5,11
	23±2	10	5,10	0,404	0,128	4,61	5,57
SJ-5	40.9±2	10	4,78	0,369	0,117	4,32	5,28
	23±2	10	5,02	0,424	0,134	4,51	5,45
Kontrol		10	5,73	0,375	0,119	5,31	6,42

Diğer yandan, Çizelge 4.24' e göre, radyal yönde çekme üzerine, SJ-3 ve SJ-5 kaynaklarının, etkisinin %95 güven düzeyinde önemli olduğu, SJ-1 kaynağı ise anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.24. Radyal yönde çekme ile alakalı ANOVA sonuçları

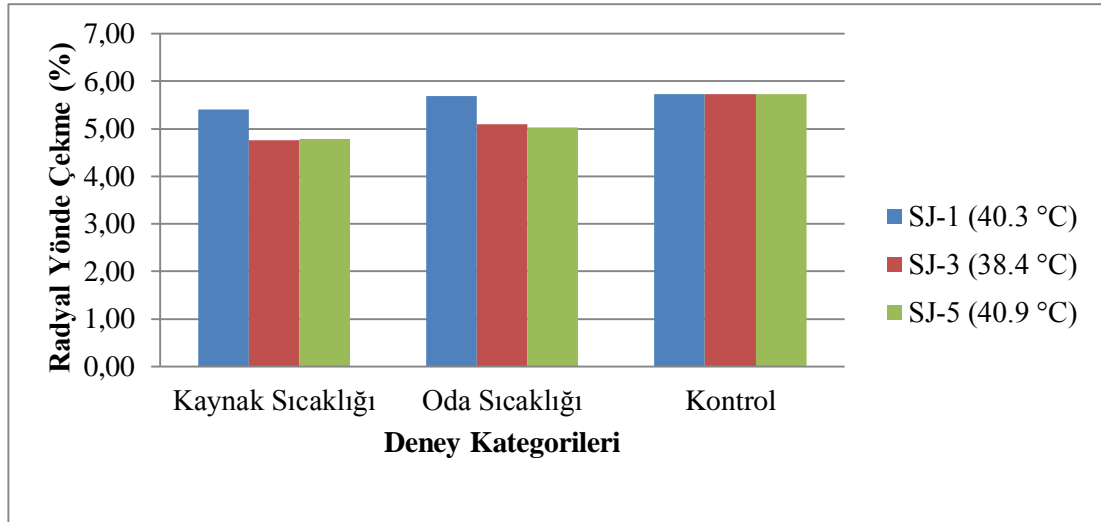
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ -1	Gruplar Arası	0,631	2	0,315	1,726	0,197
	Gruplar İçi	4,934	27	0,183		
	Toplam	5,565	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	4,841	2	2,421	15,717	0,000
	Gruplar İçi	4,158	27	0,154		
	Toplam	9,000	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	4,819	2	2,409	15,852	0,000
	Gruplar İçi	4,104	27	0,152		
	Toplam	8,923	29			

Çizelge 4.25. Radyal yönde çekme İle alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Radyal Yönde Çekme		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	5,40	A
	23±2	10	5,69	A
SJ-3	38.4±2	10	4,76	B
	23±2	10	5,10	B
SJ-5	40.9±2	10	4,78	B
	23±2	10	5,02	B
Kontrol		10	5,73	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir

Dolayısıyla, Çizelge 4.25 'te görüldüğü üzere, radyal yönde çekme bakımından, bütün jeotermal kaynakları, özellikle kendi aralarında ve kontrol grubu örnekleri ile arasında bir anlamlılık mevcut değildir. Deney sonucunda iki farklı homojenik grup oluşmuştur. Bunlar A ve B grubudur. Ortalamalar incelendiğinde değerlerin birbirine çok yakın olduğu gözlemlenmiştir. Radyal yönde çekme ile ilgili en az etkiyi SJ-3 kuyu sıcaklığı, en fazla etkiyi ise SJ-1 oda sıcaklığı sıvının gösterdiği tespit edilmiştir. (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Radyal yönde çekme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Jeotermal kaynak sularının sıcaklığı arttıkça radyal yönde çekmenin azalması, çekmeyi artıran kimyasal bileşiklerin deforme olmasından kaynaklanabilir (Soygüder, 2017).

Bu bağlamda: (Stam,1964; Korkut ve Kocafe, 2017) çalışmalarından yola çıkarak, jeotermal emprenye işlem uygulaması, selülozdaki polimerin depolimerizasyonunu etkilediği için amorf selülozunun az da olsa önemsenecek bir ölçüde bozunmasında rol oynayabilmekte ve odunun çekme direncinin azalmasında önemli bir sebep olabilmektedir. Ahşap malzemenin içindeki gerilmelerin selülozdaki fibrilleri / mikrofibrilleri arasında dağıtılabilmektedir. Bunun yanında selüloz polimer uzunluğunun radyal yönde çekme üzerine etkisi, polimerizasyon derecesi 300'ün üzerinde değişmemesi sebebiyle sınırlı olabilmektedir. Amorf selülozun kristalleşmesinin çekme direncindeki azalmadan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Elde edilen değerler literatür araştırmalarında (Soygüder,2017; Kardaş, 2014; Var vd., 2014; Genç, 2013; Var vd, 2013) yaklaşık aynı düzeyde oldukları tespit edilmiştir.

#### 4.8.2. Teğet yönde çekmeye ilişkin bulgular ve tartışmalar

İki farklı sıcaklık ve üç farklı jeotermal kaynak suyla muamele edilen test örneklerinde teğet yönde çekme için tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.26, Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28' de bulunmaktadır. Emprenye sonucundaki değerler teğet yönde çekme ile alakalı grafik ise Şekil 4.9' da verilmiştir. Çizelge 4.25'e göre, teğet yönde çekme değerleri, kontrol grubu örnekler için % 6,14- %7,43 arasında ve

ortalama % 6,76 olduğu, test grubu örnekler için %5,83-%7,04 arasında değiştiği ve ortalama %6,30 civarında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.26. Teğet yönde çekme ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (%)	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	6,50	0,551	0,174	5,81	7,03
	23±2	10	5,83	0,499	0,158	5,24	6,34
SJ-3	38.4±2	10	6,18	0,549	0,174	5,70	6,90
	23±2	10	6,29	0,500	0,158	5,69	6,89
SJ-5	40.9±2	10	5,96	0,416	0,131	5,43	6,57
	23±2	10	7,04	1,173	0,371	6,07	9,97
Kontrol		10	6,76	0,470	0,149	6,14	7,43

Diğer yandan, Çizelge 4.26' ya göre, teğet yönde çekme ile alakalı anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.27. Teğet yönde çekme ile alakalı ANOVA sonuçları

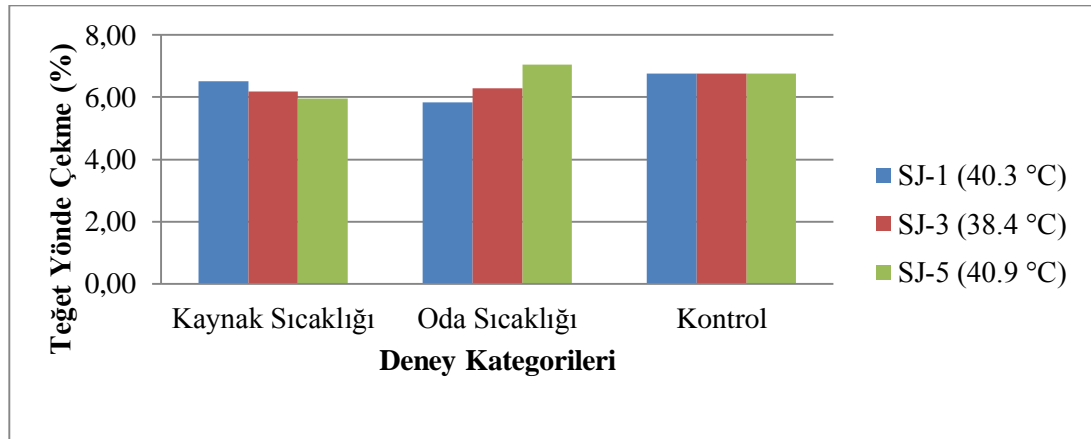
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	4,680	2	2,340	9,084	0,001
	Gruplar İçi	6,955	27	0,258		
	Toplam	11,635	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	1,892	2	0,946	3,675	0,039
	Gruplar İçi	6,953	27	0,258		
	Toplam	8,845	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	6,358	2	3,179	5,392	0,011
	Gruplar İçi	15,917	27	0,590		
	Toplam	22,275	29			

Çizelge 4.28. Teğet yönde çekme ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı(°C)	Teğet Yönde Çekme		
		Numune Sayısı	Ortalama (%)	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	6,50	A
	23±2	10	5,83	B
SJ-3	38.4±2	10	6,18	B
	23±2	10	6,29	AB
SJ-5	40.9±2	10	5,96	B
	23±2	10	7,04	A
Kontrol		10	6,76	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir

Dolayısıyla, Şekil 4.9 'da görüldüğü üzere, teğet yönde çekme bakımından, bütün jeotermal kaynaklar hem kendi aralarında hem de kontrol gurubu ile aralarında anlamlı bir farklılık göstermiştir. Çizelge 4.28' de görüleceği teğet yönde çekme için homojen harf grupları değerlendirildiğinde 3 farklı harfli homejenik grup (A, AB, B) oluşturduğu görülmektedir. Buna göre, SJ-1 oda sıcaklığı, SJ-5 kaynak sıcaklığı ve kontrol örnekleri aynı (A) homojen gurubunda toplanmış olduğu görülüyor. (B) homojen grubu ise SJ-1 kaynak sıcaklığı, SJ-3 ve SJ-5 kaynaklarının oda sıcaklıklarını içermektedir. Geride kalan SJ-3 kaynak sıcaklığı ise (AB) homojen grubunda olduğu görülmektedir. Önemli bir şekilde aralarında anlamlı farklılık görünen testlerin, kontrole göre, teğet yönde çekme üzerine, SJ-5 23°C' de %7,04 lik bir değerle en çok etkiyi yaptığı, en düşük ise %5,83 ile SJ-1; 23°C' jeotermal olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Teğet yönde çekme üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği



Teğet yönde çekme Şekil 4.9’ da her bir kaynağın tutarsız bir durum sergilemesi olarak görülmektedir.

Bu bağlamda: SJ-5 (23°C) hariç diğer kaynaklarda emprenye için kullanılan jeotermal sıvıların ağaç malzemede selülozun zincir yapısında zayıflatma etkisi uyandırarak hücrede kohezyonu azaltma etkisi meydana gelebileceği söylenebilir. Odunun çekmeye ait gerilmeleri selülozun lifler ve mikrofibrillerin arasındaki kovalent bağları kırılma göstermesinden çekme ve kayma olabilmekte ve selülozdaki polimerlerinin depolimerizasyon işlemi ve polimerizasyon derecesindeki azalma, emprenyeden sonraki selülozda polimerlerin depolimerizasyon olayına neden olan amorf yapı selülozda az da olsa önemsenecek miktarda bozunmasına sebep olabilmektedir. Ek olarak jeotermal emprenye işlemi sonunda hemiselülozda meydana gelen bozunma da teğet yönde çekme direncinin azalmasında ayrıca etkili olabilir (Stam,1964; Korkut ve Kocaefe, 2017). Teğet yönde çekme ile ilgili bu değerler literatür araştırmasında (Var vd, 2013; Soygüder,2017; Genç, 2013; Kardaş, 2014; Var vd., 2014) elde edilen verilerin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.9. Eğilme Direncine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin eğilme direnci ile alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.29, Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Eğilme direnci ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Numune Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	77,16	6,600	2,087	70,01	84,71
	23±2	10	72,81	7,914	2,503	65,04	82,99
SJ-3	38.4±2	10	81,76	6,987	2,210	75,46	91,31
	23±2	10	81,59	6,139	1,941	73,32	88,72
SJ-5	40.9±2	10	95,56	6,155	1,946	84,68	102,46
	23±2	10	87,57	10,184	3,220	69,76	99,22
Kontrol		10	92,53	7,420	2,347	83,70	101,27

Çizelge 4.29. incelendiğinde eğilme direnci miktarı kontrol örneklerinde 83,70 (N/mm<sup>2</sup>) - 101,27 (N/mm<sup>2</sup>) aralığında ve ortalama 92,53 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu saptanmıştır. Ayrıca test grubu örneklerden SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3 °C’de 70,01 (N/mm<sup>2</sup>) – 84,71 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 77,16 (N/mm<sup>2</sup>) 23 °C’de 65, 04 (N/mm<sup>2</sup>) – 82,99 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 72,81 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4 °C’ de 75, 46(N/mm<sup>2</sup>) – 91,31 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 81,76 (N/mm<sup>2</sup>); 23 °C de 73,32 (N/mm<sup>2</sup>) – 88,72 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 81,59 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9 C’ de 84,68 (N/mm<sup>2</sup>) – 102,46 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 95,56 (N/mm<sup>2</sup>); 23 C’ de 69,76 (N/mm<sup>2</sup>) – 99,22 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 87,57 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında kontrol örnekleriyle karşılaştırılması sonucu Eğilme Direnci miktarı 95,56 (N/mm<sup>2</sup>) ile en fazla artırdığı SJ-5 kaynağı (40.9°C) da, en az etkiyi ise 72,81 (N/mm<sup>2</sup>) olarak SJ-1 kaynağı 23°C’ de görülmüştür. Tüm kaynakların kaynak sıcaklıklarının ortalamalarını incelediğimiz de çoktan aza doğru: SJ-5 (40.9°C)> SJ-3 (38.4°C)> SJ-1 (40.3°C) şeklinde sıralamak mümkündür. Bu değerler incelendiğinde kontrole göre sadece SJ-5 deki test hariç, tüm test örnekleri için eğilme direncinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.10).

Çizelge 4.30. Eğilme direnci ile alakalı ANOVA sonuçları

Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ -1	Gruplar Arası	2148,321	2	1074,160	19,984	0,000
	Gruplar İçi	1451,245	27	53,750		
	Toplam	3599,566	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	786,163	2	393,081	8,329	0,002
	Gruplar İçi	1274,203	27	47,193		
	Toplam	2060,366	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	324,801	2	162,400	2,477	0,103
	Gruplar İçi	1769,925	27	65,553		
	Toplam	2094,726	29			

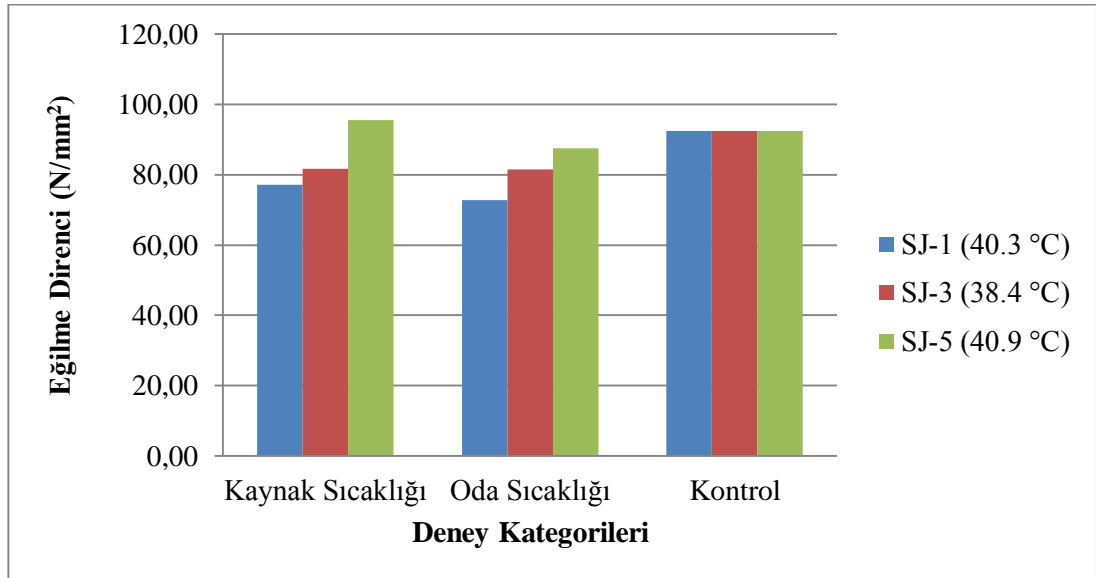
Çizelge 4.30’ daki ANOVA sonucu ( $P \leq 0,05$ ) SJ-1 ve SJ-3 kaynaklarında olduğu için SJ-1 ve SJ-3 jeotermal kaynaklarının kızılçam odununda eğilme direnci ile alakalı anlamlı bir etki mevcut bulunduğu görülmektedir. Sadece SJ-5 yani ( $P \leq 0,05$ ) olduğu için anlamlı bir etkisinin olduğu gözlenememiştir. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için eğilme direnci ile alakalı Tukey testi yapılmıştır(SJ-1 ve SJ-3).kaynak ve oda sıcaklığı grupları aynı

(B) homojenik grubunda, SJ-5 kaynağının oda ve kaynak sıcaklıklarının (A) grubu homojenik grupta olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre en fazla SJ-1;23°C' nin eğilmeyi azalttığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.31. Eğilme direnci ile alakalı Tukey testi ve sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Eğilme Direnci		
		Numune Sayısı	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	77,16	B
	23±2	10	72,81	B
SJ-3	38.4±2	10	81,76	B
	23±2	10	81,59	B
SJ-5	40.9±2	10	95,56	A
	23±2	10	87,57	A
Kontrol		10	92,53	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.10. Eğilme direnci üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Çizelge 4.31'deki eğilme direnci ile alakalı Tukey testi verileri incelendiğinde homojen grubu bakımında (A ve B) olmak üzere iki grupta olduğu SJ-5 sıvısı ile yapılan deneyin (A) grubunda olduğu görülmektedir. Ayrıca, kaynak sıcaklıklarına göre çoktan aza doğru SJ-5 (40.9°C) > SJ-3 (38.4°C) > SJ-1 (40.3°C) şeklinde sıralama yapılabilir.

Başka bir çalışmada bor yağı (daldırma yöntemi) ile muamele edilen sarıçam odununda eğilme direnci kontrol örneğine göre %0.22 daha az olduğu ifade edilmiştir. CCA ile muamele edilen (%1, %3, %10) kızılâğaç odununda en yüksek eğilme direncinin 100 °C sıcaklıktaki %10'luk çözelti ile olduğu ve kontrole göre %18 arttığı, ama 60 °C' deki muamelede eğilme direncinde azalma olduğu vurgulanmıştır. Bu azalmanın nedeni ise asidik krom içeren emprenye maddelerinin odun şekerlerini azalttığı ve hücre çeperleriyle etkileşim içine girmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Temiz vd., 2004). Kavak odunu % 10'luk reçine çözeltisi ile emprenye edildikten sonra eğilme direncinde %8 artma olduğu yapılan bir çalışmada vurgulanmıştır (Dong vd., 2016). Yapılan başka bir çalışmada ise %2'lik silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ile kavak odunu emprenyesinde, eğilme direncinde %5 azalma olduğu ifade edilmiştir (Dong vd., 2015). Sarıçam odununda yapılan başka bir çalışmada ise eğilme direnci kontrol örneklerine göre CCB ile emprenyede %15 artma, amonyum sulfat ile emprenyede %48 azalma, diamonyum fosfat ile emprenyede %5 azalma, borik asitle emprenyede %30 azalma, borax ile emprenyede % 12 artma ölçülmüştür (Peker vd., 1999). Kavak odunu nano-alüminyum-oksit ile muamele edildikten sonra eğilme direnci, liflere paralel basınç ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin artan bir eğilim sergilediğinden bahsedilmektedir (Taghiyari vd., 2015). (Özçiftçi ve Batan, 2009). Kore çamının APP (amonyum fosfat polimeri) ile emprenyesini konu alan başka bir çalışmada ise, eğilme direnci, kontrol örneklerine göre %14.4 azaldığı rapor edilmiştir (Wem Yu vd., 2014).

Buna göre SJ-5 (40.9°C) hariç diğer kaynaklarda eğilme dirençlerinde azalma olduğunun sebebi hücresel yıkımdan kaynaklanabilir. Emprenye uygulaması boyunca odunda ağırlık ve buna bağlı olarak eğilme direnci açık bir biçimde değişmeye uğramaktadır. Emprenye uygulamasından sonra SJ-5 (40.9°C) kaynağında eğilme direncindeki artmanın ana sebepleri; (Boonstra, 2008 ve Korkut ve Kocafe, 2017). Çalışmalarında jeotermal emprenyenin en başından itibaren öncelikle hemiselüloz ve odundaki bileşenlerden buharlaşarak uçucu ürünler haline dönüşmesiyle, ekstraktif maddelerde buharlaşma ve jeotermal sıvı ile odun yapısının çok daha higroskopik özellikte olabilmesidir. Jeotermal uygulamasından sonra daha düşük bir eğilme direnç özelliklerinde bir azalmaya sebep olsa da bu durum prematüre olarak adlandırılabilir. Oduna ait olan materyalin ve ağırlığındaki kayıpla ilişkili olarak ahşabın ana bileşenlerindeki bozunma içteki gerilmeleri minimum olarak molekülerin odun materyalinin üzerinde dağıtılmasında sebep olduğu için eğilme direnci özelliklerini ve değerlerini azaltır. Diğer taraftan daha düşük rutubet içeriği eğilme direnci için pozitif etkiye sahiptir ve kütle kayıplarında etkisini azaltabilir. Eğilme direnci bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Bozkurt vd. 1993; Karademir, 2012; Genç, 2013; Öktem ve Sözen, 2014; Demirtaş, 2015; Soygüder 2017) karşılaştırılmıştır. Çalışmada eğilme direnci için elde edilen değerler 83,70 – 101,27 N/mm<sup>2</sup>

arasında değiştiği ve bu değerin literatürle uyumlu olduğu görölmüştür. Bu bilgiler ışığında, kontrol örneklerine göre SJ-5 kaynak sıcaklığı testi %3,27 daha çok eğilme direnci sağlarken; SJ-1 23°C deneyi kontrolden % 21,32 daha az eğilme direnci vermiştir.

#### 4.10. Eğilmede Elastikiyet Modölüne İlişkin Bulgular ve Tartışmalar

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin eğilmede elastikiyet modölü ile alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.32, Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34' te verilmiştir.

Çizelge 4.32. Eğilmede elastikiyet modölü ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Num. Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	6103,37	495,016	156,538	5621,45	6801,66
	23±2	10	5018,84	407,849	128,973	4446,25	5380,67
SJ-3	38.4±2	10	7258,15	657,721	207,990	6272,23	8220,95
	23±2	10	7065,33	533,974	168,857	6389,45	7731,22
SJ-5	40.9±2	10	7491,83	544,915	172,317	6898,70	8347,01
	23±2	10	5796,94	549,503	173,768	5280,05	6833,19
Kontrol		10	10560,87	949,968	300,406	9730,70	11774,15

Çizelge 4.32. incelendiğinde eğilmede elastikiyet modölü ile alakalı kontrol örneklerinde 9730,87 (N/mm<sup>2</sup>) – 11774,15 (N/mm<sup>2</sup>) aralığında ve ortalama 10560,87 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu saptanmıştır. Ayrıca test grubu örneklerden SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3°C'de 5621,45 (N/mm<sup>2</sup>) – 6801,66 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 6103,37 (N/mm<sup>2</sup>) 23C'de 4446,25 (N/mm<sup>2</sup>) – 5380,67 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 5018,84 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görölmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4°C'de 6272,23 (N/mm<sup>2</sup>) – 8220,95 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 7258,15 (N/mm<sup>2</sup>) 23 °C'de 6389,45 (N/mm<sup>2</sup>) – 7731,22 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 7065,33 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görölmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9°C' de 6898,70 (N/mm<sup>2</sup>) – 8347,01 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 7491,83 (N/mm<sup>2</sup>); 23 °C' de 5280,05 (N/mm<sup>2</sup>) – 6833,19 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 5796,94 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görölmektedir. Tüm kaynakların kaynak sıcaklıklarının ortalamalarını incelediğimiz de çoktan aza doğru: SJ-5 (40.9°C)> SJ-3 (38.4°C)> SJ-1 (40.3 °C) şeklinde sıralamak mümkündür. Bu değerler incelendiğinde, kontrole göre tüm test örnekleri için eğilme direncinin azaldığı, yani eğilmede elastikiyet kontrole göre

sağlamadığı, en fazla düşüş kontrol grubuna göre %52,48 ile SJ-1 23°C’ deki kaynak olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).

Çizelge 4.33. Eğilmeye elastikiyet modülü ile alakalı ANOVA sonuçları

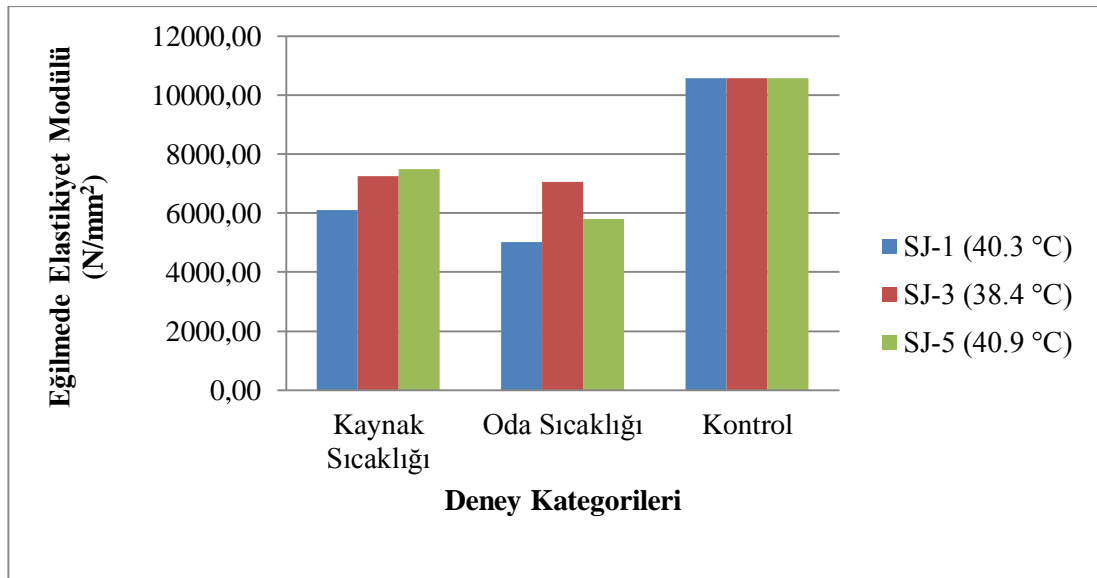
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	172531990,341	2	86265995,171	196,981	0,000
	Gruplar İçi	11824382,603	27	437940,096		
	Toplam	184356372,945	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	77213092,975	2	38606546,488	71,486	0,000
	Gruplar İçi	14581473,938	27	540054,590		
	Toplam	91794566,914	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	116622276,387	2	58311138,194	116,519	0,000
	Gruplar İçi	13511917,199	27	500441,378		
	Toplam	130134193,586	29			

Çizelge 4.33’deki ANOVA sonucu, tüm kaynakların anlamlı olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.34), sıcaklıkların etkisi açısından tüm sıcaklıkların üç farklı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür. Çizelge 4.33’deki sonuca göre jeotermal su sıcaklığının elastikiyet modülünü azalttığı görülmüştür.

Çizelge 4.34. Eğilmede elastikiyet modülü ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Elastikiyet Modülü		
		Numune Sayısı	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	6103,37	B
	23±2	10	5018,84	C
SJ-3	38.4±2	10	7258,15	B
	23±2	10	7065,33	B
SJ-5	40.9±2	10	7491,83	B
	23±2	10	5796,94	C
Kontrol		10	10560,9	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.11. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Yapılan başka bir çalışmada ise %2'lik silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>) ile kavak odunu emprenyesinde, eğilmede elastikiyet modülünde %40 artış olduğu ifade edilmiştir (Dong vd., 2015). Kore çamının APP (amonyum fosfat polimeri) ile emprenyesini konu alan bir çalışmada ise, eğilmede elastikiyet modülü, kontrol örneklerine göre %1.7 azaldığı rapor edilmiştir (Wem Yu vd., 2014). Başka bir çalışmada bor yağı (daldırma yöntemi) ile muamele edilen sarıçam odununda eğilmede elastikiyet modülünde kontrol örneğine göre %2.2 daha az olduğu ifade edilmiştir (Özçiftçi ve Batan, 2009).Kavak odunu % 10'luk

reçine çözeltisi ile emprenye edildikten sonra eğilmede elastikiyet modülünde %11 artma olduğu yapılan bir çalışmada vurgulanmıştır (Dong vd., 2016).

Bu bağlamda eğilmede elastikiyetin azaltma sebebi: Kontrol örneğine oranla eğilme direnci ve elastiklik modülünde azalmanın meydana gelmesindeki sebep, ahşap malzemenin anatomik yapısı ve jeotermal sıvının hücre çeperi boşluklarını gereğince dolduramamasından kaynaklanabilir ve böylece özgül ağırlıklarında düşme olabilir. Ahşap malzeme mekanik özelliklerinde rutubet miktarı oranıyla doğrudan alakadardır. Hücrenin çeperinde polimerik ana bileşenler arasındaki hidrojen bağındaki azalma ve bağlı su miktarındaki artma engellenmesinin sebep olamsından kovalent bağ ve polimeriçi hidrojen bağlarınınodun ile alakalı direncinin özelliklerini azaltabilir. Emprenyesi yapılmış odunda maksimum bağlı su oranındaki azalmanın ve daha düşük higroskopik yapıyı kazanması sebebiyle jeotermal emprenye, odunun elastikiyet modülü özelliklerine negatif yönde etkilemiş olabilir (Hill, 2006 ve Korkut ve Kocaefe, 2017). Ayrıca, jeotermal suların içerdiği kimyasallar (Çizelge 4.1.) ile kızılçamdaki reçinesinin olumsuz etkisi olabileceğidir. Eğilmede elastikiyet modülü bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Bozkurt vd. 1993; Karademir, 2012; Genç, 2013; Öktem ve Sözen, 2014; Demirtaş, 2015; Soygüder, 2017) karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen değerlerin 9730,70–11774,15 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği ve bu değerlerin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu bilgiler ışığında, eğilmede elastikiyet modülü, en fazla azalma SJ-1; 23°C kontrole göre %52,48 olduğu görülmektedir. SJ-5 kaynak sıcaklığı ise kontrole göre ise % 29,06 en düşük azalma çıkmıştır.

#### **4.11. Liflere Paralel Basınç Direncine İlişkin Bulgular ve Tartışmalar**

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 Jeotermal kaynak suları ile emprenye edilen örneklerin liflere paralel basınç ile alakalı tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Tukey testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4.35, Çizelge 4.36 ve Çizelge 4.37’de verilmiştir.



Çizelge 4.35. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal Kaynak	Su Sıcak. (°C)	Num. Sayısı	Tanımlayıcı İstatistikler				
			Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Standart Sapma	Standart Hatalar	Minimum	Maksimum
SJ-1	40.3±2	10	39,90	3,093	0,978	36,10	43,68
	23±2	10	35,81	3,064	0,969	32,43	39,24
SJ-3	38.4±2	10	41,15	4,277	1,352	37,15	47,23
	23±2	10	40,56	2,858	0,904	37,15	44,95
SJ-5	40.9±2	10	43,07	4,167	1,318	37,01	47,42
	23±2	10	37,24	3,401	1,076	33,92	41,04
Kontrol		10	50,68	3,952	1,250	48,47	58,64

Çizelge 4.35. incelendiğinde liflere paralel basınç (LPB) direnci ile alakalı kontrol örneklerinde 48,47 (N/mm<sup>2</sup>) – 58,64 (N/mm<sup>2</sup>) aralığında ve ortalama 50,68 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu saptanmıştır. Ayrıca test grubu örneklerden SJ-1 Jeotermal Kaynağı için 40.3 °C’de 36,10 (N/mm<sup>2</sup>) – 43,68 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 39,90 (N/mm<sup>2</sup>); 23 °C’de 32,43 (N/mm<sup>2</sup>) – 39,24 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 35,81 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. SJ-3 Jeotermal Kaynağı için 38.4 °C’de 37,15 (N/mm<sup>2</sup>) – 47,23 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 41,15 (N/mm<sup>2</sup>); 23 °C’de 37,15 (N/mm<sup>2</sup>) – 44,95 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 40,56 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. SJ-5 Jeotermal Kaynağı için 40.9°C’ de 37,01 (N/mm<sup>2</sup>) – 47,42 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 43,07 (N/mm<sup>2</sup>) 23 °C’ de 33,92 (N/mm<sup>2</sup>) – 41,04 (N/mm<sup>2</sup>) ve ortalama 37,24 (N/mm<sup>2</sup>) olduğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, kontrol örnekleriyle karşılaştırılması sonucu liflere paralel basınç direnci miktarı 43,07 (N/mm<sup>2</sup>) ile en fazla artırdığı SJ-5 kaynağı (40.9°C ) da, en az etkiyi ise 35,81 (N/mm<sup>2</sup>) olarak SJ-1 kaynağı 23°C de görülmüştür. Tüm kaynakların kaynak sıcaklıklarının ortalamalarını incelediğimiz de liflere paralel basınç direnci çoktan aza doğru: SJ-5 (40.9°C)> SJ-3 (38.4°C)> SJ-1 (40.3°C) şeklinde sıralamak mümkündür. Bu değerler incelendiğinde kontrole göre tüm test örnekleri için liflere paralel basınç direnci azaldığı, yani liflere paralel basınç kontrole göre direnci sağlamadığı en fazla düşüş kontrol grubuna göre %29,35 ile SJ-1 23°C’ deki kaynak olduğu görülmektedir (Şekil 4.12).

Çizelge 4.36. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı ANOVA sonuçları

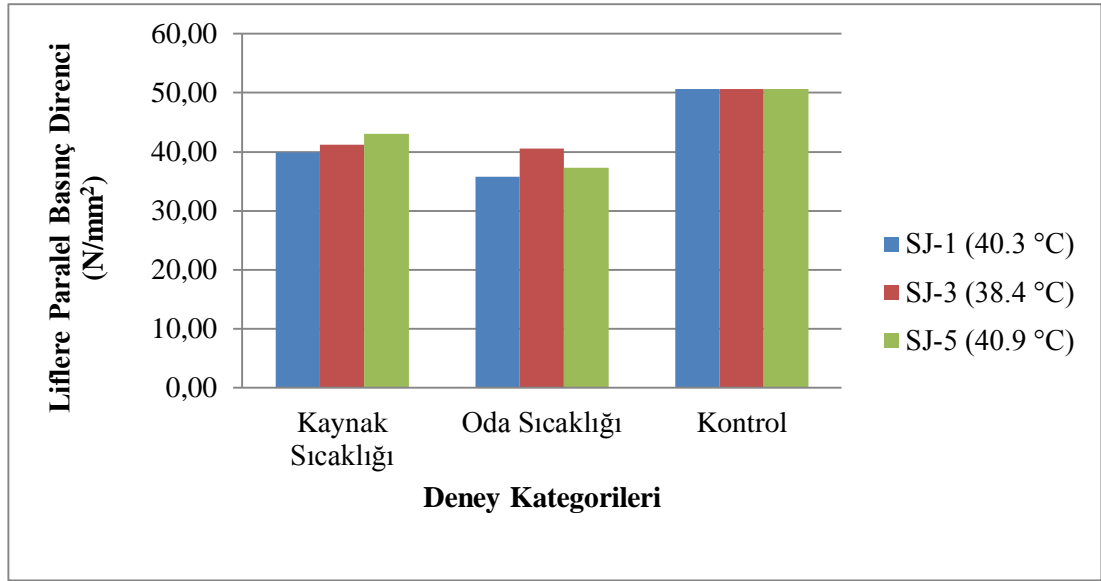
Jeotermal Kaynaklar	Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	P
SJ - 1	Gruplar Arası	1180,313	2	590,157	51,207	0,000
	Gruplar İçi	311,175	27	11,525		
	Toplam	1491,489	29			
SJ - 3	Gruplar Arası	644,883	2	322,442	22,990	0,000
	Gruplar İçi	378,686	27	14,025		
	Toplam	1023,569	29			
SJ - 5	Gruplar Arası	907,663	2	453,832	30,560	0,000
	Gruplar İçi	400,970	27	14,851		
	Toplam	1308,633	29			

Çizelge 4.36'deki ANOVA sonucu  $p < 0.05$  olduğu için jeotermal kaynakların kızılçam odununda liflere paralel direnci üzerinde (%95 güven düzeyinde) etkisinin olduğu görülmüştür. Bu etkiler arasında farklılık olup olmadığını anlamak için Tukey testi yapılmış, sıcaklıkların etkisi açısından tüm sıcaklıkların üç farklı homojenlik grubunda olduğu görülmüştür (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Liflere paralel basınç direnci ile alakalı Tukey testi sonuçları

Jeotermal Kaynak	Su Sıcaklığı (°C)	Liflere Paralel Basınç		
		Numune Sayısı	Ortalama (N/mm <sup>2</sup> )	Homojenik Grup *
SJ-1	40.3±2	10	39,90	B
	23±2	10	35,81	C
SJ-3	38.4±2	10	41,15	B
	23±2	10	40,56	B
SJ-5	40.9±2	10	43,07	B
	23±2	10	37,24	C
Kontrol		10	50,68	A

\* Farklı harfi taşıyan değerler aynı değildir



Şekil 4.12. Liflere paralel basınç üzerine SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermal suları grafiği

Çizelge 4.37 incelendiğinde üç farklı homojen grup (A, B, C) tan en az etkiyi C, en fazla etkiyi A verdiği görülmektedir. Kontrol örnekleri A homojen grupta toplanmıştır. SJ-1 40°C, SJ-3 23°C, SJ-3 38.4 °C ve Sj-5 40.9°C aynı grubu (B) paylaşmıştır. SJ-1 23 °C ve SJ-5 23 °C aynı grubu (C) paylaşmıştır. Liflere paralel basınç direnci kaynak sıcaklığına göre, çoktan aza: SJ-5 (40.9°C) > SJ-3 (38.4°C) > SJ-1 (40.3°C) şeklinde sıralamak mümkündür.

CCA (bakır/krom/arsenik) ile muamele edilen (%1, %3, %10) kızılğaç odununda en yüksek liflere paralel basınç direncinin 100 °C sıcaklıktaki %10'luk çözelti ile olduğu ve kontrole göre %46 arttığı ama 60 °C' deki muamelede liflere paralel basınç direncinde azalma olduğu vurgulanmıştır. Bu azalmanın nedeni ise asidik krom içeren emprenye maddelerinin odun şekerlerini azalttığı ve hücre çeperleriyle etkileşim içine girmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Temiz vd., 2004). Sarıçam odununun %1'lik Barit (BaSO<sub>4</sub>) çözeltisiyle emprenye edildiği bir çalışmada emprenye edilen test örnekleri, kontrol örneğine göre %55 daha fazla liflere paralel basınç direnci sağladığı rapor edilmiştir. Başka bir çalışmada bor yağı (daldırma yöntemi) ile muamele edilen sarıçam odununda liflere paralel basınç direnci kontrol örneğine göre %3.16 daha az olduğu ifade edilmiş ve bu düşüşün nedeni bor maddesinin odundaki selüloz zincirlerini hidrolize etmesi olarak açıklanmıştır (Özçiftçi ve Batan, 2009).

Bu bağlamda: (Davis ve Thompson,1964)' de görüleceği üzere kontrol örneklerine nazaran değerlerin düşük çıkmasının sebebi, yükün paylaşımındaki kapasitesinde bozulmada etken odundaki lignin, hemiselilozun yan zincirleri kırılmasından dolayı direncin kaybından mesul

görülebilmektedir. Hemiselülozdaki polemirizasyonun derecesinin azalma göstermesi ilk etapta direnç kayıplarındaki azalmanın bir diğer nedeni olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte liflere paralel basınç direncinde daha fazla azalma, jeotermal emprenye ve etüvde tam kuru hale gelme süresince kovalent bağındaki ligninin ve hemiselülozun aralarındaki kovalent bağlarının kırılması anında selülozun mikrofibrilleri ve/veya fibrillerinin içerisindeki kovalent bağlarının kırılması olarak adlandırılan depolimerizasyon kırılmalarına bağlanabilir. Amorf selülozdaki kristalleşme veya bozunma etkisiyle kristalimsi selüloz miktarlarındaki artması liflere paralel basınç direnci üzerine olumsuz bir etki meydana getirmiş olabilir. Bu duruma ek olarak, liflere dik rijit ve zayıf olmayacak ikincil bağların ve lifler boyları rijit ve kuvvetli bağlar gibi aynı olmayan bağların olması, kristalimsi selülozun lignin veya mikrofibril polimer ağlarının daha çok düzenli yapıya sahip olması gibi odundaki polimer moleküllerindeki yönelimlerin bu anizotropik yapıdaki liflere paralel basınç değerlerinin kontrole göre az olmasına sebep olduğu düşünülebilir (Korkut ve Kocaefe, 2017). Liflere paralel basınç direnci bakımından bu tezde elde edilen bulgular benzer çalışmalarla (Bozkurt vd. 1993; Karademir, 2012; Genç, 2013; Öktem ve Sözen, 2014; Demirtaş, 2015; Soygüder, 2017) karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen değerlerin 48,47 – 58,64 N/mm<sup>2</sup> arasında değiştiği ve bu değerlerin literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Bu bilgiler ışığında, liflere paralel basınç SJ-1;23°C nin kontrole göre %29,35 olarak en fazla azalmanın, SJ-5 kaynak sıcaklığına göre %15,01 daha düşük azalma ölçülmüştür.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konya Bölgesi SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 üç farklı jeotermal sıvı ile kuyu çıkış ve oda sıcaklıklarında uygulanan emprenyeleme işlemi netcesinde, SJ-5 jeotermal kızılcım ağaç materyallerin yoğunluk, rutubet, genel olarak absorpsiyon ve retensiyon performansını artırmıştır. Kızılcım diri odunda absorpsiyon, retensiyon ve radyal yönde çekme üzerine SJ-5 jeotermal sıvısı, önemli derecede etkili olurken, SJ-3 kaynak suları ise radyal yönde genişlemeyi etkilemiştir. Ayrıca her üç kaynak, yoğunluk, rutubet miktarı, su alma oranı, teğet yönde çekme ve genişleme, eğilmede elastikiyet modülü, liflere paralel basınç direnci üzerindeki etkileri anlamlı bulunmuştur.

SJ-3 ve SJ-5 için kaynaklar için, oda sıcaklıklı muamele sıvı ile muamelesi, kaynak çıkış sıcaklıklarına kıyasla absorpsiyon değerini artırmıştır. Retensiyon değerlerinde ise bütün jeotermal kaynaklar için jeotermal kaynak çıkış sıcaklıklı muamele verileri, oda sıcaklıklı muamele verilerinden yüksek çıkmıştır. Bununla beraber, su alma oranı, yoğunluk ve rutubet miktarı değerleri önemli derecede artarken, eğilme direnci deneyi, eğilmede elastikiyet modülü testi ile liflere paralel basınç direncinde genel itibariyle önemli bir azalma olmuştur. Ayrıca radyal ve teğet yönlerde genişleme ve çekme değerlerinde de önemli bir değişme olmamıştır.

SJ-1, SJ-3 ve SJ-5 jeotermalleri, sırasıyla toplam, 897,79 mg/l, 959,546 mg/l ve 908,134 mg/l derişimde kimyasal madde potansiyeline sahiptir. Bu kaynaklar, kimyasal emprenye maddelerinde bulunan elementlerden 9 farklı element veya mineral tuz içermektedir. Toplam jeotermal kimyasalın yaklaşık 1/3 'ünü oluşturmaktadır. Bu bağlamda

Absorpsiyon için SJ-3 ve SJ-5 kaynakların 23°C' lik sıvısı, retensiyon için tüm kaynakların kuyu çıkış sıcaklıklı sıvıları, teğet yönde çekme için SJ-5 kaynağının 23°C'lik sıvısı, radyal yönde genişleme için SJ-3 kaynağının 23°C'lik sıvısı ve eğilme direnci için SJ-5 kaynağının 40.9°C'lik sıvısı ahşap koruyucu madde başarılı sonuçlar vermesi beklenebilir.

## KAYNAKLAR

- Adıyaman, Ç., 2012. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 180s, Niğde
- Akgül, T., Apay, A., 2016. Krom Oksit (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Nano Partikül Emprenye Edilmiş Çam Ahşabın Basınç ve Çekme Dayanımının İncelenmesi. Akademik Platform ISITES 2016, 69-80.
- Akıllı, H., Ersöz M.E., 2002. The Application and The Progress of Geothermal Energy in Turkey, 11 (67-78).
- Akkuş, İ., Alan, H., 2016. Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar Ve Öneriler Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 89s.
- Akkuş, İ., Aydoğdu, Ö., 2006. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının potansiyeli ve önemi. Jeoloji Mühendisleri Odası, Jeotermal Enerji ve Yasal Düzenlemeler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s. 48-57.
- Akkuş. İ., 2009. Jeotermal Uygulamalar ve MTA, Erişim Tarihi: 09.04.2009, <http://www.hidrojeoloji.net>.
- Anonim, 2001. Devlet Planlama Teşkilatı. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Erişim Tarihi:28.11.2017.<http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/zel%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/Attachments/116/oik620.pdf>.
- Anonim, 2010. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Türkiye'de Jeotermal Enerji, Erişim Tarihi: 08.01.2017. [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede\\_jeo.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx).
- Anonim, 2015-a. Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (Jenarum). Jeotermal Enerji. Erişim Tarihi: 08.01.2017. <http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/tr/2014-10-28-09-06-30>.
- Anonim, 2015-b. Türkiye Jeotermal Derneği. Türkiye'de Jeotermal Enerji. Erişim Tarihi: 08.01.2017. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/sayfalar-Turkiye-de-Jeotermal>.
- Anonim, 2016. Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı. Jeotermal. Erişim Tarihi 08.01.2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>.
- Arsenault RD. Factors Influencing the Effectiveness of Preservative Systems. Preservatives and Preservative Systems, Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments (edited by DD Nicholas), 2: 121-178, New York: Syracuse University Press; 1973.
- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç., 2001. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. MTA Genel Müdürlüğü, 21-28.
- ASTM D570, 2010. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. Erişim Tarihi: 01.09.2017. <https://www.astm.org/Standards/D570.htm>.
- Aşçı, T., 2016. Emprenye Maddesi Olarak Kullanılan Borlu Bileşiklerin Performans Özelliklerinin Modifikasyonu. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 167s, Ankara.

- Atılğan, A., Peker, H., 2012. Çeşitli Emprenye Maddelerinin Mobilya ve Yapı Endüstrisinde Kullanılan Odun Türlerinin Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 13(1), 67-78.
- Aytaşkın, A., 2009. Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemenin Bazı Teknolojik Özellikleri. Karabük Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, Yüksek lisans tezi, 115s, Karabük.
- Bardak, S., Yel, H., Bakır, D., Peker, H., 2011. Emprenye Maddelerinin Okalıptüs (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) Odununun Fiziksel Özelliklerine Etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12 (19), 26-34.
- Bal, B.C., Bektaş, İ., Kaymakçı, A., 2012. Toros Sedirinde Genç Odun ve Olgun Odunun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 15(2),2012
- Baysal, E., Peker, H., Çolak, M., Göktaş, O., 2003. Çeşitli Emprenye Maddeleri İle Muamele Edilen Kayın Odunun Yoğunluğu, Eğilme Direnci Ve Elastikiyet Modülü. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,15(4), 655-672.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İÜ Yayınları No:1745/183, İstanbul.
- Boonstra MJ 2008. A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in cosupervision Ghent University and Universite Henry Poincare - Nancy 1, 297 p. ISBN 978-90-5989-210-1.
- Bozkurt AY, Göker Y. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3445/388, 1987.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emrenye Tekniği, İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
- Camgöz, B., Saç, M., Bolca, M., Özen, F., Oruç, Ö., Demirel, N., 2010. Termal Suların Radyoaktivite ve Kimyasal İçeriklerinin İncelenmesi; İzmir, Seferihisar Bölgesi Örneği. Ekoloji Dergisi, Cilt: 19, Sayı: 76, 78-87.
- Dağdaş, A., 2007. Jeotermal Enerjiden Endüstriyel Uygulamalarda Yararlanma. Mühendis ve Makine Dergisi, 48(564), 11-16.
- Dağdaş, A., 2009. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Optimal Kullanım Modelinin Geliştirilmesi ve Yöresel Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Doktora Tezi,İstanbul.
- Demirtaş, M., 2015. Jeotermal Akışkan İle Emprenyeli Ahşabın Açık Hava Ortamındaki Dayanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Isparta.
- Data, G., Bahati, G., 2003. The Chemistry of Geothermal Waters From Areas Outside the Active.
- Davis WH, Thompson WS 1964. Influence of thermal treatments of short duration on the toughness and chemical composition of wood. *Forest products journal* 14:350-356

- Dong, Y., Yan, Y., Zhang, S., Li, J., Wang, J., 2015. Flammability And Physical-Mechanical Properties Assessment Of Wood Treated With Furfuryl Alcohol And Nano-SiO<sub>2</sub>. Eur. J. Wood Prod. 73(2015), 457-464.
- Dong, Y., Yan, Y., Wang, K., Li, J., Zhang, S., Xia, C., Shi, S., Cai, L., 2016. Improvement Of Water Resistance, Dimensional Stability, And Mechanical Properties Of Poplar Wood By Rosin Impregnation. Eur. J. Wood Prod, 74(2016), 177–184.
- Erten, A.P., 1984. Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve Toros Sedirinin (*Cedrus libani* A. Richard) Çeşitli Yöntemlerle Emprenyesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:161.
- Genç, A., 2013. Afyonkarahisar Ömer-Gecek Jeotermal Kaynaklarında Emprenye Maddelerinin ve Bu Kaynaklarla İşlem Görmüş Ahşabın Bazı Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 88s, Isparta.
- Gezer, E., Cooper, P., 2016. Effects of Wood Species And Retention Levels On Removal of Copper, Chromium, And Arsenic From CCA-Treated Wood Using Sodium Hypochlorite. Northeast Forestry University and Springer, 27(2), 433-442.
- Günerhan, H., 2015. Jeotermal Enerji Kullanımının Endüstriyel Uygulamaları. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan, İzmir, 203-210.
- Göçmez, G. 2005. II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu. İzmir.
- Hill, CAS 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes, Wiley Series in Renewable Resources, John Wiley & Sons Inc., 260 pages, Chichester, UK. ISBN: 978-0-470-02172-9.
- Ilgar, R., 2005. Ekolojik Bakışla Jeotermal Kaynaklara Dualist Yaklaşım. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 4(13), 88-98.
- Kang, S., Cho, M., Kim, K., Kang, D., Koo, W., Kim, H., Park, J., Lee, S., 2012. Cyproconazole Impregnation Into Wood Using Sub-And Supercritical Carbon Dioxide. Wood Sci Technol 46(2012), 643–656.
- Kara, F., 2015. Prit (Fes<sub>2</sub>) Maddesinin Odunda Emprenye Edilebilme Özelliği ve Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58s, Artvin.
- Karademir, E., 2012. Jeotermal Akışkanlarla Emprenye Edilen Ahşabın Performansı: Uşak Yöresi Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Isparta.
- Kayan, N., Aydınbelge, B., 2016. T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu. Rapor No:2016-1404, 3s.
- Kayan, N., Kahraman, H., Aydınbelge, B., 2016a. T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu. Rapor No:2016-1404, 26s.
- Kayan, N., Karakaya, A., Aydınbelge, B., 2016b. T.C. Konya Valiliği Konya Halk Sağlığı Müdürlüğü Konya Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu. Rapor No:2016-1404, 3s.



- Kaymakçioğlu, F., Çirkin, T., 2005. Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi Ve Elektrik Üretimi. 3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim, Mersin, 1-5.
- Koçak, A., 2005. Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 217-233.
- Küçükyavuz, O., 1995. Ahşap Kaplama Üretim Tesisi Proje Profili. Proje s.4 Yıl 1995 Ankara.
- Koçak, A., 2005. Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 217-233.
- Korkut, S., Kocaefe, D., 2017. Isıl İşlemin Odun Özellikleri Üzerine Etkisi. Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi cilt:5, Say:2, Sayfa:11-34
- Lund, J.W., Culver, G., Lienau, J., 1978. Groundwater Characteristics and Corrosion Problems Associated with the Use of Geothermal Water in Klamath Falls, Oregon, Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR.
- Mahon, T., Harvey, C., Crosby, D., 2000. The Chemistry of Geothermal Fluids in Indonesia and Their Relationship to Water and Vapour Dominated Systems, Proceeding World Geothermal Congress, Kyushu– Tohoku, Japan, May 28–Jun 10, p.1389–394.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Enerji Dairesi, 2012. Jeotermal Kaynaklarımız ve Marmara Bölgesinin Jeotermal Enerji Potansiyeli, 1-9.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları (Kasım 2017)
- Mutlu, M.A., 2004. Jeotermal Enerji ve Türkiye’deki Durumu, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Potansiyeli ve Enerji Politikaları Konferans Notları. (Erişim: 21 Aralık 2017), [www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji](http://www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji).
- Nicholas DD, Siau JF. Factors Influencing Treatability of Wood. Preservatives and Preservative Systems, Wood Deterioration and Its Prevention by Preservative Treatments (edited by DD Nicholas), 2: 299-343, New York: Syracuse University Press; 1973.
- Öktem, E., 1987. Kızılçam El Kitabı. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi (52), Ankara.
- Örs, Y. ve Keskin, H., 2001. Ağaç malzeme bilgisi, Atlas yayın Dağıtım Ltd. Şt., Ankara, 02: 150.
- Özçiftçi, A., 2001. Emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, Doktora Tezi, Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 89-96.
- Özçiftçi, A., Batan, F., 2009. Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 12(4), 287-292.
- Özdemir, A., 2009. Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyeli, Şehir Sağlığı Dergisi, 15(3): 34-37.

- Pamir, N., 2003. Dünya’da ve Türkiye’de enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Pamir, N., 2006. Küresel Gelişmeler Paralelinde Türkiye’de Enerji Sorunu, Ulusal Bağımsızlık İçin Türkiye İktisat Politikaları Kurultayı, Bildiriler Kitabı, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Peker, H., Sivrikaya, H., Baysal, E., Yalınkılıç, M., 1999. Ağaç Malzemede Yanmayı Geciktirici Ve Su İtici Kimyasal Maddelerin Eğilme Direncine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 1(5), 975-982.
- Poncsak S, Kocafe D, Bouazara M, Pichette A 2006. Effect of High Temperature Treatment on the Mechanical Properties of Birch (*Betula papyrifera*), Wood Science and Technology 40:647-668
- Soygüder, A.K., 2017. Jeotermal Kaynak Sularıyla Muamele Edilen Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) Odununun Bazı Fiziksel Özellikleri Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62s, Isparta.
- Sreeja, A., Edwin, L., 2013. Physical Barriers: An Alternative To Prevent Negative Impacts Of Chemically Treated Wood. Indian Academy of Wood Science, 10(2), 140-146.
- Stamm, AJ 1964. Wood and Cellulose Science. The Ronald Press Company, 317-320, New York-USA.
- Şamilgil, E., 1986. Jeotermal Uygulamalarda Çevre Sorunları. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, 5(1-2), 91-106.
- Taghiyari, H., Rassam, G., Ahmadi-Davazdah Emam, K., 2015. Effects Of Densification On Untreated And Nano- Aluminum- Oxide Impregnated Poplar Wood. Northeast Forestry University and Springer, 1-8.
- Tan, H., Peker, H., 2015. Barit ( $BaSO_4$ ) Maddesinin Ahşapta Emprenye Edilebilme Özelliği ve Yoğunluk Üzerine Etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1), 29-33.
- Tan, H., Peker, H., 2014. Barit ( $BaSO_4$ ) Maddesinin Ahşapta Emprenye Edilebilme Özelliği ve Basınç Direnci Üzerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 18(1), 15-19.
- Tarcan, G., 2003. Jeotermal Su Kimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, Yaz Okulu Ders Kitabı– Jenarum, DEÜ Mühendislik Fakültesi, İzmir, Yayın No: 306, s.198–245.
- Tarcan, G. 2005. Mineral Saturation and Scaling Tendencies of Waters Discharged from Wells ( $>150^\circ C$ ) in Geothermal Areas of Turkey, J. of Volcanology and Geothermal Research, 142: 263-283.
- Temiz, A., C.U., Yıldız, E.D., Gezer, S., Dizman, E., 2004, Bakir İçeren Emprenye Maddelerinin Odunla Olan Etkileşimi, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 5(3-4), 204-211 pp.
- TS 2470, 1976. Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları. TSE, Ankara.

- TS 2471, 1976. Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. TSE, Ankara.
- TS 2472, 1976. Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini. TSE, Ankara.
- TS 2474, 1976. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
- TS 2478, 1976. Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülü Tayini. TSE, Ankara.
- TS 2595, 1977. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
- TS 343, 2012. Ahşap koruma. – Terimler ve Tarifler, TSE, Ankara.
- TS 4176, 1984. Odunun Fiziksel Ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Mescerelerden Numune Ağacı Ve Laboratuar Numunesi Alınması. TSE, Ankara.
- TS 4083, 1983. Odunda Radyal ve Teğet Yönde Çekme Tayini. TSE, Ankara.
- TS 4084, 1983. Odunda Radyal ve Teğet Yönde Şişme Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 47, 2011. Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Su Absorpsiyonu Ve Net Kuru Madde Retensiyon Tayini TSE, Ankara.
- Türker, E.A., 2008. Termal Maden Suları Konferansı, 24-25 Nisan, Afyonkarahisar, 5
- URL 1,2009. İnternet Sitesi. Erişim Tarihi:20.01.2017. <http://www.hidrojeoloji.net>.
- URL 2,2009. İnternet Sitesi. Erişim Tarihi: 20.01.2017. <http://www.gencmekan.com>.
- Uygun, H., 2008. Konya İlinin Termal Turizm Potansiyeli,Selçuk Üniversitesi Coğrafya Öğretmenliğ Bilim Dalı, Yüksekisans Tezi, 120s, Konya.
- Ünsal, Ö., 2004. Duglas Göknaından Elde Edilmiş Soyma Kaplama Levhalarında, Tomruk Halde İken Depolamanın, Pişirmenin Ve Soyma Sıcaklığının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1), 124-134.
- Wen, M., Kang, C., Park, H., 2014. Impregnation And Mechanical Properties Of Three Softwoods Treated With A New Fire Retardant Chemical. The Japan Wood Research Society, 60(2014), 367-375.
- Var, A., 2009. Jeotermal Akışkanlarda Potansiyel Emprenye Maddelerinin Miktarı Ve Bunların Ahşap Emprenye İşlemine Uygunluğu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 184-197.
- Var, A., Bilgin, A., 2007. Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Kullanım Maksatları ve Orman Endüstrisi: Kereste Kurutma Örneği.15. Mühendislik mimarlık sempozyumu. 2007,Isparta
- Var, A., Karademir, E., 2011. Türkiye'de Orman Ürünleri Endüstrisi İçin Yeni Bir Yaklaşım: Jeotermal Enerji Uygulamaları. Birinci Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 26-28 Ekim 2011, Kahramanmaraş.

- Var, A., Genç, A., Kardaş, İ., 2014. Afyonkarahisar–Ömer–Gecek–Gazlıgöl Jeotermal Suları İle Emprenyeli Karaçam (*P. Nigra* Arnold.) Ve Kızılçam (*P. Brutia* Ten.) Diri Odunlarında Bazı Özelliklerin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15, 114-122.
- Var, A., Genç, A., Kardaş, İ., 2014. Kütahya–Simav Yöresi Jeotermal Sularının Emprenye Maddesi Potansiyeli İle Ahşaptaki Absorpsiyon, Retensiyon Ve Yoğunluk Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 15(1), 42-49.
- Var, A., Göncü, D., Karsantözü, F., 2013. İzmir-Doğanbey Jeotermal Suları İle Emprenye Edilmiş Kızılçam (*Pinus Brutia* Ten.) Odununda Absorpsiyon, Retensiyon Ve Genişlemenin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14(2), 127-133.
- Yaşar, M., Yaşar, Ş.Ş., Fidan M.S., Ertaş, M., Altınok, M., 2017. Doğal ve Kimyasal Emprenye Maddeleri İle Emprenye Edilen Sedir (*Cedrus libani* A.Rich.) Odununun Direnç Özelliklerinin Tespiti. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi Journal of Advanced Technology Sciences ISSN:2147-345
- Yeşin, O., 2003. Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları, 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 3–5 Eylül 2003, Isparta.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Ömer KAPLAN  
Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1985  
Medeni Hali : Evli  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : y11430132010@stud.sdu.edu.tr  
omerkaplan1985@gmail.com

### **Eğitim Durumu**

Lise : Çumra Ziraat Meslek Lisesi, 2003  
Lisans : Anadolu Üniversitesi, İşletme, 2011  
Lisans : SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, 2014

### **Mesleki Deneyim**

Orman Genel Müdürlüğü 2009-..... (halen)