



Makale / Research Paper

Alangüllü, Çamköy ve Germencik (Aydın) jeotermal kaynaklarının ahşap emprenye maddeleri potansiyeli ve bu sularla muamelenin karaçam odununda absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkisi

Ahmet Ali VAR*, Mehmet Yaşar YALDIZ

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta
^{*}alivar@sdu.edu.tr

Received/Geliş: 24.07.2017

Revised/Düzeltilme: 14.09.2017

Accepted/Kabul: 19.09.2017

Özet: Aydın ili, Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin büyük bir bölümüne sahiptir. Bu bölgede, sıcak su + buhar egemen pek çok jeotermal kaynak vardır. Bu kaynaklardan üçü, Alangüllü-1 (AG-1) ve Çamköy Çamur Ilıcısı (ÇKÇ) kaynakları ile Germencik-3 (GM-3) kuyusudur. Bunlar farklı kimyasal maddeler ve/veya bileşikler bakımından oldukça zengindir. Bu çalışmada, AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal sularının ahşap emprenye maddeleri potansiyeli ile karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) diri odununda absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Daldırma yöntemine göre jeotermal sularla muamele edilen odun örneklerinden elde edilen bulgular SPSS yazılım programında istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, istatistiksel anlamda, retensiyon üzerinde önemli etkiler oluşturan jeotermal kaynakların, absorpsiyon ve yoğunluk üzerindeki etkilerinin önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır. Test edilen özellikler için, en yüksek değerler GM-3 muamelesinde, en düşük değerler ise AG-1 muamelesinde bulunmuştur. Üç kaynak türü için, yoğunluk değerlerinde kontrol örneklerine göre önemli bir artış görülmüştür. Bu artış AG-1, ÇKÇ ve GM-3 için, sırasıyla, %2.45, %3.21 ve %5.09 oranında gerçekleşmiştir. Ayrıca, bahsedilen jeotermal kaynaklar, klasik ahşap emprenye maddelerine katılan su çözücülü emprenye maddeleri sınıfında 14 kimyasal madde grubu içermektedir. Derişimleri 1714.83 mg/L – 3733.151 mg/L aralığında değişen bu maddeler, tüm jeotermal kimyasalın, yaklaşık, %52'ini oluşturmaktadır. Bu nedenle, ahşap emprenye maddeleri açısından zengin bir potansiyele sahip olduğu düşünülen AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynakları, su bazlı emprenye maddelerinin veya bileşiklerinin üretimi için uygun olabilir.

Anahtar kelimeler: Aydın, Jeotermal, Karaçam, Ahşap, Emprenye, Absorpsiyon, Retensiyon, Yoğunluk.

Wood impregnants potential of Alangullu, Camkoy and Germencik (Aydın) geothermal resources and their effects on absorption, retention and density of black pine wood

Abstract: Aydın district has a large portion of Turkey's geothermal potential. In this region, there are many geothermal resources dominated by hot water + steam. Three of these are Alangullu-1 (AG-1), Camkoy Camur Ilıcısı (CKC) and Germencik-3 (GM-3) geothermal resources. These resources are very rich in terms of different chemical substances and / or compounds. In this study, it is aimed to investigate the potential of wood impregnants in AG-1, CKP and GM-3 geothermal waters, and their effects on absorption, retention and density in Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold.) sapwood. Findings obtained from wood samples treated with geothermal waters according to dipping method were analyzed statistically in SPSS software program. As a result, statistically, the effects on absorption and density of geothermal resources, which have a significant effect on retention, are insignificant. For the properties tested, the highest values were found in GM-3 treatment whereas the lowest values were found in AG-1 treatment. For the three resource types, the density values showed a

Bu makaleye atıf yapmak için

Var, A.A., Yaldız, M.Y., "Alangüllü, Çamköy ve Germencik (Aydın) jeotermal kaynaklarının ahşap emprenye maddeleri potansiyeli ve bu sularla muamelenin karaçam odununda absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkisi" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2017, 4(3); 482-496.

How to cite this article

Var, A.A., Yaldız, M.Y., "Wood impregnants potential of Alangullu, Camkoy and Germencik (Aydın) geothermal resources and their effects on absorption, retention and density of black pine wood" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2017, 4(3); 482-496.

significant increase relative to the control samples. This increase was 2.45%, 3.21% and 5.09% for AG-1, CKC and GM-3, respectively. In addition, aforesaid geothermal sources contain 14 chemical substances in the class of water-soluble impregnants added to conventional wood impregnants. These substances varying in concentrations between 1714.83 mg/L and 3733.151 mg/L constitutes about 52% of all geothermal chemicals. Therefore, AG-1, CCP and GM-3 geothermal resources thought to be have a rich potential in terms of wood impregnation substances may be suitable for the production of water-borne impregnants or compounds.

Keywords: Aydin, Geothermal, Pine, Wood, Impregnation, Absorption, Retention, Density

1. Giriş

İnsan ve çevre dostu ağaç malzeme, üstün yapısal özellikleri nedeniyle asırlardır kullanılan doğal, çok yönlü, dekoratif ve estetik, ancak biyotik ve abiyotik zararlılardan olumsuz yönde etkilenen önemli bir mühendislik malzemesidir. Gittikçe önem kazanan insan ve çevre dostu zararsız ürün ve sistem geliştirme çabaları kapsamında birçok yeni ürünler ve koruyucu sistemler geliştirilen günümüzde, çeşitli fiziksel veya kimyasal önlemlerle, ağaç malzemenin, faydalı özellikleri korunup sakıncalı özellikleri iyileştirilmek suretiyle, kullanım ömrünün uzatılmasına yönelik çalışmalar da yapılmaktadır.

Jeotermal kaynak, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde biriken ısının oluşturduğu, sıcaklığı daima atmosferik sıcaklığın üzerinde olan, normal yer altı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş çeşitli mineral, tuz ve gazlar içeren sıcak su ve buhardır (DPT, 1996). Pratik olarak ilk kullanımı Prehistorik zamanlara dayanan jeotermal kaynaklar, bu dönemlerde bedeni arındırma, eğlence, hamam, yıkama, pişirme vb işlerde 20. yüzyılın başlarına kadar kullanılmıştır (Barbier, 2002). Jeotermal kaynaklara dair daha farklı ve endüstriyel kullanıma yönelik ilk çalışmalar, İtalya’da bir jeotermal kaynak üzerinde yapılmış ve bu kaynak elektrik enerjisi üretiminde kullanılmıştır. Önemli bir potansiyel olduğu anlaşılınca, bu kaynakların daha farklı kullanım yerlerinin geliştirilmesi yönündeki çalışmalara hız verilmiştir (TJD, 2016). Bu bakımdan, günümüzde, elektrik enerjisi üretimine ilaveten, sanayi, termal turizm, tıbbi tedavi, tarım, ısıtma, soğutma, kaplıca, kurutma, kimyasal madde eldesi, pastörizasyon, hayvancılık gibi daha birçok alanda kullanımı farklılaşarak genişleyen doğal yenilenebilir önemli bir kaynak olmuştur (Gürü, 2005; Aydınöz, 2016). Bunların ekonomik olarak işletilebilmesi için, sahip oldukları yüksek sıcaklık ve kimyasal içerik gibi bütün özelliklerinin doğrudan veya dolaylı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Mutlu, 2004). Bu kaynaklar planlı bir şekilde işletilebildiği takdirde, elde edilecek ürünlerin de sürdürülebilirliği söz konusu olmakla beraber, henüz büyük bir kısmı endüstride tam olarak kullanılamamaktadır (Gürü, 2005).

Alp-Himalaya tektonik kuşağı üzerinde yer alan ülkemiz, dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında ilk 5 ve kaynak zenginliğinde ilk 7 ülke arasında bulunmaktadır. Ülkemizde, aktif fay ve volkanizmaya bağlı olarak, başta Ege bölgesi olmak üzere, Kuzeybatı, Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde 600’ün üzerinde jeotermal kaynak bulunmaktadır (Aslan, 2010). Ayrıca sıcaklığı 40°C’nin üzerinde 140 adet jeotermal saha ve bu sahalarda toplam 1300 civarında jeotermal kaynak tespit edilmiştir (Yılmaz, 2016). Debi, sıcaklık ve kimyasal/mineral madde yönüyle önem taşıyan jeotermal kaynaklar, yeryüzüne çıktığında/çıkarıldığında, bir bölümü doğrudan ısıtma, termal tedavi (kaplıca), elektrik enerjisi, kimyasal ve mineral madde üretiminde kullanılırken, bir kısmı dere yatakları, yeraltı ve yerüstü su kaynakları gibi doğal su yollarıyla yöredeki su sistemlerine karışarak sulama, içme vb. amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır (Aslan, 2010). Daha birçok ihtiyacın karşılanmasında kullanılan jeotermal kaynaklar yeniden yeraltına enjekte edilirken, herhangi bir ihtiyaca yönelik kullanılmayanlar da kendi cazibesıyla tekrar yeraltına enjekte olmaktadır.

Ege bölgesinde Büyük Menderes havzası içinde yer alan Aydın ili, jeotermal enerji potansiyeli bakımından zengin bir ilimizdir. Türkiye'deki jeotermal sahaların %85'i, üretimdeki jeotermal santrallerin %70'i ve gelecekte planlanan jeotermal santrallerin % 80'i Aydın'dadır. İl sınırları içinde bulunan Germencik ovası ve yöresi, Aydın ilinin jeotermal kaynak potansiyeli bakımından en önemli ilçelerinden birisi olup, Aydın'daki tüm jeotermal sahaların %70'ine sahiptir (Aslan, 2010). Ayrıca ilde yüzlerce jeotermal sondaj kuyuları da açılmıştır. Germencik'e ilaveten, en fazla kuyunun açıldığı bölgeler, Alangüllü, Turanlar, Çamköy, Ömerbeyli, Reisköy, Gümüşyeniköy yöreleridir. Bu kuyuların bazılarında önemli oranda bor, nitrit, nitrat, amonyak olduğu saptanmıştır. Jeotermal sıvı akışkanlarının yüksek oranda çözünmüş arsenik, bor, çinko, kadmiyum, karbonat, klorür, kurşun, sodyum, silika, sülfat vb. kimyasal maddeler ve mineral tuzlar taşıdığı; jeotermal gazların karbondioksit, kükürt dioksit, hidrojen sülfür, cıva, azot, azot oksit, amonyak, hidrojen, bor buharı, partiküler madde vb barındırdığı bilinmektedir. Aydın-Germencik yöresindeki jeotermal kaynakların ise sözkonusu maddeler bakımından, Türkiye'nin en zengin jeotermal sıvı akışkanlarına sahip olduğu; toplam jeotermal kaynak sayısı göz önüne alındığında, bunun hiç de önemsiz olmadığı belirtilmektedir (Aydın, 2016).

Yılmaz (2016)'ya göre Aydın ve Germencik yöresi mevcut jeotermal kaynakları, jeotermal uygulamalar için önemli görülmektedir. Örneğin; yöredeki jeotermal kaynakların %95'lik önemli bir kısmı elektrik enerjisi üretiminde kullanılırken (Aydın, 2016), geri kalan kısmı ise ya ısıtma, termal tesis, kaplıca, sulama suyu, mineralli içme suyu vb ihtiyaçlarda değerlendirilmektedir (Akkuş vd., 2005). Bölgede analizi yapılan jeotermal sulara çeşitli eser elementler (Cd, Cr, Ni, Pb, Ba, Cu, Zn, Al vb) ile anyonlar (F, Cl, Br, I, NO₃, NO₂, SO₄, PO₄ vb) ve katyonların (Na, K, Ca, Mg, NH₄, Mn, Fe vb) olduğu belirtilmektedir. Var (2009)'a göre, bu kimyasallardan B, Cl, Na, F, K, Mg, NH₄, SiO₂, SO₄ gibi maddeler veya bileşikler, ahşap koruma işlerinde önemli bir yer tutan su bazlı emprenye maddeleri kapsamına girmektedir.

Bazı çalışmalarda Aydın-Germencik yöresi jeotermal sularının kimyasal yapısı bakımından zengin oldukları ifade edilmektedir (DPT, 1996; Akkuş vd., 2005; Aslan, 2010; Parkın, 2012; Aydın, 2016; Yılmaz, 2016; TJD, 2016). Ancak bu suların, geleneksel ahşap koruyuculara katılan kimyasal maddeler potansiyeli ve ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kaynaklar, ahşap koruma işlerinde uygun bir emprenye maddesi/akışkanı kaynağı olabileceği gibi, bunların içerdiği kimyasal maddeler ağaç malzemenin özelliklerini de etkileyebilir.

Bu çalışmada, jeotermal kaynaklar yönüyle de önde gelen Aydın-Germencik yöresinden üç farklı jeotermal kaynağın klasik ahşap koruyuculara katılan kimyasal maddeler potansiyelinin tartışılması ve bu kaynaklardan alınan jeotermal sularla muamele edilen karaçam diri odununda absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk değerlerinin araştırılması amaçlanmıştır. Zira ülkemizde toplam 4.202.298 ha yayılış alanına sahip olup (Anonim, 2006) her yıl milyonlarca fidanı dikilerek (Kızmaz, 1993) en çok ağaçlandırılan türlerden olduğu (Alptekin, 1986) belirtilen (Deligöz, 2009) karaçamın, inşaatlık kereste, kapı ve pencere doğramaları, binalarda duvar, tavan, döşeme ve çatı malzemeleri, su soğutma kuleleri ve köprü inşaatları malzemesi, güverte döşemeleri, tel, maden ve bayrak direkleri, çit kazıkları, travers, yük taşıma paleti, ambalaj sandığı ve kontrplak imalatı gibi pek çok yerde yaygın bir şekilde kullanıldığı bildirilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1981). Bu nedenle, bu çalışma, ormancılık ve endüstriyel açısından önemli bir tür olan karaçam üzerinden, sözkonusu jeotermal kaynakların, mevcut kullanım yerlerinden farklı alana yönelik bir araştırmanın ortaya konulması bakımından önemlidir.

2. Malzeme ve yöntem

2.1. Malzeme

Deneylerde üç farklı jeotermal kaynak suyu ve karaçam (*P.nigra* Arnold.) gövde odunu örnekleri kullanılmıştır. Jeotermal sular, Aydın ili Germencik jeotermal alanında Alangüllü-1 kaynağı (AG-1), Çamköy çamur ılıcası (ÇKÇ) ve Germencik-ÖB-3 (GM-3) jeotermal kaynaklarından sıcak halde alınıp özel kaplara konulmuş, soğumaları için normal çevre koşullarında oda sıcaklığına kadar bekletildikten sonra pH değerleri değişmeyecek şekilde laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvarında, her jeotermal kaynak türü için, emprenye işlerinde kullanılacak sular hazırlanmıştır. Odun örnekleri ise karaçam tomruklarının diri odun kısmından radyal yönde, muhtelif boyutlarda sağlam, düzgün lifli ve budaksız latalardan alınmıştır (TS 345, 2012; TS 4176, 1984). Hava kuru rutubete kadar kondisyonlanıp (TS 2470, 1976) planya makinesinden geçirilen latalardan, 10'ar adet olmak üzere, absorpsiyon ve retensiyon testleri için 3 x 3 x 1.5 cm'lik boyutlarda ve yoğunluk testleri için 2 x 2 x 3 cm'lik ölçülerde test ve kontrol grubu örnekler hazırlanmıştır. 103 ± 2°C'de etüvde sabit/tam kuru ağırlığa dek kurutulup desikatörde normal oda sıcaklığına kadar soğutulan örneklerin, sırasıyla, hava kuru ve tam kuru ağırlıkları ile boyutları ± 0.01 hassasiyetle tespit edilmiştir (TS 2471, 1976). Her test için, bu şekilde hazırlanan odun örnekleri ve jeotermal emprenye suları, ayrı ayrı olmak üzere, nitelikleri bozulmayacak şekilde özel kaplara konarak, emprenye işlerinde kullanıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. Emprenye maddesi potansiyeli tayini

Deneylerde, bölüm 2.1.'de bahsedilen jeotermal sahalarda, 30°C ve üzeri sıcak su + buhar egemen jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda, kimyasal analizleri belirlenen çalışmalardan, özellikle de B, K, Na, Cl gibi tuzlarca zengin oldukları anlaşılan jeotermal sulara yer verilmiştir. Çizelge 1'de verilen söz konusu jeotermal suların kimyasal analiz sonuçları yöredeki ilgili kurum ve/veya kuruluşlardan tedarik etme ve literatür tarama marifetiyle derlenmiştir (DPT, 1996; Akkuş vd., 2005; Aslan, 2010; Parkın, 2012; Maren, 2015; Aydın, 2016; TJD, 2016; Yılmaz, 2016). Bu sonuçlar, ahşap korumada klasik emprenye maddelerine katılan kimyasal maddeler ve bunların derişimleri bakımından, ilgili standart (TS 788, 1969) ve literatür (Berkel, 1972; Richardson, 1978; Bozkurt vd., 1993) ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu karşılaştırma sonucuna göre, her jeotermal kaynak türü için, sıcaklık ve pH değerleri, çözünmüş halde içerdikleri ahşap korumada kullanılan kimyasallar, çeşitleri, sayıları ve derişimleri tespit edilmek suretiyle ahşap emprenye maddeleri potansiyeli tayin edilmiş ve bunlar Çizelge 2'de toplu halde verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan jeotermal kaynak suları için kimyasal analiz sonuçları (DPT, 1996; Akkuş vd., 2005; Aslan, 2010; Parkın, 2012; Maren, 2015; Aydın, 2016; TJD, 2016; Yılmaz, 2016)

Analizler	Jeotermal kaynak sular ¹			
	Alangüllü-1 kaynağı	Çamköy çamur ılıcası	Germencik-ÖB-3 kuyusu	
Sıcaklık (°C)	43-61	74	230	
pH (25°C'de)	6.7-7.78 (7.25)	7.2-7.89 (7.55)	6.9-8.78 (7.84)	
Üretim şekli	Artezyen	Artezyen	Buhar + Su + Gaz	
Debi (lt/sn)	2	-	-	
Jeotermal kimyasallar ve derişimleri (mg/lt)	Magnezyum (Mg)	9.84-51.41 (30.625)	7.58-54.0 (30.79)	0.5-4.66 (2.58)
	Kalsiyum (Ca)	9.84-114.55 (62.195)	7.58-32.0 (19.79)	1.6-17.17 (9.385)
	Sodyum (Na)	55.95-1360.0 (707.975)	76.12-1550.0 (813.06)	1526.0-1775.0 (1650.5)
	Potasyum (K)	10.91-1059.7 (535.305)	1.73-80.91 (41.32)	103.6-170.0 (136.8)
	Bor (B)	17.75-41.0 (29.375)	27.6-45.0 (36.3)	60.53
	Bikarbonat (HCO ₃)	27.23-2170.0	29.78-2210.0	1342.0-1537.0
	Fluorür (F)	3.09-4.5 (3.795)	-	4.45-8.0 (6.225)
	Klorür (Cl)	29.6-1200.0 (614.80)	43.78-1440.0 (741.89)	1315.0-1818.0 (1566.50)
	Sülfat (SO ₄)	15.43-67.35 (41.39)	11.36-52.0 (31.68)	30.1-74.0 (52.05)

Nitrat (NO ₃)	42.23	-	0.1-27.8
Nitrit (NO ₂)	43.64	-	0.01
Fosfat (PO ₄)	0.273	-	0.396
Silisyumdioksit (SiO ₂)	110.0	-	248.1
Arsenik (As)	-	-	0.15
Çinko (Zn)	-	-	0.031
Kurşun (Pb)	-	-	0.013
Kadmiyum (Cd)	-	-	0.016
Nikel (Ni)	0.001	-	-
Baryum (Ba)	-	-	1.066
Demir (Fe)	186.432	-	0.084
Lityum (Li)	-	-	7.23
Mangan (Mn)	8.280	-	0.017
Platin (Pt)	-	-	0.005
Krom (Cr)	6.007	-	0.010
Titanyum (Ti)	-	-	0.010
Alüminyum (Al)	-	-	0.277
Bakır (Cu)	-	-	0.025
Kobalt (Co)	0.576	-	0.017
Stronsiyum (Sr)	-	-	4.14

¹ Ayrıca içindeki rakamlar ortalamadır.

2.2.2. Emprenye işlemi

Laboratuvarda normal hava koşullarında yapılan emprenye işleminde (TS EN 47, 2011), tam kuru haldeki odun örnekleri, bölüm 2.1.'de açıklandığı üzere, önceden hazırlanmış olan jeotermal emprenye sıvılarına 24'er saat batırılarak tam emprenye edildikten sonra (TS 344, 2012) bu sıvılardan çıkarılıp bir filtre kâğıdı ile hafifçe kurulanmıştır. Bütün deney örnekleri, bu şekilde, üç farklı kaynaktan jeotermal sularla ayrı ayrı muamele edilmiştir. Emprenye işlemi sonrası, hafif kuru (ıslak/yaş) haldeki örnekler, ± 0.01 hassasiyetle ölçülüp hava kurusu rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra (TS 2470, 1976) normal oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur (TS 2471, 1976). Her test için, bu şekilde emprenye işlemine maruz bırakılan odun örnekleri, testler ve analizler yapıncaya kadar muhafaza edilmiştir.

2.2.3. Absorpsiyon tayini

TS 5563 EN 113 (1996)'e göre yapılan bu testte, her odun örneği için absorpsiyon değeri, $JSA = (A_{j_{sy}} - A_{j_{\delta 0}}) / V_{j_{\delta 12}}$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; JSA , jeotermik su absorpsiyonu (g/cm^3), $A_{j_{sy}}$, odun örneğinin emprenye sonrası yaş ağırlığı (g), $A_{j_{\delta 0}}$ ve $V_{j_{\delta 12}}$, odun örneğinin, emprenye öncesi, sırasıyla, tam kuru ağırlığı (g) ve hava kurusu hacimi (cm^3)'dir.

2.2.4. Retensiyon tayini

TS 5563 EN 113 (1996)'e göre yapılan bu test için, JSA tayininde kullanılan örneklerden faydalanılmıştır. Her odun örneği için retensiyon değeri, $JKR = [(A_{j_{sy}} - A_{j_{\delta 0}}) \times K] / V_{j_{\delta 12}} \times 10$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; JKR jeotermik kimyasal retensiyonu (Kg/m^3) ve K jeotermal su derişimi (%)'dir.

2.2.5. Yoğunluk tayini

TS 2472 (1976)'ye göre yapılan bu testte, her odun örneği için hava kurusu ve tam kuru yoğunluk değerleri hesaplanmıştır. Hava kurusu yoğunluk değeri $D_{12} = M_{12} / V_{12}$ eşitliği ile hesaplanırken, tam kuru yoğunluk değeri için $D_0 = M_0 / V_0$ eşitliğinden yararlanılmıştır. Bu eşitliklerde; her odun örneği

için D_{12} , M_{12} ve V_{12} hava kuru haldeki, D_0 , M_0 ve V_0 ise tam kuru haldeki, sırasıyla, yoğunluk (g/cm^3), ağırlık (g) ve hacim (cm^3)'dir.

2.3. İstatistik analiz

Elde edilen veriler, %95 istatistikî güvenle, varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testiyle irdelenmiştir. Bahsedilen her test için, jeotermal kaynak türüne göre tanımlayıcı istatistikler tespit edildikten sonra, her faktörün test edilen özellikler üzerindeki etkilerinin önem dereceleri belirlenmiştir. Etkisi önemli çıkan faktörler için, homojenlik grupları araştırılarak etkiler (ortalamalar) arasındaki farklılıklar belirlenmiş ve harfli gösterimle ifade edilmiştir. Tüm istatistikî değerler, SPSS yazılım programında hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Emprenye maddesi potansiyeli

Her jeotermal kaynak türü için, belli bir kimyasal veya mineral madde fazlalığı söz konusudur. Çünkü farklı derinlik ve jeolojik kayalardan geldikleri için, jeotermal kaynakların, çeşit ve oran olarak farklılık gösteren çok sayıda erimiş kimyasal madde içerdikleri (Örme, 1996); dolayısıyla, bu kaynaklardan amonyum bikarbonat, borik asit, karbondioksit, lityum, potasyum klorür gibi farklı kimyasal maddelerin üretiminin yapılabildiği belirtilmektedir (Yılmaz, 2016). Bu bağlamda, Çizelge 1 incelendiğinde, deneysel jeotermal kaynakların, sıcaklık ve pH değerleri, kimyasal içerik ve derişimleri ile üretim şekli ve debileri kaynak türüne göre farklılık göstermekle beraber, çözülmüş halde çok sayıda kimyasal madde içerdikleri görülmektedir. Örneğin; GM-3 kaynağı 28 adet kimyasal madde ile en zengin iken, bunu 18 adet kimyasal madde ile takip eden AG-1 kaynağının ardından 8 adet kimyasal madde ile ÇKÇ kaynağı izlemektedir. Buna göre, söz konusu jeotermal kaynaklar, farklı kullanım hedeflere yönelik çeşitli kimyasal maddelerin imalatında kullanılabileceği gibi, ahşap koruma işleri de için uyum bir emprenye maddeleri ya da akışkanları üretim kaynağı da olabilir. Bu düşünceden hareketle, Çizelge 1'deki sonuçlar, ahşap korumada kullanılan emprenye maddeleri bakımından, ilgili standart ve literatür (TS 788, 1969; Berkel, 1972; Richardson, 1978; Bozkurt vd., 1993) ile karşılaştırıldığında, bu kaynakların, çeşit, sayı ve derişim açısından klasik emprenye maddelerine katılan kimyasallar konusunda önemli bir potansiyele sahip oldukları anlaşılmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2'den de görülebileceği üzere, jeotermal kaynaklar tek tek incelendiğinde, bunların, su bazlı tuzlar kapsamında ahşap emprenye maddelerine katılan ve sayıları 7 - 14 adet arasında değişen farklı kimyasal maddelere sahip oldukları görülmektedir. Toplamda emprenye maddesi sayısının ÇKÇ için 7 adet, AG-1 için 10 adet ve GM-3 için 14 adet olduğu görülürken, derişiminin ise ÇKÇ için 1714.83 mg/L (%0.17), AG-1 için 2138.464 mg/L (%0.21) ve GM-3 için 3733.151 mg/L (%0.37) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu maddelerin, adet olarak, toplam jeotermal kimyasalın, AG-1, ÇKÇ ve GM-3 için, sırasıyla, %55.55, %87.50 ve %50.00'ini oluşturduğu belirlenmiştir.

Jeotermal kaynaklar karışımı olarak Çizelge 2 irdelendiğinde, jeotermal karışımları oluşturan kimyasal maddelerin derişimine bağlı olarak, toplam ahşap emprenye maddesi derişimi de doğal olarak artmıştır. Derişim değerinin, AG-1 + ÇKÇ için 3853.295 mg/L (%0.39), AG-1 + GM-3 için 5871.614 mg/L (%0.59), ÇKÇ + GM-3 için 5447.981 mg/L (%0.54) ve AG-1 + ÇKÇ + GM-3 için 7586.444 mg/L (%0.76) olduğu saptanmıştır. Ayrıca, Çizelge 2, ahşap emprenye kimyasalları açısından gözden geçirildiğinde, her jeotermal kaynak türü için belli bir kimyasal maddenin çeşit ve derişim olarak farklılık ve fazlalılık gösterdiği görülmektedir. Örneğin; çeşit olarak, her üç kaynak türü de Mg, Ca, Na, K, Cl, B, SO_4 içerirken, AG-1 ve GM-3 kaynakları, bu maddelere ilaveten Cr, F, SiO_2 de barındırmaktadır. Ayrıca GM-3 kaynağında, az da olsa, As, Al ve Zn de bulunmaktadır. Derişim olarak ise, her üç kaynak türü için Na, Cl, K, B ve SO_4 maddeleri en fazla derişime sahipken, bunları Ca ve Mg'den sonra F ve Cr takip etmektedir.

Çizelge 2. Deneysel jeotermal kaynak suları için ahşap korumada kullanılan kimyasal maddeler potansiyeli

Ahşap emprenye maddelerine katılan kimyasallar (mg/L) ¹	Jeotermal kaynaklar			Jeotermal kaynaklar karışımı			
	AG-1	ÇKÇ	GM-3	AG-1 + ÇKÇ	AG-1 + GM-3	ÇKÇ + GM-3	AG-1 + ÇKÇ + GM-3
Mg	30.625	30.79	2.58	61.415	33.205	33.37	63.995
Ca	62.195	19.79	9.385	81.985	71.58	29.175	91.37
Na	707.975	813.06	1650.50	1521.035	2358.475	2463.56	3171.535
K	535.305	41.32	136.80	576.625	672.105	178.12	713.425
Cl	614.80	741.89	1566.50	1356.69	2181.30	2308.39	2923.19
As	-	-	0.15	-	0.15	0.15	0.15
Al	-	-	0.277	-	0.277	0.277	0.277
Cr	3.004	-	0.01	3.004	3.014	0.01	3.014
F	3.795	-	6.225	3.795	10.02	6.225	10.02
Cu	-	-	0.013	-	0.013	0.013	0.013
B	29.375	36.30	60.53	65.675	89.905	96.83	126.205
SO ₄	41.39	31.68	52.05	73.07	93.44	83.73	125.12
Zn	-	-	0.031	-	0.031	0.031	0.031
SiO ₂	110.00	-	248.10	110.00	358.10	248.10	358.10
Toplam derişim	2138.464	1714.83	3733.151	3853.295	5871.614	5447.981	7586.444

¹ Çizelge 1'den alınmıştır. AG-1: Alangüllü-1 kaynağı. ÇKÇ: Çamköy çamur ılcası. GM-3: Germencik-3 kuyusu.

Bütün bunlara göre, ahşap emprenye maddelerine katılan kimyasallar bakımından jeotermal kaynaklar arasında GM-3 jeotermal en fazla çeşit ve derişime sahipken, bunu AG-1'den sonra ÇKÇ takip etmektedir. Jeotermal karışımlar arasında ise en yüksek derişimi AG-1 + ÇKÇ + GM-3'ün ardından AG-1 + GM-3 elinde bulundururken, onu da ÇKÇ + GM-3'den sonra AG-1 + ÇKÇ izlemektedir. Ayrıca bünyelerinde, Mg, Ca, Na, K, Cl, B ve SO₄ bulunduran her üç kaynak türü için Na, Cl ve K maddelerinin birincil olarak, B, SO₄, Ca ve Mg maddelerinin ise ikincil olarak en fazla çözünen maddeler olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynakları (ve bunların oluşturacağı karışımlar) için, Mg, Ca, Na, K, Cl, B, SO₄ gibi, ahşap emprenye işlerinde kullanılan kimyasallar bakımından önemli bir potansiyel bulunduğu, bu potansiyelin GM-3 kaynağı ve GM-3'lü karışımlar için diğerlerinden daha zengin olduğu söylenebilir. Bu jeotermal kaynaklardan (karıştırılması halinde jeotermal karışımlardan), öncelikle, sodyum, korür, potasyum, silisyum, bor, sülfat, kalsiyum ve magnezyum içeren tuzların ya da bileşiklerin üretilebilirliği noktasında olumlu sonuçlar alınabilir.

3.2. Absorpsiyon

Aydın ili Germencik yöresinden AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen karaçam diri odununda elde edilen absorpsiyon değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 3 ve Çizelge 4'de, ayrıca jeotermal kaynak türüne göre elde edilen absorpsiyon değerleri grafiği de Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 3 gözden geçirildiğinde, absorpsiyon değerleri AG-1 için $0.29 \text{ g/cm}^3 - 0.39 \text{ g/cm}^3$, ÇKÇ için $0.27 \text{ g/cm}^3 - 0.53 \text{ g/cm}^3$ ve GM-3 için $0.31 \text{ g/cm}^3 - 0.45 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmiştir. Ortalama absorpsiyon değerleri ise AG-1, ÇKÇ ve GM-3 için, sırasıyla, 0.324 g/cm^3 , 0.347 g/cm^3 ve 0.370 g/cm^3 olarak bulunmuştur. Buna göre, yapılan bu jeotermal su muamelesinde karaçam odununda absorbe edilen mineralli su miktarı, kaynak türüne bağlı olarak farklılık göstermekle beraber, 0.29 g/cm^3 ile 0.53 g/cm^3 aralığında dağılım göstermiştir. Bu durum, jeotermal kaynakların farklı oranlarda çözünmüş kimyasal/mineral maddelere sahip olmalarından kaynaklanmış olabilir. Ortalama en yüksek absorpsiyon değeri GM-3 muamelesinde 0.370 g/cm^3 olarak elde edilirken, en düşük değer AG-1 muamelesinde 0.324 g/cm^3 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odununda absorpsiyona ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

Jeotermal kaynak türü	Ortalama	Std. sapma	Std. hata	Ortalama için %95 güven aralığı		En az	En çok
				Alt sınır	Üst sınır		
AG-1	0.324	0.03836	0.01213	0.2966	0.3514	0.29	0.39
ÇKÇ	0.347	0.08460	0.02675	0.2865	0.4075	0.27	0.53
GM-3	0.370	0.04000	0.01265	0.3414	0.3986	0.31	0.45
Kontrol	-	-	-	-	-	-	-

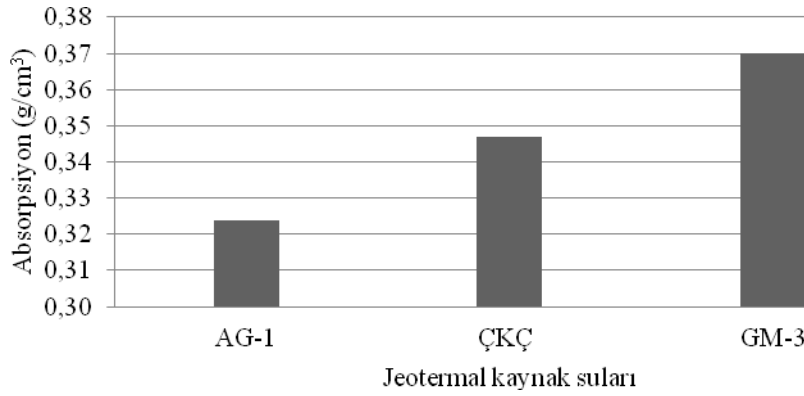
Çizelge 4'deki bulgulara göre, jeotermal kaynak türünün, absorpsiyon üzerinde, %95 istatistikî güven düzeyinde, anlamlı bir etkisinin olmadığı ($P > 0.05$) görülmektedir. Absorpsiyon üzerine etkileri bakımından jeotermal kaynakların tek homojenlik grubu oluşturdukları, dolayısıyla bu açıdan aralarında önemli farklılık bulunmadığı anlaşılmaktadır. Aralarında mühim bir farklılık olmasa da, absorpsiyonu en fazla etkileyenin GM-3, az etkileyenin ise AG-1 olduğu belirlenmiştir. GM-3'ün absorpsiyon üzerinde AG-1'den %14.24 ve ÇKÇ'den %6.63 oranında daha etkin olduğu belirlenmiştir. Bu durum GM-3'ün daha fazla kimyasal madde içerip daha yüksek derişime sahip olmasından ileri gelebilir.

Bütün bunlara göre, jeotermal kaynak suları ile karaçam odunu emprenyesinde, jeotermal kaynak türünün, absorpsiyon üzerinde, istatistiksel anlamda önemli bir etkisinin olmadığı, bununla beraber, diğer kaynaklara nazaran GM-3'ün absorpsiyon üzerinde daha etkin olduğu söylenebilir. Şekil 2'den de görüleceği üzere, yapılan etkiler yönüyle, söz konusu jeotermal kaynakların, çoktan aza doğru, $GM-3 > ÇKÇ > AG-1$ şeklinde sıralanması mümkün olabilir.

Çizelge 4. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odununda absorpsiyon değerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	ANOVA sonuçları			Duncan testi sonuçları				
	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Ortalama	HG
Gruplar arası	0.011	2	0.005	1.552	0.230	AG-1	0.324	a
Gruplar içi	0.092	27	0.003			ÇKÇ	0.347	a
Toplam	0.103	29				GM-3	0.370	a

SD: Serbestlik derecesi. P: Önem düzeyi ($p \leq 0.05$ ise önemlidir). HG: Homojenlik grubu



Şekil 2. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odunu için absorpsiyon grafiği

Konuyla ilgili çalışmalar incelendiğinde, ortalama absorpsiyon değerinin, Soygüder (2017)'de $0.25 \text{ g/cm}^3 - 0.28 \text{ g/cm}^3$, Demirtaş (2015)'de $0.279 \text{ g/cm}^3 - 0.381 \text{ g/cm}^3$, Kardaş (2014)'de $0.29 \text{ g/cm}^3 - 0.32 \text{ g/cm}^3$ ve Genç (2013)'de $0.30 \text{ g/cm}^3 - 0.35 \text{ g/cm}^3$ bandında olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada ise söz konusu değerlerin $0.324 \text{ g/cm}^3 - 0.370 \text{ g/cm}^3$ aralığında değiştiği Çizelge 4'de görülmektedir. Sonuçta, bu araştırmada ortaya konan absorpsiyon bulgularının literatür sonuçlarıyla uyumlu olduğu söylenebilir.

3.3. Retensiyon

Aydın ili Germencik yöresinden AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen karaçam diri odununda elde edilen retensiyon değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilmiştir. Ayrıca jeotermal kaynak türüne göre elde edilen retensiyon değerleri grafiği de Şekil 3'de gösterilmiştir.

Çizelge 5'den de görüleceği üzere, en yüksek retensiyon değerinin GM-3 için $1.70 \text{ Kg/m}^3 - 2.47 \text{ Kg/m}^3$ aralığında ve ortalama 2.040 Kg/m^3 olduğu görülmektedir. En düşük değer ise AG-1 için $1.47 \text{ Kg/m}^3 - 2.01 \text{ Kg/m}^3$ civarında ve ortalama 1.650 Kg/m^3 olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre, sözü edilen jeotermal sularla muamele edilen karaçam odunu tarafından tutulup alıkonan kimyasal madde miktarı ortalama $1.650 \text{ Kg/m}^3 - 2.040 \text{ Kg/m}^3$ arasında dağılım göstermiştir. Bu dağılım, retensiyon değerinin jeotermal kaynak türüne göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu farklılığın nedeni, jeotermal kaynakların barındırdıkları kimyasal maddelerin ve bunların derişimlerinin birbirinden farklı ve fazla olması olabilir. Çünkü farklı derinlik ve jeolojik kayalardan gelip, çeşit ve oran olarak farklılık gösteren çok sayıda erimiş kimyasal madde içermelerinden dolayı, her jeotermal kaynakta belli bir kimyasal madde fazlalığının olabileceği belirtilmektedir (Örme, 1996). Bunun doğal bir neticesi olarak da, farklı jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen ağaç malzemelerde retensiyon değerinin farklı olması belenebilir.

Çizelge 5. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odununda retensiyona ilişkin tanımlayıcı istatistikler.

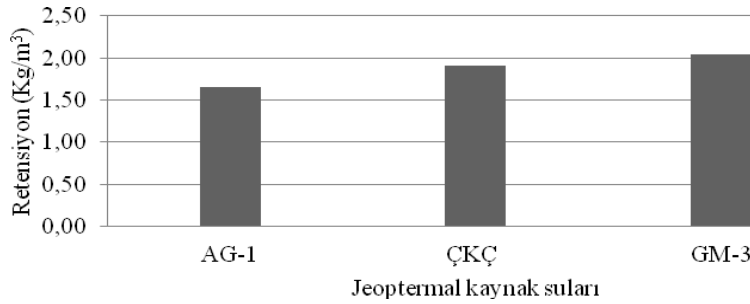
Jeotermal kaynak türü	Ortalama	Std. sapma	Std. hata	Ortalama için %95 güven aralığı		En az	En çok
				Alt sınır	Üst sınır		
AG-1	1.650	0.20133	0.06367	1.5060	1.7940	1.47	2.01
ÇKÇ	1.909	0.46591	0.14734	1.5757	2.2423	1.48	2.92
GM-3	2.040	0.21756	0.06880	1.8844	2.1956	1.70	2.47
Kontrol	-	-	-	-	-	-	-

Çizelge 6'ya göre, jeotermal kaynak türünün, retensiyon üzerinde, %95 istatistikî güven düzeyinde, anlamlı bir etkisinin ($p \leq 0.05$) olduğu anlaşılmaktadır. Retensiyon üzerindeki etkileri bakımından jeotermal kaynakların, aralarında önemli farklılık olan iki homojenlik grubu (a, b) oluşturdukları görülmektedir. Bu gruplarda a harfi en düşük, b harfi ise en yüksek etkiyi ifade etmektedir. Dolayısıyla, GM-3 kaynağının 2.040 Kg/m^3 ile en yüksek etkiyi gösterdiği anlaşılırken, en düşük etkinin 1.650 Kg/m^3 ile AG-1 tarafından ortaya konduğu görülmektedir. Ayrıca GM-3'ün retensiyon üzerindeki etkisinin ÇKÇ'den %6.86 ve AG-1'den de %23.64 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Retensiyon üzerindeki etki derecesine göre, jeotermal kaynaklar için, çoktan aza doğru bir sıralama yapılırsa, $\text{GM-3} > \text{ÇKÇ} > \text{AG-1}$ şeklin bir sıralamadan söz edilebilir (Şekil 3).

Çizelge 6. Jeotermal sularla muamele edilen karaçam odununda retensiyon değerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	ANOVA sonuçları					Duncan testi sonuçları		
	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Ortalama	HG
Gruplar arası	0.788	2	0.394	3.875	0.033	AG-1	1.650	a
Gruplar içi	2.744	27	0.102			ÇKÇ	1.909	ab
Toplam	3.532	29				GM-3	2.040	b

SD: Serbestlik derecesi. P: Önem düzeyi ($p \leq 0.05$ ise önemlidir). HG: Homojenlik grubu



Şekil 3. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odunu için retensiyon grafiği

Bütün bunlara göre, jeotermal kaynak türünün, karaçam odununda, istatistiksel olarak retensiyonu önemli derecede etkilediği; bu açıdan jeotermal kaynaklar arasında anlamlı bir farklılık olduğu; Şekil 3'den de anlaşılacağı üzere, GM-3'ün retensiyon bakımından en yüksek değeri veren ideal bir kaynak olduğu söylenebilir. Bilindiği üzere, retensiyonun yüksek olması, ağaç malzemede prozitenin veya boşluk hacminin azalması dolayısıyla dayanım performansının iyileştiğini göstermektedir.

İlgili benzer çalışmalar incelendiğinde, ortalama retensiyon değeri, Demirtaş (2015)'de $1.375 \text{ Kg/m}^3 - 2.053 \text{ Kg/m}^3$, Genç (2013)'de $1.68 \text{ Kg/m}^3 - 5.83 \text{ Kg/m}^3$, Kardaş (2014)'de $0.65 \text{ g/cm}^3 - 1.11 \text{ g/cm}^3$ ve Soygüder (2017)'de $0.80 \text{ Kg/m}^3 - 1.20 \text{ Kg/m}^3$ aralığında değişirken, bu çalışmada $1.650 \text{ Kg/m}^3 - 2.040 \text{ Kg/m}^3$ arasında değişmiştir (Çizelge 6). Buna göre çalışmada elde edilen retensiyon değerlerinin, literatür sonuçlarına yakın olduğu görülmektedir.

3.4. Yoğunluk

Aydın ili Germencik yöresinden AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen karaçam diri odununda elde edilen hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler, ANOVA ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 7 ve Çizelge 8'de

verilmiştir. Ayrıca jeotermal kaynak türüne göre elde edilen yoğunluk değerleri grafiği de Şekil 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odununda yoğunluk değeri için tanımlayıcı istatistikler.

Yoğunluk türü	Jeotermal kaynak türü	Ortalama	Std. sapma	Std. hata	Ortalama için %95 güven aralığı		En az	En çok
					Alt sınır	Üst sınır		
Hava kuru	Kontrol	0.530	0.04643	0.01468	0.4968	0.5632	0.45	0.59
	AG-1	0.543	0.03945	0.01248	0.5148	0.5712	0.50	0.59
	ÇKÇ	0.547	0.01947	0.00616	0.5331	0.5609	0.53	0.59
	GM-3	0.557	0.02111	0.00667	0.5419	0.5721	0.53	0.59
Tam kuru	Kontrol	0.503	0.04620	0.01461	0.4700	0.5360	0.43	0.57
	AG-1	0.505	0.02838	0.00898	0.4847	0.5253	0.45	0.54
	ÇKÇ	0.516	0.01776	0.00562	0.5033	0.5287	0.49	0.55
	GM-3	0.523	0.02163	0.00684	0.5075	0.5385	0.49	0.56

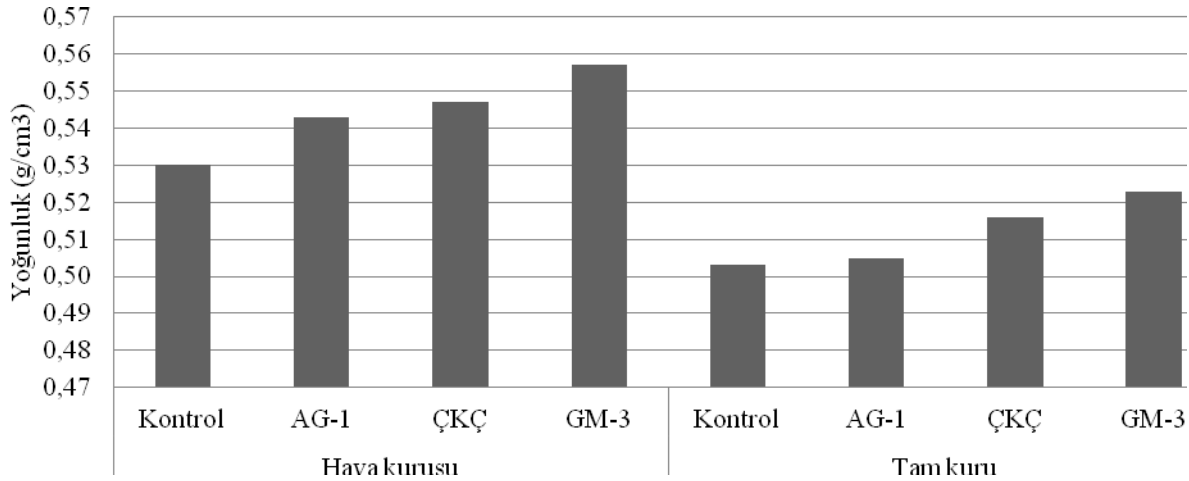
Çizelge 7'ye bakıldığında da anlaşılacağı gibi, hava kuru yoğunluk değeri, AG-1 kaynağı için $0.50 \text{ g/cm}^3 - 0.59 \text{ g/cm}^3$ aralığında değişirken diğer iki kaynak türü için $0.53 \text{ g/cm}^3 - 0.59 \text{ g/cm}^3$ aralığında bulunmuştur. Ortalama en yüksek değer GM-3 muamelesinde 0.557 g/cm^3 olarak elde edilirken, en düşük değer AG-1 muamelesinde 0.543 g/cm^3 olarak gerçekleşmiştir. Kontrol örnekleri için hava kuru yoğunluk miktarı $0.45 \text{ g/cm}^3 - 0.59 \text{ g/cm}^3$ civarında ve ortalama 0.530 g/cm^3 olarak bulunmuştur. Bu verilere göre, jeotermal sularla muamelede karaçam odun örneklerinin hava kuru yoğunluk miktarı muamele edilmeyen kontrol örneklerinden daha yüksek çıkmıştır. En yüksek hava kuru yoğunluk değerini 0.557 g/cm^3 ile GM-3 muamelesi verirken, en düşük değer ise 0.543 g/cm^3 ile AG-1 muamelesinde elde edilmiştir. Aynı durumlar, tam kuru yoğunluk miktarı için de söz konusu olmaktadır.

Çizelge 8 incelendiğinde, jeotermal kaynakların hava kuru yoğunluk üzerindeki etkilerinin, %95 istatistikî güven düzeyinde, önemsiz olduğu görülmektedir. Yapılan etkiler bakımından jeotermal kaynaklar ile kontrol aynı homojenlik grubunda toplanmıştır. Dolayısıyla, işlem görmeyen örneklerin yoğunluğu ile işlem gören örneklerin yoğunluğu arasında mühim bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Aralarında önemli bir farklılık olmamakla beraber, en az etkiyi AG-1 muamelesi gösterirken, en fazla etkiyi ise GM-3 muamelesi ortaya koymuştur. Şekil 4'de de görüldüğü üzere, yoğunluk üzerinde bırakılan tesir açısından jeotermal kaynaklar arasında bir sıralama yapmak gerekirse, çoktan aza doğru olmak üzere, $\text{GM-3} > \text{ÇKÇ} > \text{AG-1}$ şeklinde bir sıralama yapılabilir. Tam kuru yoğunluk için de benzer durumlar geçerlidir.

Çizelge 8. Jeotermal sularla muamele edilmiş karaçam odununda yoğunluk değerine ilişkin ANOVA ve Duncan testi sonuçları

Yoğunluk türü	ANOVA sonuçları				Duncan testi sonuçları				
	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Ortalama	HG
Hava kuru	Gruplar arası	0.004	3	0.001	1.101	0.361	AG-1	0.543	a
	Gruplar içi	0.041	36	0.001			ÇKÇ	0.547	a
	Toplam	0.045	39				GM-3	0.557	a
							Kontrol	0.530	a
Tam kuru	Gruplar arası	0.003	3	0.001	0.955	0.424	AG-1	0.505	b
	Gruplar içi	0.034	36	0.001			ÇKÇ	0.516	b
	Toplam	0.036	39				GM-3	0.523	b
							Kontrol	0.503	b

SD: Serbestlik derecesi. P: Önem düzeyi ($p \leq 0.05$ ise önemlidir). HG: Homojenlik grubu



Şekil 4. Jeotermal kaynak sularıyla muamele edilmiş karaçam odunu için yoğunluk değerleri grafiği

Bütün bunlara göre, jeotermal kaynak sularıyla muamelede karaçam odun örneklerinin yoğunluk değerleri muamele edilmeyen kontrol örneklerine göre, istatistiksel anlamda önemli olmasa da, biraz artış sağlamıştır. Bu artış AG-1 için %2.45, ÇKÇ için %3.21 ve GM-3 için %5.09 oranında gerçekleşmiştir. AG-1 için elde edilen yoğunluk değerleri kontrole göre yüksek olmasına rağmen ÇKÇ ve GM-3'den daha düşük çıkmıştır. ÇKÇ kaynağı, kontrol ve AG-1'den daha yüksek yoğunluk değeri verirken GM-3'den daha düşük değer vermiştir. Bu durum, jeotermal kaynakların içerdikleri kimyasal maddelerin ve derişimlerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Bu da bize, aynı yöreden bile olsa, jeotermal kaynak sularıyla muamele edilen karaçam odununda yoğunluk değerlerinin jeotermal kaynak türüne göre farklılık gösterebileceğini ifade etmektedir.

Literatürde emprenye işlemi sonrası ağaç malzemenin yoğunluk değerinin emprenye edilmeyen kontrol örneklerine göre artış gösterdiği belirtilmektedir. Örneğin; bor yağı (Özçiftçi ve Batan, 2009) ve amonyum tetra flu borat (Atılğan ve Peker, 2012) ile yapılan emprenye işleminde sarıçam odununda yoğunluğun kontrole göre, sırasıyla, % 9.7 ve %19 oranında arttığı saptanmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda kontrole göre yoğunluğun, silisyum dioksit ile kavak odunu emprenyesinde %27 oranından arttığı (Dong vd., 2015), amonyak ile kayın odunu emprenyesinde çok fazla olmasa da biraz arttığı ifade edilmiştir (Bariska, 1975). Bu çalışmada ise, yoğunluktaki artışın kontrole göre, %2.45 - %5.09 arasında değişen oranlarda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, benzer çalışmalarda, hava kurusu yoğunluk değerlerinin, Genç (2013)'de $0.55 \text{ g/cm}^3 - 0.57 \text{ g/cm}^3$, Kardaş (2014)'da $0.54 \text{ g/cm}^3 - 0.56 \text{ g/cm}^3$, Demirtaş (2015)'da $0.543 \text{ g/cm}^3 - 0.564 \text{ g/cm}^3$ ve Soygüder (2017)'de $0.53 \text{ g/cm}^3 - 0.57 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiği rapor edilirken, bu çalışmada ise $0.530 \text{ g/cm}^3 - 0.557 \text{ g/cm}^3$ aralığında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla, bu çalışmada elde edilen yoğunluk değerlerinin literatürle uyumlu olduğu söylenebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Aydın ili jeotermal alanlarındaki AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynak sularıyla daldırma tekniğine göre yapılan karaçam diri odunu emprenyesinde, istatistiksel anlamda, retensiyon üzerinde önemli derecede etkili olan jeotermal kaynak türünün, absorpsiyon ve yoğunluk üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Retensiyonu önemli derecede yükselten jeotermal su muamelesi, absorpsiyon ve yoğunluk değerlerinde önemsiz bir artış sağlamıştır. Bu artış, farklı derinlik ve jeolojik kayalardan gelen jeotermal suların, çeşit ve derişim itibariyle farklılık gösteren çok sayıda erimiş kimyasal madde içermelerine bağlı olarak değişim göstermesinden kaynaklı olabilir. Kontrole göre yoğunluk artışı, GM-3 muamelesinde %5.09 ile en fazla olurken, en az artış

AG-1 muamelesinde %2.45 olarak tespit edilmiştir. Test edilen üç özellik için ortalama en yüksek değerler GM-3 muamelesinde gerçekleşmiştir. GM-3'ün absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerindeki etki derecesi, AG-1'den, sırasıyla, %4.24, %23.64 ve %2.58 daha fazla olurken, ÇKÇ'den, sırasıyla, %6.63, %6.86 ve %1.83 daha fazla olmuştur.

AG-1, ÇKÇ ve GM-3 jeotermal kaynak suları, ahşap emprenye sektöründe, su bazlı tuzlar kapsamında, tek tek veya karışım olarak klasik emprenye maddelerine katılan ve sayıları en fazla 14'e kadar çıkan çözülmüş halde çeşitli kimyasal maddeler içermektedir. Kaynak türüne göre değişen toplam derişimleri en fazla 3733.151 mg/L kadar olan bu maddeler, tüm jeotermal kimyasalın yarısından fazlasını (%50.00- %87.50) oluşturmaktadır. Bahsedilen jeotermal sular Mg, Ca, Na, K, Cl, B, SO₄ gibi pek çok kimyasal madde barındırdıkları için belirgin bir ahşap emprenye maddesi potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, bu jeotermal kaynaklardan ve bunların oluşturacağı jeotermal karışımlardan, özellikle de GM-3'den ve GM-3'lü karışımlardan, sodyum, korür, potasyum, silisyum, bor, sülfat, kalsiyum ve magnezyum tuzları başta olmak üzere, bunların da içinde olduğu diğer bileşiklerin elde edilmesi konusunda daha iyi sonuçlar alınabilir. Bu durum yapılacak başka çalışmalarla araştırılmalıdır.

Günümüzde, jeotermal kaynaklar, elektrik enerjisi üretimi, ısıtma, kaplıca, tıbbi tedavi, kurutma, kimyasal madde eldesi, mantarcılık ve hayvancılık gibi pek çok alanda büyük ölçüde kullanım yeri bulurken, diğer önemli bir alan da, endüstriyel kullanım kapsamda, ahşap emprenye sektörü olabilir. Zira bu kaynaklar, farklı derinlik ve jeolojik kayaçlardan gelerek, yüksek sıcaklıkla beraber çeşit ve oran olarak farklılık gösteren çok sayıda erimiş kimyasal/mineral madde kompozisyonuna sahiptir. Bundan dolayı, çeşit, sayı ve derişim açısından klasik emprenye maddelerine katılan sodyum, korür, potasyum, silisyum, bor, sülfat, kalsiyum, magnezyum gibi suda çözünen kimyasal maddeler bakımından önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Bu durum, bu kaynakların ahşap korumada kullanılan tuzlar veya bileşiklerin üretimi noktasında değerlendirilebileceklerini ortaya koymaktadır. Çünkü son yıllarda ahşap emprenye sektöründe çevre dostu yeni kimyasal maddeler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu bağlamda, jeotermal enerji kaynakları birincil ve ikincil olarak çok sayıda çözülmüş kimyasal madde içermesi bakımından yerli ve yenilenebilir çevre dostu doğal bir potansiyel kaynak olabilir.

Jeotermal kaynaklarının %95'i elektrik üretiminde kullanıldığı bilinen Aydın'da, özellikle Germencik bölgesi jeotermal zenginliğinin, sadece enerji üretimi değil, aynı zamanda ahşap emprenye maddeleri ya da bileşikleri üretiminde de değerlendirilmesi tartışılmalıdır. Jeotermal kaynakların sadece enerji üretimi için tercih edilmesi, bu jeotermal zenginliğin rasyonel olmayan faydalanmaktan başka bir neticesi olmayacaktır. Bu nedenle, söz konusu bölgede, uygun jeotermal kaynaklara yönelik, ahşap koruma sektöründe kullanılan emprenye maddesi ihtiyacının giderilmesine dair planlar yapıp endüstriyel projeler geliştirilmelidir.

5. Teşekkür

Bu makale, SDÜ-BAP 4050-YL1-14 nolu proje ile desteklenen çalışmanın bir bölümüdür. Yazarlar, desteklerinden dolayı, SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Akkuş, İ., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z., 2005. Türkiye Jeotermal Envanteri, MTA Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201, Ankara.
- [2] Alptekin, C.Ü., 1986. Anadolu Karaçamı [Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe]'nin Coğrafik Varyasyonları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Cilt 36, Seri A, Sayı 2, 132-154, Ankara.

- [3] Anonim, 2006. Orman Varlığımız. TC. Çevre ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 160 s, Ankara
- [4] Atılgan, 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.
- [5] Aslan, E., 2016. Alangüllü (Aydın) jeotermal kaynağının kimyasal özellikleri ve çevreye olan etkilerinin uzaktan algılama ve CBS kullanılarak belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir. Erişim Tarihi: 02.08.2016. [hppt://ulusaltezmerkezi.com](http://ulusaltezmerkezi.com)
- [6] Aydın, M., 2016. Aydın çevre kurultayı değerlendirme raporu. Türk Tabipleri Birliği Aydın Tabip Odası. Erişim Tarihi: 03.10.2016. <http://www.aydintabipodasi.org.tr>
- [7] Aydıngöz, M., 2016. Afyonkarahisar bölgesinde bulunan kaplıca sularının mevsimsel analizi. Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkarahisar. Erişim Tarihi: 17.10.2016. <http://ulusaltezmerkezi.com>
- [8] Barbier, E., 2002. Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview. 6(1-2): 3-65.
- [9] Bariska, M., 1975. Collapse Phenomena in Beechwood during and after NH₃-Impregnation. Wood Science and Technology, 9(1975), 293-306.
- [10] Bozkurt, A.Y., Göker, 1981. Orman Ürünlerinden Faydalanma, İÜ Orman Fakültesi Yayınları No: 2840/297, İstanbul.
- [11] Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İÜ Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
- [12] Deligöz, A., 2009. Anadolu Karaçamı (Pinus nigra Arn. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Fidanlarında Sulama Programının Hazırlanmasında Bitki Su Potansiyeli Değerlerinin Kullanımı. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2009, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 51-65
- [13] Demirtaş, M., 2015. Jeotermal Akışkan İle Emprenyeli Ahşabın Açık Hava Ortamındaki Dayanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Isparta.
- [14] 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-SiO₂. Eur. J. Wood Prod. 73(2015), 457-464.
- [15] DPT (Devlet Planlama Teşkilatı), 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu. Yayın No: DPT: 2441.
- [16] 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.
- [17] Gürü, M., 2005. Jeotermal enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, Çevreye Genç Bakış, Mart 2005/Sayı 7.
- [18] Kardaş, İ., 2014. Kütahya-Simav Yöresi Jeotermal Kaynaklarının Emprenye Maddeleri Açısından İncelenmesi Ve Bu Kaynakların Ahşabın Bazı Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Isparta.
- [19] Kızmaz, M., 1993. Karaçam Fidanlarının Kalite Sınıflarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Orm. Arş. Enst. Yayınları, Teknik Bülten No:238-241, 7-36.
- [20] Maren, 2015. Maren Maraş Elektrik Üretim Sanayi ve Tic. A.Ş. verileri, Aydın.
- [21] Mutlu, M.A., 2004. Jeotermal enerji ve Türkiye'deki durumu, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Potansiyeli ve Enerji Politikaları Konferans Notları (www.turkocagi.org.tr/toa/grup-enerji), Erişim: 21 Ocak 2007
- [22] Özçiftçi, A., Batan, F., 2009. Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 12(4), 287-292.
- [23] Parkın, H.P. 2012. Germencik-İncirliova (Aydın) jeotermal alanlarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- [24] Soygüder, A., 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.
- [25] TJD (Türkiye Jeotermal Derneği), 2016. Jeotermal Enerji. Erişim Tarihi: 08.11.2016. <http://www.jeotermaldernegi.org.tr>.
- [26] Yılmaz, N.S., 2016. Aydın ve çevresindeki jeotermal sulardaki bazı elementlerin ve iyonların ICP-OES ve IC ile analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın. Erişim Tarihi: 02.08.2016. http://adumilas.adu.edu.tr/web/catalog/file_download.php?file_id=252
- [27] Var, A.A., 2009. Jeotermal akışkanlarda potansiyel empenye maddelerinin miktarı ve bunların ahşap empenye işlemine uygunluğu. SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı:1, s:184-197.