



Kuzuluk, Taraklı ve Geyve (Sakarya) Jeotermal Sularının Emprenye Maddesi Potansiyeli ve Kızılçam (*P. Brutia* Ten.) Odununda Bazı Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi

Ahmet Ali VAR¹, Abdulkadir SOYGÜDER^{1,*}

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta.

Öz

Çalışmada, Sakarya'dan üç farklı jeotermal suyun ahşap emprenye maddesi potansiyelinin araştırılması, bu sularla dört farklı sıcaklıklı jeotermal su ile muamele edilen ağaç malzemedeki absorpsiyon, retensiyon, yoğunluk ve teğet yönde genişleme özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Deneyle Geyve, Kuzuluk ve Taraklı jeotermal suları, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) diri odun örnekleri ve termik metot kullanılmıştır. Kaynaklardan sıcak/kızgın halde alınıp normal çevre koşullarında soğutulan jeotermal sular laboratuvara taşınmıştır. Burada, $\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle, dört farklı sıcaklıklı (23°C , 48°C , 69°C , 92°C) jeotermal işlem sıvısı hazırlanmıştır. Odun örnekleri bu sıvılarla, termik metot ilkesine göre ayrı ayrı emprenye edildikten sonra yukarıda bahsedilen özellikleri test edilmiştir. Yapılan testlere ilişkin bulgular istatistiksel anlamda değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, bu kaynaklar, toplam jeotermal kimyasalın %55'ini teşkil eden ve derişimleri 450.00 mg/L ile 1232.24 mg/L arasında değişen 12 adet ahşap emprenye maddesi içermektedir. Jeotermik işlemler, kızılçamda yoğunluk ve teğet genişlemeye anlamlı bir katkı yapmazken, diğer özellikleri önemli derecede etkilemiştir. En fazla absorpsiyon ve retensiyon, sırasıyla, Kuzuluk ve Geyve'de bulunmuştur. Kuzuluk, Geyve ve Taraklı'dan, sırasıyla, %1.5 ve %4.0 daha fazla absorpsiyon sağlarken, Geyve, Kuzuluk ve Taraklı'dan, sırasıyla, %28 ve %78 daha fazla retensiyon vermiştir. Üç jeotermal kaynak için kontrole göre yoğunluk önemli derecede artarken teğet yönde genişlemede önemli bir artış görülmemiştir. Yoğunluk için en yüksek artış Kuzuluk 92°C ve en az artış Taraklı 48°C olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, Ahşap, Emprenye, Fiziksel Özellik, Sakarya.

Effects on Some Physical Properties in Turkish Red Pine (*P. brutia* Ten.) Sapwood and Wood Protectant Potential of Kuzuluk, Taraklı and Geyve Geothermal Waters from Sakarya, Türkiye

Abstract

The purpose of this study is to investigate the wood protectant potentials and effects on some absorption, retention, density and tangential swelling in wood of three different geothermal resources from Sakarya, Türkiye. The study used the sapwood of Turkish red pine (*P. brutia* Ten.), hot-cold dipping method and geothermal waters of Geyve, Kuzuluk and Taraklı. The hot geothermal waters were taken from the resources, cooled to normal environmental conditions and transported to the laboratory. For each geothermal resource, the treatment fluids with four different temperature (23°C , 48°C , 69°C , 92°C) were prepared with ± 2 degrees of precision. The wood samples were separately impregnated with these liquids using the thermal method, and their properties were tested. Findings related to the tests performed were evaluated statistically for each properties. As a result, these resources include 12 pieces of wood impregnated, which constitute 55% of total geothermal chemical and whose concentration range from 450.00 mg/L to 1232.24 mg/L. While geothermal treatment didn't make a meaningful contribution to tangential swelling and density of Turkish red pine, they influence do their properties significantly. The highest absorption and retention were found for Kuzuluk and Geyve, respectively. Kuzuluk provided 1.5% and 4.0% more absorption than Geyve and Taraklı, respectively, whereas Geyve gave 28% and 78% more retention than Kuzuluk and Taraklı, respectively. For three geothermal resources, the density increased significantly compared to the control, but there was no significant increase in tangential swelling. For density, the highest increase was obtained in Kuzuluk $92\pm 2^{\circ}\text{C}$ treatment, while the minimum increase was found in Taraklı $48\pm 2^{\circ}\text{C}$ treatment

Keywords: Geothermal, Wood, Impregnation, Physical properties, Sakarya.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Abdulkadir SOYGÜDER; SDÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Doğu Yerleşkesi, 32260, Isparta. E-mail: abdulkadirsoyguder@hotmail.com

Geliş (Received) : 13.12.2016

Kabul (Accepted) : 24.01.2017

Basım (Published) : 01.06.2017

1. Giriş

Ahşap, dış mekân kullanımları da yaygınlaşan doğal bir malzemedir. Dayanım ve kararlılığının artırılıp uzun süre fayda sağlanması en önemli amaçlardandır. Bu amaçlara ulaşabilmek için, ahşaba zarar verebilecek etkenleri daha aza indirme çalışmaları yapılmaktadır. Çünkü kullanıldığı ortamlarda zararlı etkenler yüzünden tahrip edilip çürütülmesiyle büyük maddi kayıplar olabilmektedir. Zararlıların tahribatını engelleyip kararlı bir yapıyı sunabilmek için ahşabın empenyesi gerekmektedir. Geleneksel empenye işlerinde zararlıların tahribatını engelleyen kimyasalların kullanılması ile ahşabın ömrü 5-10 kat daha uzatıldığı bildirilmiştir (Aytaşkın, 2009). Geçmişten günümüze ahşabın empenyesinde kullanılan kimyasalların çevre ve insan sağlığı için daha zararsız, yenilenebilir, doğal nitelikte olmasına özen gösteren yaklaşımların olduğu rapor edilmiştir (Bozkurt vd., 1993). Bu yaklaşımların dünya genelinde yaşanan çevresel kirlilik ve sonrasında insan sağlığında yaşanan sorunlar neticesinde olduğu söylenebilir. Yenilenebilir kaynaklardan olan jeotermal akışkanlar, diğer kaynaklar içinde daha temiz, güvenilir, doğal ve çevre dostu bir kaynaktır (YEGM, 2015). Bu nedenle dünya genelinde jeotermal enerjiden faydalanma çalışmaları giderek artmaktadır. Her ne kadar jeotermal suların içerdiği kimyasal, asidik, alkali, tuzlu maddelerin özellikle tarım alanlarına olan olumsuz etkisinden bahsedilse de, oluşturduğu zararların telafisi (diğer enerji hammaddelerine nazaran) daha az maliyetle karşılanabileceğini ifade edilmiştir (Şamilgil, 1986). Dünya’da jeotermal enerjinin doğrudan kullanıldığı ilk 5 ülke Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve İzlanda olduğu belirtilmiştir (MTA, 2012).

Türkiye, jeolojik ve coğrafik konumu itibariyle aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ayrıca Türkiye jeotermal potansiyel olarak Dünya’da yedinci, jeotermal enerji kaynağı olarak ise Avrupa’da İtalya’dan sonra en fazla olan ülkedir (Arslan vd., 2001). Türkiye’de var olan bu potansiyelin değerlendirilmesi bağlamında, elektrik enerji üretiminden endüstriyel kullanıma kadar giderek artan jeotermal arama çalışmalarının olduğu bildirilmektedir (ETKB, 2016). Türk jeotermal sularının %12’sinin yüksek (100°C-280°C) sıcaklıklı, %88’inin de düşük ve orta sıcaklıklı olduğu ifade edilmektedir (Akkuş ve Alan, 2016). Bu ifade, ağır endüstrilerde de jeotermal enerji kaynaklarının kullanılabilirdiği sonucunu çıkarmaktadır. Son on yılda, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yüzdesinde büyük bir artışın varlığı dikkat çekmektedir (TÜİK, 2016). Türkiye’de jeotermal kaynaklardan elde edilen enerji çoğunlukla konut ve sera ısıtması ile elektrik enerjisi üretimi şeklinde kullanım alanı bulmuştur (JENARUM, 2015). Bu kaynaklar ülkenin jeolojik yapısı nedeniyle Batı Anadolu ile Ege Bölgesi’nde hem sıcaklık hem de sayı bakımından diğer bölgelere göre daha fazla yoğunlaşmıştır (Koçak, 2005). Bu bağlamda potansiyel jeotermal enerji dağılımı Ege’de %66.7, İç Anadolu’da %15.2, Marmara’da %12.8, Doğu Anadolu’da %2.5, Karadeniz’de %1.9, Akdeniz’de %0.7 ve Güney Doğu’da %0.2 olarak belirtilmiştir (Barut ve Erdoğan, 2011).

Literatürde jeotermal akışkanlarla ağaç malzemenin empenyesi üzerine çalışmaların yapıldığı, bunların orman ürünleri endüstrisinde de kullanılabilirliğinin tartışıldığı çalışmalar rapor etmiştir (Dağdaş, 2007; Var, 2009). Örneğin; Dağdaş (2007) tarafından, 120°C’deki jeotermal kaynaklardan üretilen buharın birkaç işlemden sonra kullanılabilir düzeye getirilmesiyle kâğıt üretiminde enerji ihtiyacının %30’unu, jeotermal su sıcaklığı 200°C’de olursa %100’ünü karşılayabileceği belirtilmiştir. Ayrıca jeotermal akışkanlarla kâğıt kurutma, ısıtma, kâğıt üretimi için gerekli buhar basıncının doğal olarak bu akışkanlardan karşılanabileceği vurgulanan araştırmalarda, suların ısıtılması için harcanan elektrik yerine hazır yüksek sıcaklıktaki jeotermal suların değerlendirilmesinin milli ekonomiye katkı sağlayacağı yorumu da yapılmaktadır (Dağdaş, 2007; Günerhan, 2015).

Yapılan bir başka çalışmada, kereste kurutma işlerinde jeotermal enerjinin kullanılabilirdiği, ancak ahşabın türüne göre değişmekle beraber, jeotermal sıcaklığın en az 84°C olması gerektiği vurgulanmıştır (Dağdaş, 2007). Kereste kurutulduktan sonra geriye kalan jeotermal sıcak (70°C-82 °C) sular, tekrar yer altına gönderilmeden, çeşitli birimlerde (ısıtma, sıcak su vb.) değerlendirilebildiği takdirde, fabrikada ısıtma, sıcak su eldesi gibi maliyetlerin daha da azalabileceği bildirilmektedir (Bilgin ve Var, 2007).

Bilindiği üzere, ağaç kaplama levhası üretiminde tomrukların bir süre pişirilmesi gerekmektedir. Karademir (2012); Ünsal (2004) tarafından yapılan araştırmalardan etkilenerek, tomruk pişirmede kullanılan sıcak su yerine kullanıma hazır jeotermal kızgın suyun/buharın ikame edilebileceği ve bu jeotermal pişirmenin 48-72 saatte tamamlanabileceği ön görmüştür. Bununla beraber, literatürde, Türkiye’nin jeotermal kaynakları incelendiğinde, bunların orman endüstri alanında enerji, sıcak su, kimyasal madde vb. ihtiyaçların karşılanması adına önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır. 70°C-80°C sıcaklıklı jeotermallerin kaplama levha ve kâğıt üretiminde, 120°C-150°C sıcaklıklı jeotermallerin kereste kurutma ve daha birçok alanda değerlendirilebileceği; ayrıca ahşap empenye işlerinde kullanılan pek çok kimyasal madde veya mineral tuz içerdiği rapor edilmiştir (Var, 2009). Örneğin; Var (2009)’da; jeotermal akışkanlar yüksek oranda çözülmüş sodyum, kalsiyum, magnezyum, klorür, azot (nitrojen), hidrojen, civa, bikarbonat, hidrojen sülfür, sülfat, silisyum dioksit, amonyak, karbondioksit, metan, potasyum, florür, demir, bor, lityum, bakır, radon, mangan, nikel, kurşun, arsenik, çinko, karbonat gibi kimyasal

maddeler ve zengin mineral tuzlar içerdiği vurgulanmıştır (Lund vd., 1978; Mahon vd., 2000; Akıllı ve Ersöz, 2002; Yeşin, 2003; Tarcan, 2003; Tarcan, 2005; Data ve Bahati, 2003; Mutlu, 2004). Yapılan literatür ve saha çalışmalarında Sakarya ili jeotermal kaynaklarının düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar olduğu, kimyasal madde, mineral tuz çeşitleri ve bunların derişimleri bakımından bir zenginlik taşıdığı görülmüştür. Ancak bu kaynakların ahşap emprenye maddesi potansiyelinin ve ağaç malzemenin özelliklerine etkisinin tespit edilmesini amaçlayan çalışmalara rastlanmamıştır. Bu kaynakların, uygun birer ahşap emprenye maddesi kaynağı olması ve ahşabın pratikte önemli olan bazı özelliklerine katkılar yapması beklenebilir. Bu fikirden yola çıkarak, bu çalışmada, ildeki Kuzuluk, Taraklı ve Geyve jeotermal kaynaklarının emprenye maddesi potansiyelinin incelenmesi ve kızılçam odununda absorpsiyon, retensiyon, yoğunluk ve teğet yönde genişleme üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma için Sakarya ilinin seçiminde, Sakarya'nın, jeotermal enerji potansiyelinde üst sıralarda yer alan Marmara Bölgesi'ni 17 adet jeotermal kaynakla (%11) temsil etmesi ve ildeki jeotermal suların yüksek oranlarda çözünmüş B, Na, Ca, K, Cl, CO₃, HCO₃ vb. çeşitli ahşap emprenye maddeleri içermesi (Barut ve Erdoğan, 2011) belirleyici olmuştur. İl dâhilinde bilinen ve aktif olan jeotermal sahalar Kuzuluk, Taraklı ve Geyve jeotermal kaynaklarıdır. İlde, jeotermal kaynakların, sahip olduğu sıcaklıklar, kimyasal maddeler, mineral tuzlar ve bunların ülke ekonomisine kazandırılması üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Örneğin; Kuzuluk jeotermal, ülke ekonomisine kazandırılan, sıcaklığı 60-84°C arasında değişen, termal gücü 56.5 MWt ve debisi 293 L/sn olan bir kaynaktır (Arslan vd., 2001; Akkuş vd., 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Ateş, 2012). Diğer yandan çalışma, bölgedeki jeotermal kaynakların mevcut kullanım alanları dışında farklı bir sektörde kullanılması ve literatüre katkı yapması bakımından da önemlidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışmada üç farklı jeotermal kaynak suyu, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) diri odun örnekleri ve saf su kullanılmıştır. Saf su, jeotermal suların odun örneklerinin genişleme özelliği üzerine etkilerini karşılaştırmada kullanılmıştır. Sakarya ili Kuzuluk, Taraklı ve Geyve ilçesi jeotermal kaynaklarından sıcak halde alınıp özel kaplara doldurulan jeotermal sular, soğumaları için normal çevre koşullarında oda sıcaklığına kadar bekletildikten sonra, sıcaklık ve pH özellikleri değişmeyecek şekilde laboratuvara taşınmıştır. Burada, emprenye işlerinde kullanılmak üzere, her jeotermal kaynak için, $\pm 2^{\circ}\text{C}$ hassasiyetle, dört farklı sıcaklıklı (23°C, 48°C, 69°C, 92°C) jeotermik emprenye sıvısı hazırlanmıştır. Odun örnekleri, kerestelik kızılçam tomruklarının diri odun kısmından radyal yönde, muhtelif ebatlarda, sağlam, düzgün lifli ve budaksız latalardan alınmıştır (TS 345, 2012; TS 4176, 1984). Bu amaçla, TS 2470 (1976)'e göre hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanıp planya makinesinden geçirilen latalardan, test ve kontrol grubu örnekler hazırlanmıştır.

Her test için 10'ar adet olmak üzere, absorpsiyon ve retensiyon testleri için 3x3x1.5 cm'lik boyutlarda, yoğunluk ve teğet yönde genişleme testleri için 2x2x3cm'lik ölçülerde örnekler hazırlanmıştır. Tekrar, hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanıp ± 0.01 hassasiyetle ölçülüp tartılan örnekler, TS 2471 (1976)'e göre 103 \pm 2°C'deki kurutma dolabında tam kuru ağırlığa kadar kurutulmuş, desikatörde normal oda sıcaklığına kadar soğutulup tekrar aynı hassasiyetle ölçülüp tartılmıştır. Böylece, örneklerin, emprenyeden önceki, sırasıyla, hava kurusu ve tam kuru ağırlıkları ile boyutları tespit edilmiştir. Her test için, bütün örnekler, bu şekilde ölçülüp kilitli naylon torbalara konarak, jeotermik sıvılarla muamele edilinceye kadar muhafaza edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Emprenye Maddesi Potansiyeli Tayini

Çalışmada, Sakarya ili Kuzuluk, Taraklı ve Geyve ilçesi jeotermal sahalarında, 30°C ve üzerinde, sıcak su+buhar egemen jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda, özellikle, kimyasal analizleri yapılmış/yaptırılmış olan jeotermal sulara yer verilmiştir (Çizelge 1). Suların kimyasal analiz sonuçları ilgili kurum, kuruluş ve yayınlardan güncellenmiştir. Bu amaçla, öncelikle, bölgede daha önceden kimyasal analizleri yapıлып yayımlanmış jeotermal kaynaklara dair literatür (Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; İHSEM, 2011; Çağlar, 1947; Greber, 1992) taranarak bu suların kimyasal analiz sonuçları derlenmiştir. Sonra, bunlar, ahşap emprenye maddeleri ve derişimleri açısından, TS 788-2 EN 599-2 (1997) ve literatür (Bozkurt, 1993; Berkel, 1972; MTA, 2005) sonuçları ile mukayese edilmiştir. Daha sonra, bu karşılaştırmaya göre, söz konusu jeotermal suların, bireysel ve toplam olarak, çözünmüş halde içerdikleri potansiyel emprenye maddeleri ve bunların derişimleri tespit edilmiştir.

2.2.2. Emprenye İşlemi

Deneyler için TS 343 (2012)'e göre açık kazanda sıcak-soğuk batırma yöntemi (termik metot) kullanılmıştır. Emprenye işlemi, TS EN 47 (2011)'ye göre laboratuvarında normal hava şartlarında gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla, tam kuru odun örnekleri, önce sıcak jeotermal sıvı içinde 6 saat, sonra soğuk jeotermal sıvı içinde 2 saat bekletilip çıkarıldıktan sonra hafifçe kurulanmıştır. Bütün örnekler, bu şekilde, üç farklı kaynaktan dört farklı sıcaklıklı jeotermal sıvılarla ayrı ayrı emprenye edilmiştir. Emprenye sonrası, hafif kuru (yaş/ıslak), örnekler, ± 0.01 hassasiyetle tartılıp ölçüldükten sonra hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanmış, ardından, tam kuru ağırlığa kadar kurutulup oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra tekrar aynı hassasiyetle tartılıp ölçülmüştür. Böylece, örneklerin, emprenyeden sonraki, sırasıyla, hafif kuru, hava kurusu ve tam kuru ağırlıkları ve boyutları bulunmuştur.

2.2.3. Absorpsiyon Tayini

Bu test, TS 5563 EN 113 (1996)'e uygun yapılmıştır. Her örnek için, absorpsiyon değeri, $JSA = (A_{js} - A_{j\ddot{o}}) / V_{j\ddot{o}}$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; JSA , jeotermal su absorpsiyonu (g/cm^3), A_{js} , jeotermal işlem sonrası yaş ağırlık (g), $A_{j\ddot{o}}$ ve $V_{j\ddot{o}}$, jeotermal işlem öncesi, sırasıyla, tam kuru ağırlık (g) ve hava kurusu hacim (cm^3)'dir.

2.2.4. Retensiyon Tayini

Bu test, TS 5563 EN 113 (1996)'e uygun yapılmıştır. Test için, JSA tayininde kullanılan örneklerden faydalanılmıştır. Her örnek için, retensiyon değeri, $JKR = [((A_{js} - A_{j\ddot{o}}) \times K) / V_{j\ddot{o}}] \times 10$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; JKR jeotermal kimyasal retensiyonu (Kg/m^3) ve K Jeotermal su derişimi (%)'dir.

2.2.5. Yoğunluk Tayini

Bu test, TS 2472 (1976)'ye uygun olarak yapılmıştır. Her örnek için, yoğunluk değeri, $D = M/V$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; D , M ve V , hava kurusu haldeki, sırasıyla, yoğunluk (g/cm^3), ağırlık ve (g) ve hacim (cm^3)'dir.

2.2.6. Teğet Yönde Genişleme Tayini

Bu test, TS 4084 (1983)'e göre yapılmıştır. Her örnek için, teğet yöndeki genişleme, $TYG = [(L_{t_{max}} - L_{t_{min}}) / L_{t_{min}}] \times 100$ eşitliği yardımıyla hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; TYG , LDN üzerinde teğet yönde toplam genişleme (%), $L_{t_{max}}$, LDN üzerinde teğet yönde maksimum boyut (mm) ve $L_{t_{min}}$, tam kuru halde teğet yönde minimum boyut (mm)'tur.

2.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen değerler; istatistiksel olarak %95 güvenle, varyans analizi ANOVA ve Duncan testiyle irdelenmiştir. Bu maksatla, yukarıda bahsedilen her özellik, jeotermal kaynak türüne göre tanımlayıcı istatistikler elde edildikten sonra, her faktörün, söz konusu özellikler üzerindeki etkilerinin önem dereceleri belirlenmiştir. Sonra, etkisi anlamlı çıkan faktörler için homojenlik grupları araştırılmıştır. Harfli gösterimle ifade edilen farklılıklar için ortalamalar karşılaştırılmıştır. Tüm istatistikî değerler, SPSS yazılım programında hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Emprenye Maddesi Potansiyeli

Çalışmada kullanılan üç farklı jeotermal kaynak türünün kimyasal analiz sonuçları ilgili literatürden (MTA, 1981; ETKB, 2016; Arslan vd., 2001; Akkuş ve Alan, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; İHSEM, 2011; Ateş, 2012; Zengin ve Eker, 2016; DPT, 2016; Özdemir, 2008; MTA, 2005; Sipahi, 2013; Pehlivan ve Yılmaz, 1995; DPT, 2001; Çağlar, 1970-1947; Greber, 1992; Dirisu, 1952; Yenal vd., 1975) derlenerek güncellenmiştir (Çizelge 1). Güncellenen bu sonuçlara göre söz konusu jeotermal sularda saptanan potansiyel ahşap emprenye maddeleri ve bunların derişimleri aynı çizelgede gösterilmiştir. Çizelge 1'e bakıldığında, Kuzuluk'a ait toplam jeotermal kimyasal madde miktarının diğer iki kaynağa göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca söz konusu jeotermallerin çözünmüş halde zengin emprenye maddesi potansiyeline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü kimyasal ahşap koruma işlerinde kullanılan emprenye maddelerine katılan birçok kimyasalın (Al, SiO₂, CO₂, B, Na, K, Ca, Mg, Br, F, Cl, SO₄) bu jeotermal kaynaklar içinde de yer aldığı Çizelge 1'de görülmektedir. Jeotermal kimyasallar incelendiğinde, kimyasal ahşap korumada kullanılan su bazlı emprenye maddelerinin jeotermal sularda

da hazır çözünmüş halde olduğu ifade edilebilir. Yukarıda belirtilen ve ahşap korumada emprenye maddelerine katılarak kullanılan bu 12 adet maddenin jeotermal sulardaki toplam derişimleri 449.80 mg/L (%0.05) ile 1971.79 mg/L (%0.20) arasında değişmektedir. Bu maddeler, toplam jeotermal kimyasalın, sayı ve çeşit olarak, yarısından fazlasını (yaklaşık %55) teşkil etmektedir. Literatürde klasik suda çözünen emprenye maddeleri için derişimin %0.1 ile %35-40 dağılım yaptığı rapor edilmiştir (Var, 2009). Bu bağlamda, sayı, çeşit ve derişim bakımından, söz konusu jeotermal suların emprenye maddesi potansiyelinin literatürle uyumlu olduğu söylenebilir. Jeotermal suların toplam derişimlerine bakıldığında, ortalama, Kuzuluk 2663.05 mg/L (%0.23) ile en yüksek derişime sahipken, Geyve'nin 1041.20 mg/L (%0.10) ile en düşük derişime sahip olduğu görülmüştür. Toplam ahşap emprenye maddesi derişimleri incelendiğinde, yine, Kuzuluk'un 1232.24 mg/L (%0.12) ile en yüksek, Geyve'nin ise 449.80 mg/L (%0.05) ile en düşük derişimde olduğu gözlenmiştir. Buna göre, Kuzuluk jeotermal için, su bazlı ahşap emprenye maddesi potansiyelinin daha iyi olduğu ve bunların üretilebilirliği bakımından daha iyi sonuçlar verebileceği öne sürülebilir.

Tablo 1. Kuzuluk, Taraklı, Geyve jeotermal sularının kimyasal analiz sonuçları ve emprenye maddesi potansiyeli.

Analizler ^a	Jeotermal kaynak türü			Referanslar
	Kuzuluk	Taraklı	Geyve	
Sıcaklık (°C)	20-84	27-51	27-41	(Arslan vd., 2001; Akkuş ve Alan, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; İHSEM, 2011; Ateş, 2012; Zengin ve Eker, 2016; DPT, 2016; Özdemir, 2008; MTA, 2005; MTA, 1981; Sipahi, 2013; Pehlivan ve Yılmaz, 1995; DPT, 2001)
pH (25 °C'de)	6.3-7.6	6.4-7.2	6.2-6.4	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
CO ₂ * (Karbondioksit)	83.4-245	338	223	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
Na* (Sodyum)	33-850	32-32.2	31	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
K* (Potasyum)	15-60	4.6-5.3	5	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
Ca* (Kalsiyum)	36-139.7	132.4-136	127	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
Mg* (Magnezyum)	12.5-24	22-24.6	27	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
Cl* (Klorür)	120-413	6.9-16	11	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
SO ₄ * (Sülfat)	13-60	17.5-19	25	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
CO ₃ (Karbonat)	<1	<1	<1	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
HCO ₃ (Bikarbonat)	31.5-1641	585-610	555	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
Fe (Demir)	0.5-0.8	0.05-0.2	0.05	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
F* (Florür)	3,7-4	0.8-1.42	0.8	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
Br (Bromür)	0.06-0.6	<1	8.95	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008; İHSEM, 2011)
I (Iyodür)	<1	<1	<0.5	(ETKB, 2016; Barut ve Erdoğan, 2011; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
B* (Bor)	28	0.9-2.3	...	(ETKB, 2016; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
SiO ₂ * (Silisyumdioksit)	148	35-35.8	...	(ETKB, 2016; Yalçın vd., 2002; Zengin ve Eker, 2016; Özdemir, 2008)
Rn ₂ (Radon)	14.4-31.8	27.3	25.9	(Barut ve Erdoğan, 2011)
NH ₄ * (Amonyum)	<0.05	0,05	...	(Paşakonukları, 2013; Özdemir, 2008)
Al* (alüminyum)	0,091	...	...	(Özdemir, 2008)
NO ₃ (Nitrat)	<0.2	...	...	(Özdemir, 2008)
NO ₂ (Nitrit)	<0.2	...	...	(Özdemir, 2008)
NaHCO ₃ (Sodyumbikarbonat)	1464	...	...	(Özdemir, 2008)
Mn (Mangan)	0.026	0.02	...	(Paşakonukları, 2013; İHSEM, 2011; Özdemir, 2008)
Toplam jeotermal kimyasal derişimi(mg/L)	205.627-5120.467 (Ort:2663.047)	1205.47-1251.14 (Ort:1228.305)	1041.20	
Toplam ahşap emprenye maddesi derişimi (mg/L)	492.691-1971.791 (Ort:1232.241)	590.191-611.62 (Ort: 600.955)	449.80	

a: İlgili referanslardan alınmıştır. *: Ahşap emprenye maddesidir.

3.2. Absorpsiyon

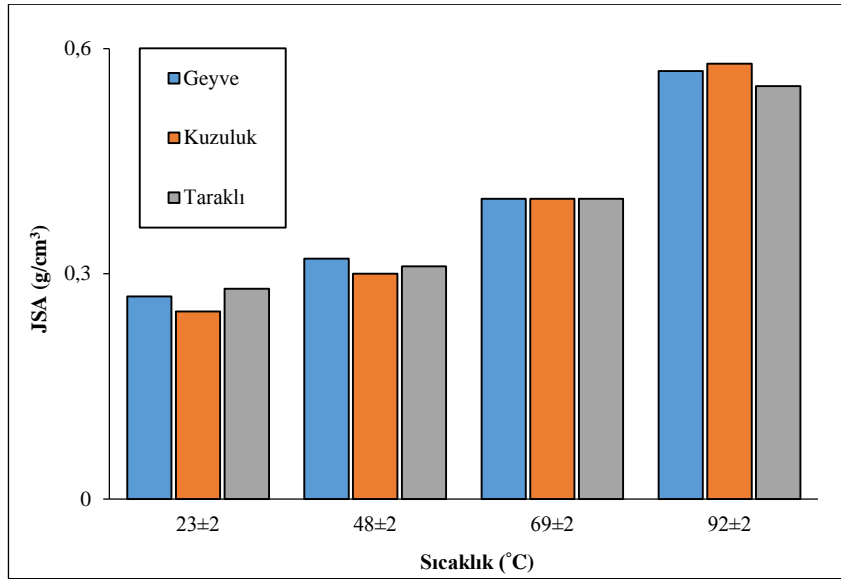
Üç farklı jeotermal kaynak türünden dört farklı sıcaklık jeotermal suyla empenye edilen kızılçam diri odununda JSA için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 2 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Ayrıca jeotermal işlem sıcaklıklarına göre elde edilen JSA grafiği ise Şekil 1'de gösterilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, jeotermal su sıcaklığının artmasına bağlı olarak, JSA değerlerinin arttığı görülmüştür. Üç kaynak türü arasında, en yüksek JSA değeri 92 °C için gerçekleşirken, en düşük değer 23 °C için gerçekleşmiştir. JSA değeri, Taraklı 69 °C'de, Geyve ve Kuzuluk 92 °C için, sırasıyla, 0.40 g/cm³, 0.57 g/cm³ ve 0.58 g/cm³ ile en fazla olurken, her üç kaynak için 23 °C'de, sırasıyla, 0.278 g/cm³, 0.27 g/cm³ ve 0.25 g/cm³ ile en az bulunmuştur. Çizelge 3'e bakıldığında, tüm jeotermal su sıcaklıklarının JSA üzerinde, %95 istatistikî güven düzeyinde, anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür. JSA üzerine etkileri bakımından jeotermal kaynaklar dört farklı homojenlik grup (A, B, C, D) oluşturmuştur. Aralarında önemli farklılıklar bulunan bu gruplarda, en az etkiyi A, en fazla etkiyi ise D ifade etmektedir.

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklı jeotermal sularla empenyeli kızılçam diri odununda JSA için tanımlayıcı istatistikler

	Jeotermal		Tanımlayıcı istatistikler			
	Kaynak türü	Su sıcaklığı (°C)	Ortalama	St. Sapma	En az	En fazla
JSA (g/cm ³)	Geyve	23±2	0.27	0.016	0.25	0.29
		48±2	0.32	0.017	0.29	0.35
		69±2	0.40	0.020	0.35	0.42
		92±2	0.57	0.024	0.53	0.61
	Kuzuluk	23±2	0.25	0.016	0.23	0.28
		48±2	0.30	0.009	0.28	0.31
		69±2	0.40	0.055	0.37	0.55
		92±2	0.58	0.018	0.55	0.60
	Taraklı	23±2	0.28	0.013	0.26	0.30
		48±2	0.31	0.012	0.29	0.32
		69±2	0.40	0.024	0.36	0.44
		92±2	0.55	0.110	0.26	0.57

Çizelge 3. Kızılçamda jeotermal kaynak türünün JSA üzerine etkisine dair varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları					Duncan testi sonuçları			
	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Jeotermal su sıcaklığı (°C)	Ortalama (g/cm ³)	Homojenlik grubu
Gruplar arası	0.502	3	0.167	434.883	0.000		23±2	0.27	A
Gruplar içi	0.014	36	0.000			Geyve	48±2	0.32	B
Toplam	0.516	39					69±2	0.40	C
							92±2	0.57	D
Gruplar arası	0.612	3	0.204	221.331	0.000		23±2	0.25	A
Gruplar içi	0.033	36	0.001			Kuzuluk	48±2	0.30	B
Toplam	0.645	39					69±2	0.40	C
							92±2	0.58	D
Gruplar arası	0.460	3	0.153	612.426	0.000		23±2	0.28	A
Gruplar içi	0.009	36	0.000			Taraklı	48±2	0.31	B
Toplam	0.469	39					69±2	0.40	C
							92±2	0.55	D



Şekil 1. Jeotermal işlem sıcaklığı için JSA grafiği

Şekil 1’de de görüleceği üzere; Kuzuluk 92 °C, JSA üzerine en yüksek etki yapan grup olurken, Kuzuluk 23 °C en az etki yapan grubu oluşturmuştur. Bu kaynak türü için, JSA miktarı, 92 °C’de 0.58 g/cm³ ile en yüksek çıkarken, 23 °C’de 0.25 g/cm³ ile en düşük çıkmıştır. Kuzuluk kaynağının JSA üzerinde Geyve’den %1.5 ve Taraklı’dan %4.0 daha fazla etkin olduğu tespit edilmiştir. Bunlara göre, her üç kaynak türü için, 92 °C’deki empenyede JSA değerinin, diğer kaynaklardan daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu bakımdan, JSA değerleri, çoktan aza doğru, Kuzuluk (0.58 g/cm³) > Geyve (0.57 g/cm³) > Taraklı (0.55 g/cm³) şeklinde sıralanabilir. Yapılan bir çalışmada; kızılçam örnekleri üzerinde sıcak/soğuk açık tank metoduyla CCB (bakır/krom/bor) ile empenye edildikten sonra absorpsiyon miktarı 37.8 kg/m³ ölçülmüş ve absorpsiyon miktarının özgül ağırlıkla ters, yıllık halka genişliği ile doğru orantılı olduğu vurgulanmıştır (Erten, 1983). Kuzuluk kaynağının absorpsiyon üzerinde en fazla etkiyi sağlaması; içerdiği kimyasal madde derişiminin diğer kaynaklardan fazla olmasına (özellikle bor mineralinin) bağlanabilir (bkz. Tablo 1). Benzer çalışmalarla yapılan karşılaştırmada, bu çalışmada elde edilen JSA bulgularının literatür (Karademir, 2012; Göncü vd., 2013; Kardeş vd., 2014; Genç vd., 2015; Demirtaş, 2015) sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmüştür.

3.3. Retensiyon

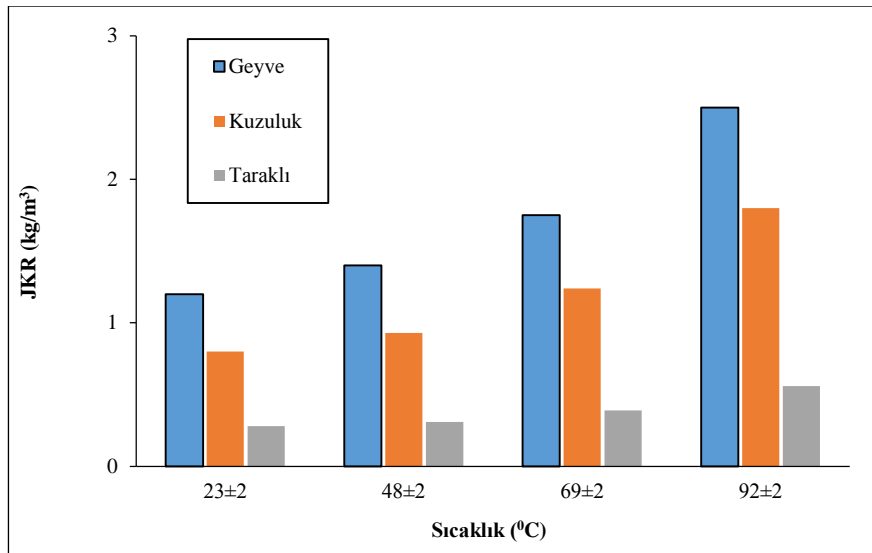
Üç farklı jeotermal kaynak türünden dört farklı sıcaklı jeotermal suyla empenye edilen kızılçam diri odununda JKR için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 4 ve Çizelge 5’de verilmiştir. Jeotermal işlem sıcaklıklarına göre elde edilen JKR grafiği ise Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı sıcaklıkları jeotermal sularla empenyeli kızılçam diri odununda JKR için tanımlayıcı istatistikler.

	Jeotermal		Tanımlayıcı istatistikler (kg/m ³)			
	Kaynak türü	Su sıcaklığı (°C)	Ortalama	St. Sapma	En az	En fazla
JKR (kg/m ³)	Geyve	23±2	1.20	0.075	1.09	1,30
		48±2	1.40	0.075	1.30	1.55
		69±2	1.75	0.086	1.56	1.86
		92±2	2.50	0.104	2.36	2.70
	Kuzuluk	23±2	0.80	0.049	0.73	0.89
		48±2	0.93	0.033	0.86	0.98
		69±2	1.24	0.172	1.15	1.72
		92±2	1.80	0.057	1.73	1.88
	Taraklı	23±2	0.28	0.013	0.26	0.30
		48±2	0.31	0.010	0.29	0.32
		69±2	0.39	0.023	0.36	0.44
		92±2	0.56	0.014	0.54	0.58

Tablo 5. Kızılçam için jeotermal kaynak türünün JKR üzerine etkisine dair varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları					Duncan testi sonuçları			
	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Jeotermal su sıcaklığı (°C)	Ortalama (kg/m ³)	Homojenlik grubu
Gruplar arası	9.902	3	3.301	447.712	0.000		23±2	1.20	A
Gruplar içi	0.265	36	0.007			Geyve	48±2	1.40	B
Toplam	10.168	39					69±2	1.75	C
							92±2	2.50	D
Gruplar arası	5.957	3	1.986	219.344	0.000		23±2	0.80	A
Gruplar içi	0.326	36	0.009			Kuzuluk	48±2	0.93	B
Toplam	6.283	39					69±2	1.24	C
							92±2	1.80	D
Gruplar arası	0.469	3	0.156	641.333	0.000		23±2	0.28	A
Gruplar içi	0.009	36	0.000			Taraklı	48±2	0.31	B
Toplam	0.477	39					69±2	0.39	C
							92±2	0.56	D



Şekil 2. Jeotermal işlem sıcaklığı için JKR grafiği

Çizelge 4' incelendiğinde, JKR değerinin jeotermal su sıcaklığının artışına bağlı olarak arttığı, en yüksek artışın, Geyve 92 °C için 2.36 kg/m³-2.70 kg/m³ arasında olduğu, en düşük artışın Taraklı 23 °C için 0.26 kg/m³-0.30 kg/m³ arasında olduğu görülmektedir. Diğer yandan, Çizelge 5'deki verilere göre, tüm jeotermal su sıcaklıklarının JKR üzerinde, %95 istatistikî güven düzeyinde, anlamlı bir etkisinin olduğu, dolayısıyla, jeotermik sıcaklık artışına bağlı JKR artışının önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Jeotermal kaynakların, JKR üzerindeki etkileri bakımından dört farklı homojenlik grup (A, B, C, D) oluşturduğu görülmektedir. Aralarında önemli bir farklılık olan bu gruplarda A en az etkiyi ifade ederken, D en fazla etkiyi ifade etmektedir. Buna göre Geyve 92 °C işlemi 2.50 kg/m³ ile en etkin olurken, en düşük etkinin 0.28 kg/m³ ile Taraklı 23 °C işleminde olduğu görülmektedir. Jeotermal kaynaklar için, işlem sıcaklığına göre en yüksek etki açısından sıralama yapılırsa, yukarıdan aşağıya doğru, Geyve 92 °C > Kuzuluk 92 °C > Taraklı 92 °C şeklin bir sıralama yapılabilir. Bu bilgiler sonucunda ve Şekil 2'de görüleceği gibi, JKR için en uygun akışkanın, tüm sıcaklıklarda Geyve kaynağının olduğu söylenebilir. Ayrıca ortalama JKR değerinin Geyve için en fazla olduğu; bu kaynağın JKR üzerindeki etkisinin Kuzuluk'a göre % 28 ve Taraklı'ya göre %77.7 daha fazla olduğu saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada; monteri çamı CO₂ ile 100 bar basınç altında 40 °C'de empenye edilmiş ve sonuçta; 0.28 kg/m³ retensiyon ölçümü yapılmıştır (Kang vd., 2012). Borlu bileşiklerle empenye edilen sarıçam odununda retensiyon miktarının en az sodyum perborat ile olduğu açıklanmıştır (Tan ve Peker, 2015). Bu bağlamda Geyve kaynağında, amonyum değerinin olmaması, CO₂ miktarının yüksek gözlenmesi ile retensiyonun en yüksek çıkması

arasında bir ilişkinin olabileceği yorumu yapılabilir. Ayrıca; Kuzuluk ve Taraklı'da retensiyonun çok olmaması sodyum miktarlarının yüksek olmasına bağlanabilir (bkz. Çizelge 1). Benzer çalışmalarla yapılan karşılaştırmada JKR için elde edilen değerlerin literatürden (Karademir, 2012; Kardeş vd., 2014; Genç vd., 2015; Demirtaş, 2015) farklı olduğu görülmüştür. Bu farklılık, jeotermal kaynak türü ve bunların içerdiği kimyasal madde türü, miktarı, katılım oranlarından kaynaklanabilir.

3.4. Yoğunluk

Üç farklı jeotermal kaynak türünden dört farklı sıcaklık jeotermal suyla empenye edilen kızılçam diri odununda yoğunluk için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir. Jeotermal işlem sıcaklıklarına göre elde edilen yoğunluk grafiği ise Şekil 3'de verilmiştir.

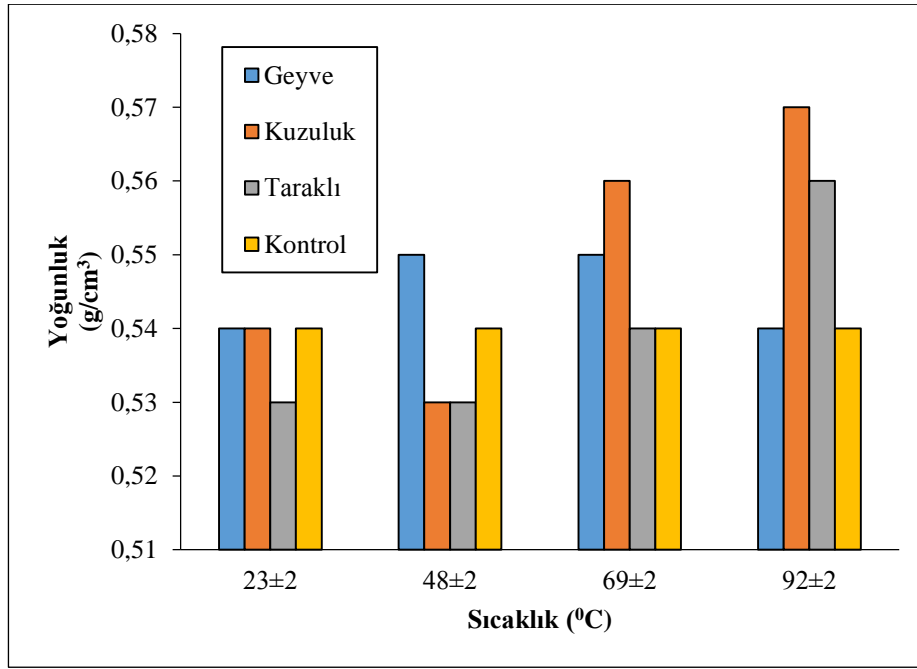
Tablo 6. Farklı sıcaklıklı jeotermal sularla empenyeli kızılçam diri odununda yoğunluk için tanımlayıcı istatistikler

	Jeotermal		Tanımlayıcı istatistikler			
	Kaynak türü	Su sıcaklığı (°C)	Ortalama	St. Sapma	En az	En fazla
YOĞUNLUK (g/cm ³)	Geyve	23±2	0.54	0.031	0.51	0.58
		48±2	0.55	0.033	0.50	0.59
		69±2	0.55	0.034	0.50	0.58
	Kuzuluk	92±2	0.54	0.035	0.49	0.58
		23±2	0.54	0.016	0.51	0.57
		48±2	0.53	0.013	0.51	0.55
	Taraklı	69±2	0.56	0.050	0.51	0.61
		92±2	0.57	0.034	0.51	0.60
		23±2	0.53	0.031	0.49	0.58
	Kontrol Örnekleri	48±2	0.53	0.058	0.42	0.63
		69±2	0.54	0.032	0.49	0.62
		92±2	0.56	0.046	0.50	0.63
		0.54	0.040	0.51	0.57	

Tablo 6 incelendiğinde, kontrol grubu örnekler için yoğunluğun 0.51–0.57 g/cm³ arasında değiştiği ve ortalama 0.54 g/cm³ olduğu görülmektedir. Buna karşılık test grubu örnekler için yoğunluğun 0.49–0.63 g/cm³ civarında ve ortalama 0.56 g/cm³ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca test örneklerinin yoğunluğu 92 °C için 0.57 g/cm³ ile en fazla Kuzuluk'ta saptanmıştır.

Tablo 7. Kızılçam için jeotermal kaynak türünün yoğunluğa etkisine dair varyans analizi ve Duncan testi sonuçları.

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları					Duncan testi sonuçları			
	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Jeotermal su sıcaklığı (°C)	Ortalama (g/cm ³)	Homojenlik grubu
Gruplar arası	0.002	4	0.000	0.511	0.728		23±2	0.54	A
Gruplar içi	0.043	45	0.001			Geyve	48±2	0.55	A
Toplam	0.045	49					69±2	0.55	A
Gruplar arası	0.006	4	0.002	2.014	0.109		92±2	0.54	A
Gruplar içi	0.035	45	0.001			Kuzuluk	48±2	0.53	A
Toplam	0.041	49					69±2	0.56	B
Gruplar arası	0.004	4	0.001	0.735	0.573		92±2	0.57	AB
Gruplar içi	0.055	45	0.001			Taraklı	23±2	0.53	A
Toplam	0.058	49					48±2	0.53	A
							69±2	0.54	A
							92±2	0.56	A
						Kontrol		0.54	AB



Şekil 3. Jeotermal işlem sıcaklığı için yoğunluk grafiği

Çizelge 7 sonuçlarına göre, yoğunluk üzerine jeotermal kaynak türünün yaptığı etkiler istatistiksel anlamda önemsiz çıkmıştır. Kontrole kıyasla, Kuzuluk ve Taraklı test grubu örneklerin yoğunlukları yüksek sıcaklıklarda en fazla değişim göstermiştir. Geyve kaynağı 23 °C ve 92 °C'de kontrol ile aynı yoğunluk değerleri sergilemektedir. Düşük sıcaklıklarda yoğunluk üzerine etkinin sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte 48 °C'de Kuzuluk kaynağının yoğunluğu azaltıcı etkisi olmuştur.

Kuzuluk kaynağı 48 °C'deki empenye haricindeki diğer sıcaklıklarda, orantılı olarak kontrolden daha fazla yoğunluk vermiştir. Ayrıca Kuzuluk 92 °C için, yoğunluk değerinin kontrolden %5.35 daha fazla olduğu saptanmıştır. Yoğunluk üzerindeki etkileri bağlamında, jeotermal kaynaklar iki farklı homojen grubu (A, B) oluşturmuştur. Bu gruplarda en az etkiyi A, en fazla etkiyi B ifade etmektedir. Buna göre, kontrol ile Kuzuluk 69 °C ve Kuzuluk 92 °C'nin aynı homojenik grubu paylaştığı olduğu görülmektedir. Ayrıca Geyve ve Taraklı için tüm sıcaklıklar aynı homojenlik grupta toplanmıştır. Jeotermal kaynak türüne göre işlem sıcaklıkları arasında yoğunluk üzerine etki açısından bir sıralama yapmak gerekirse, çoktan aza aşağıya doğru, 92 °C için Kuzuluk > Taraklı > Geyve şeklinde sıralamak mümkündür. Bu durum Şekil 3'de de görülebilmektedir. Kuzuluk kaynağının yüksek yoğunluk vermesi ise; içerdiği kimyasal derişim miktarının diğer kaynaklardan fazla olmasına bağlanabilir (bkz. Tablo 1).

Yapılan bir çalışmada; %1'lik barit (BaSO₄) ile empenye edilen sarıçam odununun kontrole göre yoğunluğunda azalma görülmüştür (Tan ve Peker, 2015). Başka bir çalışmada, Amonyak (NH₃) ile empenye edilen kayın odununda yoğunluğun kontrole göre, çok fazla olmasa da, arttığı bunu nedeninin ise muamele sırasında kimyasal etki sonucu odun hücrelerinin çok genişlemesi olarak değerlendirilmiştir (Bariska, 1975). Bu bağlamda yoğunluğun kontrole göre azalması veya çok az artış sergilemesi; ligninin yıkanıp uzaklaşması, odun hücrelerinin genişlemesiyle birlikte boşlukların artmasına bağlanabilir. Benzer çalışmalarla yapılan karşılaştırmada, yoğunluk için bu çalışmada bulunan sonuçların literatür (Bozkurt vd., 1993; Karademir, 2012; Genç, 2013; Demirtaş, 2015) sonuçları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

3.5. Teğet Yönde Genişleme

Üç farklı jeotermal kaynak türünden dört farklı sıcaklık jeotermal suyla muamele edilen kızılçam diri odununda TYG için tanımlayıcı istatistikler, varyans analizi ve Duncan testi sonuçları, sırasıyla, Çizelge 8 ve Çizelge 9'da verilmiştir. Jeotermal işlem sıcaklıklarına göre elde edilen TYG grafiği ise Şekil 4'de verilmiştir.

Çizelge 8'ye göre, TYG değerleri, kontrol grubu örnekler için %5.36-%9.04 arasında ve ortalama %7.36 olduğu, test grubu örnekler için %5.82-%13.42 civarında ve ortalama %7.04-%8.22 arasında değiştiği görülmektedir. TYG'nin, kontrole göre, Geyve 69 °C, Kuzuluk 23 °C ve Taraklı 92 °C için arttığı, Geyve 92 °C, Kuzuluk 92 °C ve Taraklı 48 °C için azaldığı belirlenmiştir. TYG'deki artışın, sırasıyla, %10.48, %7.76 ve %5.87 olduğu, azalmanın

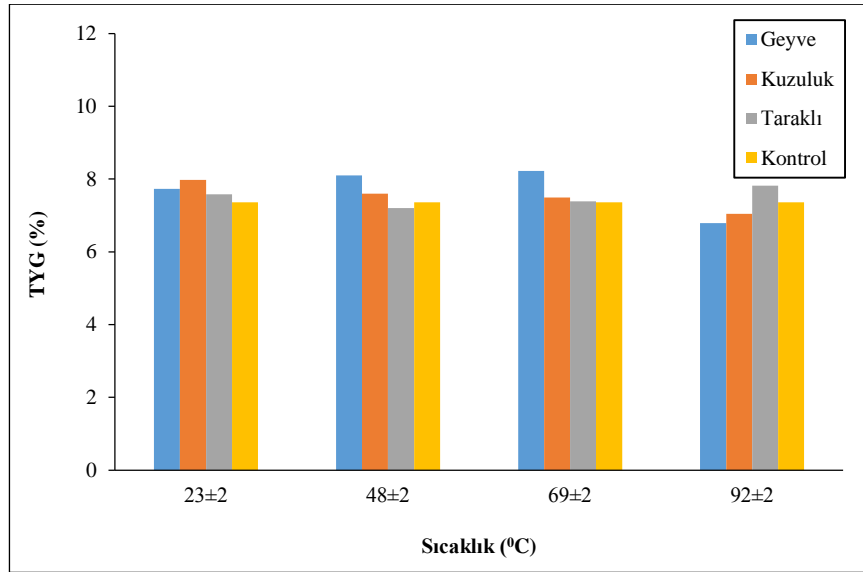
ise, sırasıyla, %7.70 ve %2.19 olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, Tablo 9'a göre, TYG üzerine, jeotermal kaynak sıcaklıklarından en az birinin, %95 güven düzeyinde, anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla, Şekil 4'de incelendiğinde, TYG bakımından, jeotermal kaynaklar, hem kontrol ile hem de kendi aralarında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. TYG üzerine etkileri bakımından jeotermal kaynaklar iki homojenlik grubu (A,B) oluşturmaktadır. Bu gruplarda en az etkiyi A, en fazla etkiyi B ifade etmektedir. Buna göre, kontrol ile Geyve 23 °C, 48 °C ve 69 °C aynı grupta yer alırken, diğerleri ise kontrolden farklı olmak üzere aynı homojenlik grupta toplanmıştır. Önemli farklılık olmamakla beraber, kontrole göre, TYG üzerine, Geyve 69 °C'nin %11.71 ile en fazla etki yaptığı, en az etkinin ise %7.76 ile Geyve 92 °C'de olduğu saptanmıştır.

Tablo 8. Farklı sıcaklıklı jeotermal sularla empenyeli kızılçam diri odununda TYG için tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal		Tanımlayıcı istatistikler (%)				
Kaynak türü	Su sıcaklığı (°C)	Ortalama	St. Sapma	En az	En fazla	
TYG (%)	Geyve	23±2	7.73	1.184	5.22	8.70
		48±2	8.10	0.612	6.86	8.83
		69±2	8.22	1.935	6.44	13.42
	Kuzuluk	92±2	6.79	1.748	2.82	9.48
		23±2	7.98	0.491	7.11	8.72
		48±2	7.60	1.018	6.11	9.33
	Taraklı	69±2	7.49	0.885	5.82	8.44
		92±2	7.04	1.914	2.43	8.80
		23±2	7.58	0.631	6.80	8.73
	Kontrol Örnekleri	48±2	7.20	1.010	5.17	8.16
		69±2	7.39	1.310	4.91	8.29
		92±2	7.82	0.470	6.77	8.51
		7.36	1.247	5.36	9.04	

Çizelge 9. Kızılçam için jeotermal kaynak türünün TYG üzerine etkisine ait varyans analizi ve Duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları				Duncan testi sonuçları				
	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	P	Jeotermal kaynak türü	Jeotermal su sıcaklığı (°C)	Ortalama (%)	Homojenlik grubu
Gruplar arası	13.514	4	3.379	1.668	0.174		23±2	7.73	A-B
Gruplar içi	91.144	45	2.025			Geyve	48±2	8.10	A-B
Toplam	104.65	49					69±2	8.22	B
Gruplar arası	4.667	4	1.167	0.802	0.530		92±2	6.79	A
Gruplar içi	65.485	45	1.455			Kuzuluk	48±2	7.60	A
Toplam	70.152	49					69±2	7.49	A
Gruplar arası	2.220	4	0.555	0.565	0.689		92±2	7.04	A
Gruplar içi	44.215	45	0.983			Taraklı	23±2	7.58	A
Toplam	46.434	49					48±2	7.20	A
							69±2	7.39	A
							92±2	7.82	A
						Kontrol		7.36	A



Şekil 4. Jeotermal işlem sıcaklığı için TYG grafiği

Kayın odununda amonyak (NH_3) ile muamele edildikten sonra radyal yönde genişlemenin arttığı fakat teğet yönde genişlemenin çok gerçekleşmediği, bunun nedeni ise teğet yönde su geçişinin daha hızlı olması ile açıklanmıştır (Bariska, 1975). Geyve ve Kuzuluk kaynaklarında sıcaklık arttıkça teğet yönde genişlemenin azalması, genişlemeyi artırıcı kimyasalların az ve deforme olmasına bağlanabilir. Taraklı; Geyve'den fazla genişleme olması, derişiminin Geyve'den fazla olması olarak açıklanabilir. Ayrıca Taraklı kaynağı Kuzuluk ve Geyve'den fazla CO_2 ve NH_4 içermesi, genişlemesi üzerinde olumlu etki edebileceği yorumu yapılabilir (bkz. Tablo 1). Bu bulgular; literatür ile karşılaştırıldığında (Kardaş, 2014; Genç, 2013; Var vd., 2014; Var vd, 2013) sonuçların yakın olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Sakarya ili Kuzuluk, Taraklı ve Geyve jeotermal kaynaklarından hazırlanan dört farklı sıcaklıklı jeotermal suyla yapılan emprenye işleminde, jeotermal kaynak türünün, kızılçam diri odununda absorpsiyon ve retensiyon istatistiksel anlamda önemli derecede etkilediği, fakat yoğunluk ve teğet yönde genişleme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Jeotermal işlemler, kızılçamın JSA ve JKR değerlerini önemli bir derecede artırırken; yoğunluk değerlerinde artışı çok az sağlamış ve TYG değerleri işlem görmemiş kontrol örnekleri ile hemen hemen aynı düzeyde kalmıştır. Kuzuluk kaynağı JSA üzerinde Geyve'den %1.5 ve Taraklı'dan %4.0 daha fazla etkin olmuştur. En fazla JKR değeri Geyve ile yapılan işlemlerde saptanmıştır. Geyve'nin JKR üzerine etkisi Kuzuluk'dan %28 ve Taraklı'dan %77.76 daha fazla olmuştur. Yoğunluğun, Geyve 92°C işleminde kontrole göre %3 daha fazla olduğu saptanmıştır. Yoğunluk üzerine en az etkinin Taraklı 48°C işleminde olduğu, bu işlem sıcaklığı için sözkonusu değerlerin %12.7 oranında azaldığı görülmüştür. Kuzuluk, Taraklı ve Geyve jeotermalleri, ahşap koruma işlemlerinde kullanılan birçok kimyasal madde (Al, SiO_2 , CO_2 , B, Na, K, Ca, Mg, Br, F, Cl, SO_4) içermesi nedeniyle zengin bir emprenye maddesi potansiyeline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Söz konusu jeotermal kaynaklar içinde, su bazlı ahşap emprenye maddeleri kapsamında önem arz eden 12 adet kimyasal madde en çok Kuzuluk kaynağında görülmektedir (Çizelge 1). Bu bağlamda Kuzuluk jeotermalinin, diğer kaynaklara kıyasla, su bazlı ahşap emprenye maddesi potansiyelinin daha iyi olduğu, bu maddelerin üretilebilirliği bakımından daha başarılı sonuçlar vermesi beklenebilir.

Teşekkür

Yazarlar, destekleri için SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi (Proje no:4124-YL1-14) yanı sıra Sakarya ili Kuzuluk, Taraklı ve Geyve Jeotermal Tesisleri'ne teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

1. Akıllı H, Ersöz ME (2002). The Application and The Progress of Geothermal Energy in Turkey, 11 (67-78).
2. Akkuş İ, Alan H (2016). Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar Ve Öneriler Raporu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 89s.

3. **Anonim (2013)**. İstanbul 1 Nolu Halk Sağlığı Laboratuvarı Analiz Raporu. Erişim Tarihi: 09.11.2016. <http://pasalarkonaklari.com.tr/su-analizleri>.
4. **Anonim (2016)**. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Jeotermal. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> (Erişim Tarihi 28.09.2016).
5. **Arslan S, Darıcı M, Karahan Ç (2001)**. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli. Jeotermal Enerji Semineri, Ankara, 21-28.
6. **Ateş G (2012)**. Akyazı 'daki Jeotermal Enerjiden Yararlanma Ve Ekonomiklik Etüdü. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s, Sakarya.
7. **Aytaşkın A (2009)**. Çeşitli Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ağaç Malzemenin Bazı Teknolojik Özellikleri. Karabük Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 115s, Karabük.
8. **Barut İ, Erdoğan N (2011)**. Marmara Bölgesi Termal Mineralli Kaynak Suları: Hidro kimyasal Özellikleri Ve Zamana Bağlı Değişimi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 24(1), 19-64.
9. **Bariska M (1975)**. Collapse Phenomena in Beechwood during and after NH₃-Impregnation. Wood Science and Technology, 9 (1975), 293-306.
10. **Berkel A (1972)**. Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İÜ Yayınları No:1745/183, İstanbul.
11. **Bozkurt AY, Göker Y, Erdin N (1993)**. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversite Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul.
12. **Çağlar KO (1970)**. Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları, No: 1, MTA Yayınlarından, 791s, Ankara.
13. **Çağlar KO (1947)**. Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları, Fasikül 1, MTA Yayınlarından, Seri B, No.11, 96s., Ankara.
14. **Dağdaş A (2007)**. Jeotermal Enerjiden Endüstriyel Uygulamalarda Yararlanma. Mühendis ve Makine Dergisi, 48(564), 11-16.
15. **Data G, Bahati G (2003)**. The Chemistry of Geothermal Waters From Areas Outside the Active.
16. **Demirtaş M (2015)**. Jeotermal Akışkan İle Emprenyeli Ahşabın Açık Hava Ortamındaki Dayanımı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Isparta.
17. **Dirisu NŞ (1952)**. İdoloji (İçme Ve Kaplıca Tedavisi), Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınlarından No: 28, Akın Matbaası-Ankara, 594s.
18. **DPT (2001)**. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Devlet Planlama Teşkilatı, <http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/zel%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/Attachments/116/oik620.pdf>. (Erişim Tarihi: 18.10.2016).
19. **Erten (1983)**. Kızılcım (Pinus brutia Ten.) ve Toros Sedirinin (Cedrus libani A. Richard) Çeşitli Yöntemlerle Emprenyesi. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, No:161.
20. **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.
21. **Genç A, Kardaş İ, Var A (2015)**. Kütahya-Simav Yöresi Jeotermal Sularının Emprenye Maddesi Potansiyeli İle Ahşaptaki Absorpsiyon, Retensiyon Ve Yoğunluk Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Türkiye Ormancılık Dergisi, 15(1), 42-49.
22. **Göncü D, Karsantiözü F, Var A (2013)**. İzmir-Doğanbey Jeotermal Suları İle Emprenye Edilmiş Kızılcım (Pinus brutia Ten.) Odununda Absorpsiyon, Retensiyon Ve Genişlemenin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 14(2), 127-133.
23. **Greber E (1992)**. DasGeothermalfeldvon Kuzuluk / Adapazarı (NW - Türkei) Geologie, active Tektonik, Hydrogeologie, Hydrochemie, GaseundIsotope. Ph.D. thesis, ETH-Z, unpubl., 213 pp.
24. **Günerhan H (2015)**. Jeotermal Enerji Kullanımının Endüstriyel Uygulamaları. 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan, İzmir, 203-210.
25. **İHSEM (2011)**. B.10.4.RSH.105.06.00-(120-140)/4656 Sayılı.İstanbul Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü.İstanbul.
26. **JENARUM (2015)**. Jeotermal Enerji. Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (Jenarum), <http://web.deu.edu.tr/jenarum/index.php/tr/2014-10-28-09-06-30> (Erişim Tarihi: 05.11.2016).
27. **Karademir E (2012)**. Jeotermal Akışkanlarla Emprenye Edilen Ahşabın Performansı: Uşak Yöresi Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Isparta.
28. **Koçak A (2005)**. Türkiye'de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli. MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara, 217-233.
29. **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.
30. **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.

31. **Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Enerji Dairesi (2012).** Jeotermal Kaynaklarımız ve Marmara Bölgesinin Jeotermal Enerji Potansiyeli, 1-9.
32. **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.
33. **MTA (1981).** Türkiye Sıcak su, İçmece ve Maden Suları Envanteri, Maden Tetkik Arama, Derleme no: 6833, 78s, Ankara.
34. **MTA (2005).** Sakarya İli Maden Ve Enerji Kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Sakarya_Madenler.pdf. (Erişim Tarihi: 01.10.2016).
35. **Mutlu MA (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).
36. **Özdemir A, Tezelli O (2008).** Türkiye Jeotermal Sularının Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Sondaj ve Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 7, 52-67.
37. **Pehlivan R, Yılmaz O (1995).** Mormora Bölgesi Termo minerol Kaynaklarının İçilebilirliği ve İnsan Sağlığına Etkisi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, S(47), 21-27.
38. **Sipahi A (2013).** Sakarya İli Akyazı İlçesi Kuzuluk Mevkii'nin Düşey Elektrik Sondajı Verileri İle Jeotermal Potansiyelinin Araştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 48s, Sivas.
39. **Şamilgil (1986).** Jeotermal Uygulamalarda Çevre Sorunları. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yerbilimleri Dergisi, 5(1-2), 91-106.
40. **Tan H, Peker H (2015).** Barit (BaSO₄) Maddesinin Ahşapta Emrenye Edilebilme Özelliği ve Yoğunluk Üzerine Etkisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 27(1), 29-33.
41. **Tarcan G (2003).** Jeotermal Su Kimyası, Jeotermalde Yerbilimsel Uygulamalar, Yaz Okulu Ders Kitabı–Jenarum, DEÜ Mühendislik Fakültesi, İzmir, Yayın No: 306, s.198–245.
42. **Tarcan G (2005).** Mineral Saturation and Scaling Tendencies of Waters Discharged from Wells (>150°C) in Geothermal Areas of Turkey, J. of Volcanology and Geothermal Research, 142: 263-283.
43. **TS 2470 (1976).** Odunda Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları Ve Genel Özellikler. TSE, Ankara.
44. **TS 2471 (1976).** Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini. TSE, Ankara.
45. **TS 2472 (1976).** Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini. TSE, Ankara.
46. **TS 343 (2012).** Ahşap Koruma-Terimler ve Tarifler, TSE, Ankara.
47. **TS 344 (2012).** Ahşap koruma-Genel kurallar. TSE, Ankara.
48. **TS 345 (2012).** Ahşap Emrenye Maddeleri Etkilerinin Deney Yöntemleri. TSE, Ankara.
49. **TS 4084 (1983).** Odunda Radyal Ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, TSE, Ankara.
50. **TS 4176 (1984).** Odunun Fiziksel Ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Mescerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması. TSE, Ankara.
51. **TS 5563 EN 113 (1996).** Odunun Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Ağırlık Kaybı Tayini TSE, Ankara.
52. **TS 788-2 EN 599-2 (1977).** Ahşap Ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Dayanıklılığı-Ahşap Koruyucu Emrenye Maddelerinin Biyolojik Deneylerle Tespit Edilen Performansı-Bölüm 2: Sınıflandırma Ve Etiketleme. TSE, Ankara.
53. **TS EN 47 (2011).** Odunda, Fiziksel Ve Mekaniksel Deneyler İçin Su Absorpsiyonu Ve Net Kuru Madde Retensiyon Tayini TSE, Ankara.
54. **TÜİK (2016).** Enerji İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (Erişim: 10.10.2016).
55. **Ünsal Ö (2004).** Douglas Gökna'ından 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.
56. **Var A (2009).** Jeotermal Akışkanlarda Potansiyel Emrenye Maddelerinin Miktarı Ve Bunların Ahşap Emrenye İşlemine Uygunluğu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 1, 184-197.
57. **Var A, Bilgin A (2007).** Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Kullanım Maksatları ve Orman Endüstrisi: Kereste Kurutma Örneği 15. Mühendislik mimarlık sempozyumu. 2007.
58. **Var A, Kardaş İ, Genç A (2014).** Afyonkarahisar–Ömer–Gecek–Gazlıgöl Jeotermal Suları İle Emrenyeli Karaçam (*P. nigra* Arnold.) Ve Kızılçam (*P. Brutia* Ten.) Diri Odunlarında Bazı Özelliklerin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15, 114-122.
59. **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.
60. **Var A, Yalcin M, Sen S, Tascioğlu C (2012).** Antifungal Activity of Geothermal Fluids from Different Regions of Turkey, BioResources, 7(3),4226-4236.

61. **Yalçın T, Suner F, Bozkurtoğlu E (2002)**. Effect of Long-Term Production on pH and CO₂ Content of the Kuzuluk Geothermal Waters. Progress in Mining and Oil field Chemistry. <https://www.researchgate.net/publication/283052967>. (Erişim Tarihi: 06.11.2016).
62. **YEGM (2010)**. Türkiye’de Jeotermal Enerji. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/turkiyede_jeo.aspx. (Erişim Tarihi: 04.11.2016).
63. **Yenal O, Kanan E, Bilecen L, Öz G, Öz Ü, Göksel A, Alkan H, Kutluat S, Yassa K (1975)**. Türkiye Maden Suları, Marmara Bölgesi. İ.Ü. Tıp Fak. Hidro- Klimatoloji Kürsüsü, 212s, İstanbul.
64. **Yeşin O (2003)**. Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları, 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 3–5 Eylül 2003, Isparta, s.xxi–xxxiii.
65. **Zengin B, Eker N (2016)**. Sakarya İli Termal Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, S:13, 165-181.