

İzmir-Doğanbey jeotermal suları ile emprenye edilmiş Kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) odununda absorpsiyon, retensiyon ve genişlemenin incelenmesi

Ahmet Ali Var^{a,*}, Doygun Göncü^b, Fatih Karsantöz^c

^a Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

^b Ayazlar Nakliyat Kereste ve Tahta Ambalaj San.Tic.Ltd., Çaybaşı Yeni Mah. Menderes Cad. No: 2, Torbalı/İzmir

^c Yıldız Entegre Akdeniz MDF Tesisleri, Mersin-Tarsus OSB Gelişme Alanı, 8. Cadde No: 8, Mersin

* İletişim yazarı/Corresponding author: alivar@sdu.edu.tr, Geliş tarihi/Received: 07.01.2013, Kabul tarihi/Accepted: 16.07.2013

Özet: Çalışmada, İzmir-Doğanbey kaplıca alanındaki jeotermal sular ile emprenyeli ağaç malzemede jeotermal su absorpsiyonu, jeotermokimyasal retensiyonu, radyal ve teğet yönlerde genişleme miktarları araştırılmıştır. Deneylede kızılçam diri odun örnekleri (*Pinus brutia* Ten.), düşük sıcaklıklı jeotermal kaynak suları, sıcak-soğuk açık tank metodu ve saf su kullanılmıştır. Emprenye işlemleri, jeotermal alanda normal hava şartlarında gerçekleştirilmiştir. Testler laboratuvar koşullarında yapılmıştır. Sonuçta, bu jeotermal sular, sıcak-soğuk açık tank yöntemine göre, ahşap koruma işlerinde kullanılabilir potansiyel bir emprenye akışkanı olabilir. Bu sularla emprenyeli kızılçam odunu için, absorpsiyon $0,40\text{g/cm}^3$ – $0,53\text{g/cm}^3$ ve retensiyon %0,10–%0,31 arasında değişirken; genişleme miktarı ise, radyal yönde %5,04–%5,30 ve teğet yönde %7,23–%7,24 arasında değişmiştir. Jeotermal kaynak türünün absorpsiyon ve retensiyon üzerine etkisi önemli çıkarken ($p \leq 0,05$); genişleme üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır. Etkileri bakımından jeotermal kaynaklar arasında önemli bir farklılık yoktur. Jeotermal emprenye işlemi, saf su ile işlem görmüş oduna nazaran, maksimum genişlemeyi, radyal yönde %18,25 ve teğet yönde %8,02 azaltmıştır. Hava kurusu retensiyon ve genişleme için de benzer sonuçlar alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Çam, Jeotermal, Emprenye, Absorpsiyon, Retensiyon, Genişleme

Investigation of absorption, retention and swelling in İzmir-Doğanbey geothermal waters-treated pine wood (*Pinus brutia* Ten.)

Abstract: The purpose of this study is to investigate amounts of geothermal water absorption, geothermochemical retention and swelling in radial and tangential directions in İzmir-Doğanbey geothermal fields-treated woods. Samples of pine sapwood (*Pinus brutia* Ten.), low-temperature geothermal resource waters, hot-cold open tank method and distilled water were used for experiments. Impregnating procedures were carried out in geothermal field in normal weather conditions. Tests were conducted in laboratory conditions. As a result, these waters could a potential wood protection fluid that will be used for wood impregnation according to hot-cold open tank method. For pine wood treated with these waters, the absorption, retention, swelling in radial and tangential directions were founded between $0,40$ to $0,53 \text{ g/cm}^3$, $0,10$ to $0,31\%$, $5,04$ to $5,30\%$ and $7,23$ to $7,24\%$, respectively. Type of geothermal resource affected significantly absorption and retention statistically ($p \leq 0,05$), but did not affect swelling. Despite no significant difference between geothermal fluids in terms of impacts, when geothermal water-treated wood samples were compared with distilled water-treated wood samples, the swelling decreased $18,25\%$ and $8,02\%$ in radial and tangential directions, respectively. Similar results were also obtained for retention and swelling in air-dry humidity.

Keywords: Pine, Geothermal, Impregnation, Absorption, Retention, Swelling

1. Giriş

Tüm dünyada, bir taraftan endüstri kolları sürekli gelişme gösterirken, diğer taraftan da çevre koruma alanında gelecek kuşaklara daha temiz, sağlıklı ve yaşanabilir bir dünya bırakabilmek için çalışmalar devam etmektedir. Ahşap koruma (emprenye) sektöründe de temiz ve sağlıklı yaşam alanları için çevreyi koruyucu kimyasalların kullanılması önem arz etmektedir. Bu sektörde bazı kimyasalların kullanımı yasaklanmakta, bazılarının sınırlamalar getirilmekte, bazıları ise halen tartışma konusu olmaktadır. İç mekânda kullanılan ağaç malzemelerde insan ve çevre sağlığını tehdit etmeyen emprenye maddelerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu maddelere yönelik yapılan çalışmalar oldukça sınırlı kalmaktadır. Bu alanda yapılacak yeni çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir.

Emprenye sektöründe yüzlerce kimyasal madde kullanılmakta ve bunlara zamanla yenileri eklenmektedir. Bu maddelerin üretimi ve kullanımı, ticari kaygıların da etkisiyle insan ve çevre sağlığına gereken hassasiyet gösterilmeden devam etmektedir. Bazı durumlarda, çürütme riski olan dış çevre koşullarında biyolojik bozunmaya karşı emprenye maddeleri ile korunmuş ahşap, çevre ve diğer canlılara zarar verebilmektedir. Emprenyeli ahşabın kullanım süresi sona erdiğinde, tehlikeli atık sınıfına girdiğinden, yakılması, gömülmesi ve başka amaçlar için kullanılması sakıncalı olabilmektedir. Üstelik geri dönüşüm süreçleri pahalı olduğundan beklenen ekonomiklik de kaybolmaktadır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için emprenye sektöründe çevreye duyarlı kimyasal maddelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Son zamanlarda, bazı çevreci dernekler emprenye maddelerinin kullanımı üzerinde titizlikle durmaktadır (Kartal ve Kantay, 2006). Ağır metal

içeren ahşap koruyucuların kullanılması, çevre ve memeliler için zehirli maddeler içermesi nedeniyle, bazı ülkelerde sınırlandırılmaktadır (Kartal vd., 2004a). Çalışmalar, biyotik faktörler için etkili ve çevre dostu ahşap koruyucular üzerinde odaklanmaktadır (Kartal vd., 2004b). Son yıllarda nanoteknoloji alanındaki gelişmeler ile yeni bazı kimyasal maddeler emprenye sektörüne konu olmaktadır. Ayrıca doğada hazır olarak bulunan jeotermal kaynakların, emprenye sektöründe kullanıma uygun olup olmadığı da tartışılmaktadır (Var, 2009). Bu kaynakların, ahşabın teknolojik üzerindeki etkileri ve ahşabı koruyucu etkinlikleri ortaya konulursa, emprenye sektöründe çevreye duyarlı, doğal ve yenilenebilir emprenye maddesi kaynaklarının kullanılması mümkün olabilecektir.

Jeotermal enerji, yer kabuğu içerisinde magmada, pluton ve radyoaktif elementlerin doğal parçalanmasından doğan yüksek sıcaklıkların etkisiyle oluşan ve yer kabuğu derinliklerinden yeryüzüne doğru çıkan bir ısı akımıdır. Jeotermal kaynak da, yer kabuğundan çıkan veya çıkarılan kuru veya yaş buhar ya da sudur (Yücel, 1994). Jeotermal enerjinin temel elemanı olan bu akışkan (kaynak), çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral maddeler, çeşitli tuzlar ve gazlar içermekte ve sıcaklığının sürekli 20°C'nin üzerinde olması gerekmektedir (Şimşek, 1998). Yer kabuğunun merkezindeki ateş küresi, yer kabuğunun çatlak ve kırıklarından sızarak aşağıya inen yağmur ve kar sularını ısıtmaktadır. Merkezdeki büyük basıncın etkisiyle tekrar yukarıya yönelen kuru buhar ve yüksek ısı su veya her ikisi birden, değişik çatlak ve kırıklardan yeryüzüne çıkmaktadır. Bu olay sürekli tekrarlanmaktadır. Bu nedenle jeotermal enerji "Tükenmeyen Doğal Bir Güç" olarak enerji çeşitleri arasında yerini almaktadır (Başol, 1994).

Jeotermal enerji, kaynak sıcaklığına göre; düşük entalpili (sıcaklıklı) sahalar (20–90°C), orta entalpili sahalar (90–180°C) ve yüksek entalpili sahalar (180°C ve daha yüksek) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Başol, 1994). Bu enerji, çevre dostu ve yenilenebilir doğal bir kaynaktır. Jeotermal akışkanlar ise düşük viskoziteli, doğrudan kullanıma hazır, çalışanların ve kullanıcıların sağlığını olumsuz etkilemeyen, içerdiği maddeler sıcaklık azalması ve basınç düşmesine bağlı olarak yüzeyde tutunan ya da serbest kalan bir sıvıdır. Bu kaynak günümüzde çeşitli ülkelerde yüksek sıcaklıklardan başlayarak aşağıya doğru değişen sıcaklıklarda farklı alanlarda değerlendirilebilmektedir (Arslan vd., 2001; Belkayalı, 2009; Ergin, 1988).

Son çeyrek asırda, jeotermal kaynağın doğrudan kullanımı sanayiden tarıma, hayvancılığa ve tıbbi tedaviye kadar önemli ölçüde genişlemiştir. Hâlbuki ülkemiz, jeotermal kaynak yönünden, dünyada ilk altı ülke arasında yer almasına rağmen, bu kaynağımızın, özellikle, ısıtma ve sağlık amaçları dışında, büyük bir kısmı henüz endüstride kullanılamamaktadır. Bu yolla önemli miktarda hammadde, enerji, zaman, emek kaybedilmiş olmakta ve dışa bağımlılık artmaktadır. Jeotermal kaynaklarımız incelendiğinde, orman endüstri alanında enerji ve hammadde ihtiyacının karşılanması adına önemli bir potansiyele sahip olduğu görülecektir. Örneğin; sıcaklığı 120–150°C arasında olanlar kereste kurutma alanında, 70–80°C arasında olanlar kaplama levha ve kâğıt hamuru üretiminde, zengin mineral ve tuzlara sahip olanlar ise ahşap korumada emprenye kimyasalları üretiminde kullanılabilir (Var, 2009).

Doğal dayanıklılığı düşük olan çam, ladin, göknar, kayın, kızılçam gibi türlerden üretilen ve dış ortamda kullanılan malzemelerin emprenye edilmesi gerekmektedir. Kolay emprenye edilebilen bu malzemeler, uygun maddelerle emprenye edilip, yeterli miktarda koruyucu madde emdirildiği takdirde, 40–50 yıl kadar kullanılabilir. Bu ağaçlardan kızılçam, 3 milyon hektarı aşan yayılışı ile ülkemiz ormanlarında en geniş alanı kaplayan bir ağaçtır. 161 milyon m³'ü aşan serveti ve 5 milyon m³'den fazla artımı ile ormancılığımızda ayrı bir öneme sahiptir (Öktem, 1987). Kızılçam odunu ise, ülkemiz orman ürünleri endüstrisinde, özellikle, iç mekânda kullanılan doğramalık, döşemelik ve mobilyalık malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu ağaç türü, az dayanıklı ağaçlar sınıfına (dayanım süresi 5–10 yıl) girmektedir. Özellikle, toprakla temasta ve dış ortam koşullarında oldukça dayanıksız bir ağaçtır. Bu nedenle, bu ağaçtan üretilen malzemelerin, iç mekân kullanım yerlerinde rutubet tehlikesi varsa, çalışma ve çürümeye karşı koruyucu önlemlerin alınması gerekmektedir. Malzemede fazla miktarda diri odun varsa, özellikle, böceklere karşı, uzun süreli koruma tedbirlerinin alınması da gerekmektedir. Dış mekân kullanım yerlerinde ise emprenye edilmeden kullanılmaması gerekmektedir (Bozkurt vd., 1993; Erten, 1986).

Çalışmada, İzmir-Seferihisar-Doğanbey kaplıca alanındaki jeotermal suların emprenye maddesi potansiyelinin belirlenmesi; bu jeotermal suların, kızılçam odununda jeotermal su absorpsiyonu, jeotermokimyasal retensiyonu, radyal ve teğet yönlerdeki genişleme miktarı üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, jeotermal kaynakların, mevcut kullanım alanları dışında, hem farklı kullanım amacına yönelik bir çalışmanın ortaya konulması, hem de bu noktada literatüre katkıda bulunması bakımından önem taşımaktadır.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Araştırmada, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) gövde tomruklarından elde edilen deney örnekleri ve düşük sıcaklıklı (<90°C) jeotermal kaynak suları kullanılmıştır. Jeotermal suların, radyal ve teğet yönlerdeki genişleme üzerine etkilerini karşılaştırmak için de saf su kullanılmıştır.

2.1.1. Deney örnekleri

Örnekler, düzgün lifli, normal büyümüş, reaksiyon odunu olmayan, mantar ve böcek saldırısına uğramamış kızılçam tomruklarından her test için 10'ar adet hazırlanmıştır. Tomrukların diri odun kısmından, radyal yönde muhtelif ebatlarda latalar elde edilmiştir (TS 345, 2012; TS 4176, 1984). Latalar, TS 2470 (1976)'e göre hava kurusu rutubete kadar kondisyonlanmış ve planya makinesinden geçirilmiştir. Latalardan, "genişlik x kalınlık x uzunluk" olacak şekilde, absorpsiyon ve retensiyon testi için 3x3x1,5 cm ve genişleme testi için 2x2x3 cm ölçülerinde deney örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler, tekrar, aynı standarda göre kondisyonlanmış, 0,01 hassasiyetle tartılmış ve ölçülmüştür. Sonra, örnekler, TS 2471 (1976)'e göre, 103±2°C'de kurutma dolabında sabit ağırlığa kadar kurutulmuş, desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, tartılmış ve ölçülmüştür. Böylece, jeotermal işlemlerden

önce, örneklerin, hava kuru (%12) ve tam kuru (%0) rutubetlerdeki ağırlıkları ve boyutları belirlendikten sonra, bunlar, naylon torbalarda muhafaza edilerek, jeotermal sular ile muamele edilmek üzere, deneme alanına (İzmir-Seferihisar-Doğanbey kaplıca alanı) taşınmıştır.

2.1.2. Jeotermal kaynaklar

Çalışmada, İzmir-Seferihisar-Doğanbey kaplıca alanı jeotermal kaynak suları kullanılmıştır (Şekil 1). Bu sular, düşük sıcaklıklı (<90°C) ve yüzeye kendiliğinden çıkan kaynak sularıdır. Deneyle, jeotermal sıcak ve soğuk su kullanılmıştır. Sıcak su, kaynaktan doğal olarak kendiliğinden çıkan sudur. Soğuk su ise, aynı kaynaktan, daha önce bir kap içine alınarak, normal oda sıcaklığına kadar soğutulan sudur. Literatürde, sözkonusu jeotermal alandaki kaynakların, Na-Cl tipi su kaynağı oldukları; toplam debininin 50 lt/sn, pH'nın 6,14-7,23, sıcaklığın 48,5-89°C arasında değiştiği; çözülmüş çeşitli kimyasallar içerdikleri belirtilmektedir (Erişen vd., 1996; Tarcan ve Gemici, 2004).

2.2. Yöntem

2.2.1. Jeotermal su ile muamele

Jeotermal su ile muamelede, yöntem olarak, TS 343 (2012)'e göre "Sıcak-Soğuk Açık Tank Metodu" kullanılmıştır. Jeotermal su ile empenye işlemi, TS EN 47 (2011)'ye göre gerçekleştirilmiştir. Örnekler, önce, kurutma dolabında 103±2°C'de bekletilerek tam kuru hale getirilmiş; soğutma kabında normal oda sıcaklığına soğutulmuş; ölçüm ve tartımları yapılmış; sonra, TS 344 (2012)'e göre, jeotermal su ile muamele (tam empenye) edilmiştir. Empenye işlemi, normal hava şartlarında Doğanbey kaplıca sahasında gerçekleştirilmiştir.

Empenye işlemi, sıcak işlem ve soğuk işlem olarak, iki aşamada yapılmıştır. Önce, jeotermal sıcak işlem (sıcak su muamelesi), sonra, jeotermal soğuk işlem (soğuk su muamelesi) gerçekleştirilmiştir. Sıcak işlem, delikli bir düzenek içine yerleştirilen örnekler, yerkabuğundan doğrudan çıkan jeotermal kaynak içinde 6 saat bekletilerek yapılmıştır (Şekil 1). Soğuk işlem ise, sıcak işlem gören örnekler, normal oda sıcaklığındaki jeotermal su içinde 2

saat bekletilerek yapılmıştır. Jeotermal işlemlerden sonra, örnekler, naylon torbalarda muhafaza edilerek, testler ve tayinler yapılmak üzere laboratuvara taşınmıştır.

2.2.2. Jeotermal su absorpsiyonu tayini

Bu test, jeotermal işlemler tamamlandıktan hemen sonra gerçekleştirilmiştir. Yani; örnekler, jeotermal soğuk su ile işlem gördükten sonra, bir filtre kâğıdı ile kurulanmış ve hemen teker teker tartılmıştır. Böylece, örneklerin, jeotermal işlemden hemen sonraki yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Deneyle 3x3x1,5 cm ebadında örnekler kullanılmıştır. Her örnek için, absorbe edilen su miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Bozkurt vd., 1993).

$$JSA = (A_{js} - A_{j0}) / V_{j0}$$

Bu eşitlikte; JSA jeotermal su absorpsiyonu (g/cm³), A_{j0} jeotermal işlemden önceki hava kuru ağırlık (g), A_{js} jeotermal işlemden hemen sonraki yaş ağırlık (g) ve V_{j0} jeotermal işlemden önceki hava kuru hacim (cm³)'dir.

2.2.3. Jeotermokimyasal retensiyonu tayini

Bu test, hava kuru ve tam kuru rutubet derecelerinde yapılmıştır. Bunlardan ilkinde elde edilen retensiyon, "hava kuru jeotermokimyasal retensiyonu", ikincisindeki ise, "net kuru jeotermokimyasal retensiyonu" olarak adlandırılmıştır. Her iki retensiyon için, jeotermal su absorpsiyonu testinde kullanılan örneklerden faydalanılmıştır.

2.2.4. Hava Kuru jeotermokimyasal retensiyonu tayini

JSA testi yapılan örnekler, TS 2470 (1976)'de belirtilen şartlarda, hava kuru rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra, teker teker tartılmıştır. Böylece, örneklerin, jeotermal işlem sonrası hava kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Sonra, her örnek için, hava kuru jeotermokimyasal retensiyonu aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$JKR_{12} = [(A_{js12} - A_{j0}) / A_{j0}] \times 100$$



Şekil 1. a) Doğanbey kaplıca alanı uydu görüntüsü (<http://earth.google.com>'dan alınmıştır; 16.04.2012), b) Örneklerin jeotermal sıcak su ile muamelesi

Bu eşitlikte; JKR_{12} hava kuru jeotermokimyasal retensiyonu (%), A_{j0} jeotermal işlem öncesi tam kuru ağırlık (g) ve A_{j12} jeotermal işlem sonrası hava kuru ağırlık (g)'tir.

2.2.5. Net kuru jeotermokimyasal retensiyonu tayini

JKR_{12} testi yapılan örnekler, TS 2471 (1976)'de belirtilen şartlarda, değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş, normal oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve tartılmıştır. Böylece, örneklerin, jeotermal işlem sonrası, tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Sonra, her örnek için, net kuru jeotermokimyasal retensiyonu aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$JKR_0 = [(A_{j0} - A_{j12}) / A_{j0}] \times 100$$

Bu eşitlikte; JKR_0 net kuru jeotermokimyasal retensiyonu (%), A_{j0} jeotermal işlemden önceki tam kuru ağırlık (g) ve A_{j12} jeotermal işlemden sonraki tam kuru ağırlık (g)'tir.

2.2.6. Radyal ve teğet yönde genişleme miktarı tayini

Bu test, TS 4084 (1983)'e göre yapılmıştır. Denemelerde, 2 x 2 x 3 cm boyutunda örnekler ve daha önceden bir kap içine alınıp, oda sıcaklığına kadar soğutulan jeotermal sular kullanılmıştır. Ayrıca jeotermal suların, genişleme miktarı üzerine etkilerini karşılaştırmak için saf su da kullanılmıştır. Her örnek için, sırasıyla, hava kuru rutubette ve LDN rutubeti üstünde olmak üzere, radyal ve teğet yönlerdeki genişlemeler aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır. Boyuna yöndeki genişlemeler ihmal edilmiştir.

$$RG_{12} = [(L_r - L_{r \min}) / L_{r \min}] \times 100$$

$$TG_{12} = [(L_t - L_{t \min}) / L_{t \min}] \times 100$$

$$RG_{\max} = [(L_{r \max} - L_{r \min}) / L_{r \min}] \times 100$$

$$TG_{\max} = [(L_{t \max} - L_{t \min}) / L_{t \min}] \times 100$$

Bu eşitliklerde; RG_{12} ve TG_{12} hava kuru halde radyal ve teğet yönlerdeki genişleme (%), RG_{\max} ve TG_{\max} LDN üzerinde radyal ve teğet yönlerdeki toplam genişleme (%), L_r ve L_t hava kuru halde radyal ve teğet yönlerde ölçülen boyut (mm), $L_{r \min}$ ve $L_{t \min}$ tam kuru halde radyal ve teğet yönlerde ölçülen boyut (mm), $L_{r \max}$ ve $L_{t \max}$ LDN üzerinde radyal ve teğet yönlerde ölçülen maksimum boyut (mm)'tur.

2.2.7. İstatistik değerlendirme

Çalışmada, bilgisayar destekli SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Bu amaçla, önce, test edilecek özellikler üzerine, jeotermal kaynak türünün etki derecesini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır ($p \leq 0,05$). Sonra, etkileri önemli çıkan kaynakların, aynı/farklı homojenlik grup/gruplar oluşturup oluşturmadığını belirlemek için duncan testi uygulanarak, her kaynak için farklı/eşit kabul edilebilecek ortalama değerler tespit edilmiştir. Son olarak, ortalama değerler kendi aralarında, kontrol ve literatür sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

3. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, jeotermal su ile emprenye edilmiş kızılçam odununda jeotermal su absorpsiyonu, jeotermokimyasal retensiyonu, radyal ve teğet yönlerdeki genişleme miktarına ilişkin bulgular; deneyde kullanılan jeotermal kaynakların sahip oldukları emprenye maddesi potansiyeli ve bu maddelerin jeotermik çözelti içindeki miktarlarına ilişkin bulgular; ayrıca jeotermal suların deney esnasındaki sıcaklık ve pH özelliklerine dair bulgular, ayrı ayrı irdelenmiş, tartışılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

3.1. İzmir-Doğanbey jeotermal sularındaki emprenye maddesi potansiyeli

Deneyde kullanılan İzmir-Seferihisar-Doğanbey kaplıca alanındaki jeotermal su kaynakları için, Tarcan ve Gemici (2004)'nin belirlediği kimyasal analiz sonuçları kullanılarak tespit edilen çözünmüş potansiyel emprenye maddeleri, bu maddelerin yoğunlukları ve bu suların deney esnasında ölçülen sıcaklık ve pH'larına dair bulgular Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 incelendiğinde, deneysel jeotermal suların, deney esnasındaki sıcaklıklarının 57°C–68°C, pH'larının 6,83–6,90 ve potansiyel emprenye maddesi yoğunluklarının 6081,016 mg/l (%0,61)–8266,118 mg/l (%0,83) arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerden en düşüğü, 57 °C sıcaklık, 6,83 pH ve 6081,016 mg/l yoğunluk ile Doğanbey kaynağında (DK2) bulunurken, en yükseği ise 68°C sıcaklık, 6,90 pH ve 8266,118 mg/l yoğunluk ile Doğanbey kuyusunda (DK1) bulunmuştur.

Sıcaklık, pH ve yoğunluk bakımından, deneyde kullanılan jeotermal sular ile literatür karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre, bu çalışma için, jeotermal suların, sıcaklık, pH ve yoğunlukları, sırasıyla, 57°C–68°C, 6,83–6,90 ve 6081,016 mg/l–8266,118 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 1). Literatürde ise, sözkonusu sular için, sıcaklığın 66°C–67°C ve pH'nın 6,14–7,23 arasında değiştiği (Tarcan ve Gemici, 2004); jeotermik çözeltideki potansiyel emprenye maddesi derişiminin 23126,95 mg/l (%2,31)'e kadar olabildiği (Var, 2009); normal bir emprenye çözeltisi için, sıcaklığın 25°C–115°C, pH'nın 3,20–7,41 ve derişimin %0,01–%35'e kadar olabildiği bildirilmedi (Bozkurt vd., 1993; Turner ve Murphy, 1998; Usta, 2004). Buna göre, sonuç olarak, bu çalışmanın sıcaklık, pH ve çözünmüş emprenye maddesi içeriği ve miktarı açısından literatür ile uyumlu olduğu; bu suların, sıcaklık, pH ve yoğunluk bakımından, ahşap koruma işlerinde, sıcak-soğuk açık tank yöntemine göre, yüzeye kendiliğinden çıktığı haliyle doğrudan kullanıma uygun bir emprenye akışkanı kaynağı olabilir.

Diğer yandan, Çizelge 2'de, kızılçam odunu için, jeotermal kaynak türünün, jeotermal su absorpsiyonu, jeotermokimyasal madde retensiyonu, radyal ve teğet yönlerdeki genişleme miktarı üzerindeki etkisine ilişkin varyans analizi ve duncan testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlar, kendi aralarında ve kontrol ile karşılaştırılmış, fakat literatürle karşılaştırılamamıştır. Zira literatürde, böyle işlem görmüş ağaç malzemeye dair bir çalışmaya rastlanılamamıştır.

Çizelge 1. İzmir-Seferihisar-Doğanbey kaplıca alanı jeotermal suların emprenye maddesi potansiyeli, bu suların deney esnasındaki sıcaklık ve pH özelliklerine dair bulgular

		Jeotermal kaynak türü	
		Doğanbey kuyusu (DK1)	Doğanbey kaynağı (DK2)
Emprenye maddesi potansiyeli (mg/l)*	Alüminyum (Al)	0,1	0,1
	Arsenik (As)	0,078	0,071
	Bakır (Cu)	0,02	0,012
	Bor (B)	8,47	7,522
	Çinko (Zn)	0,05	0,01
	Kalsiyum (Ca)	309,6	226
	Klorür (Cl)	4540	3220
	Magnezyum (Mg)	93,3	64,2
	Potasyum (K)	206	147
	Sodyum (Na)	2706,5	2102,9
	Sülfat (SO ₄)	402	313,2
Deney esnasında ölçülen özellikler	pH **	6,90	6,83
	Sıcak su (°C)	68	57
	Soğuk su (°C)***	23	24

* Tarcan ve Gemici (2004)'den alınmıştır. ** Oda sıcaklığında ölçülmüştür. *** Aynı jeotermal kaynaktan alınarak oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur.

3.2. Jeotermal su absorpsiyonu

Literatürde, sıcak-soğuk açık tank yönteminde, sıcaklık değişimi ile meydana gelen basınç farkından yararlanmak suretiyle, emprenye maddesinin, ağaç malzeme içerisine derin bir şekilde nüfuz etmesinin sağlandığı; emprenye sonunda, absorbe edilen emprenye maddesi miktarının, ağaç, ağaç malzeme ve kimyasal madde türlerine bağlı olarak değişebildiği belirtilmektedir (Bozkurt vd., 1993). Jeotermal sıvıların düşük viskoziteli bir kaynak oldukları, yüzeye çıktıkları zaman, içerdikleri mineral ve tuzların sıcaklık azalması ve basınç düşmesine bağlı olarak yüzeyde tutundukları, böylece ortamda kalıcı bir tabaka oluşturdukları bildirilmektedir (Ilgar, 2005). Emprenye işlerinde kullanılan kimyasalların, emprenye çözeltisindeki derişimlerinin %0,01–40 arasında dağılım yaptığı; jeotermal akışkanlardaki çözünmüş emprenye maddelerinin, jeotermik çözelti içindeki derişimlerinin 23126,95 mg/L (%2,31)'e kadar olabildiği ifade edilmektedir (Var, 2009). Buna göre, bu çalışmada, jeotermal su ile muamelede, ağaç malzeme içerisinde, çeşitli kimyasallara sahip jeotermal suların nüfuz ederek absorbe edilmesi; dolayısıyla, jeotermal kimyasalların hücre çeperlerine tutunarak ya da hücre lümenlerine veya hücrelerarası boşluklara çökerek tutunması beklenebilir.

Çizelge 2'deki sonuçlara göre, jeotermal su ile muamelede, jeotermal kaynak türü, jeotermal su absorpsiyonunu önemli derecede etkilemiştir ($p \leq 0,000$). Etkileri bakımından, jeotermal kaynaklar, üç farklı homojenlik grubu (A,B,C) oluşturmuştur. Bu gruplarda, A harfi en az etkiyi (en az absorpsiyonu), C harfi ise en fazla etkiyi ifade etmektedir. Buna göre, jeotermal kaynak türünün, jeotermal su absorpsiyonunu önemli derecede etkilediği; bu etki üzerinde, DK2 kaynağının daha iyi sonuç verdiği söylenebilir.

Jeotermal su absorpsiyonu açısından, jeotermal kaynaklar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre, absorbe edilen jeotermal su, DK2 kaynağı için 0,53 g/cm³ olurken, DK1 kaynağı için 0,40 g/cm³ olmuştur (Çizelge 2). Dolayısıyla, absorpsiyon, DK2'de DK1'den %32,5 oranında daha yüksek olmuştur. Buna göre, kızılçam için, sıcak-soğuk açık tank metoduna göre jeotermal su ile muamelede DK2'nin kullanılması,

ortalama jeotermal su absorpsiyonunu önemli miktarda yükseltebilir.

3.3. Jeotermokimyasal retensiyonu

Çizelge 2'deki sonuçlara göre, jeotermal su ile muamelede, jeotermal kaynak türü, net kuru jeotermokimyasal retensiyonunu önemli derecede ($p \leq 0,000$) etkilemiştir. Etkileri bakımından, jeotermal kaynaklar, üç farklı homojenlik grubu (D,E,F) oluşturmuştur. Bu gruplarda D harfi, en az etkiyi (en az retensiyonu), F harfi ise en fazla etkiyi ifade etmektedir. Buna göre, jeotermal kaynak türünün, jeotermokimyasal retensiyonunu önemli derecede etkilediği; bu etki üzerinde DK2 kaynağının daha başarılı olduğu söylenebilir.

Net kuru jeotermokimyasal retensiyonu bakımından, jeotermal kaynaklar kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya göre, retense edilen jeotermokimyasal miktarı, DK2 kaynağı için %0,31 olurken, DK1 kaynağı için %0,10 olmuştur (Çizelge 2). Dolayısıyla, retensiyon, DK2 kaynağında DK1 kaynağından %210 oranında daha yüksek olmuştur. Sonuç olarak, kızılçam odunu için, sıcak-soğuk açık tank metoduna göre jeotermal su ile emprenyede DK2 kaynağının kullanılması, ortalama jeotermokimyasal retensiyonunu önemli miktarda yükselttiği söylenebilir. Aynı şekilde, benzer sonuçların, hava kuru jeotermokimyasal retensiyonu için de geçerli olduğunu söylemek mümkündür.

3.4. Radyal ve teğet yönde genişleme

Literatürde, su buharı (veya yüksek sıcaklıkta sıcak su) ile muamelede, ağaç malzemenin, genişleme kabiliyetinin azaldığı; bu azalma üzerine, buharlama (veya sıcak su ile muamele) süresinin ve buhar basıncının etkili olduğu belirtilmektedir (Berkel, 1970; Kantay, 1993). Buna göre, jeotermal su ile muamelede de, ağaç malzemenin, aynı şekilde, genişleme kabiliyetinin azalması beklenebilir. Bu azalma üzerine, jeotermal kaynak türünün, kaynağın sahip olduğu sıcaklık, basınç, pH ve yoğunluk değerlerinin yanı sıra, içerdikleri kimyasal madde türünün, bu maddelerin miktarlarının ve katılım oranlarının da etkisinin olması beklenebilir.

Çizelge 2. Kızılçam için jeotermal kaynak türünün absorpsiyon, retensiyon ve genişleme miktarları üzerine etkisine dair varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Test edilen özellikler	Varyans analizi sonuçları						Duncan testi sonuçları		
	Varyans kaynağı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-oranı	Önem düzeyi (p) ^a	Jeotermal kaynak türü	Ortalama ^b	Homojenlik grubu ^c
Jeotermal su absorpsiyonu (g/cm ³)	Gruplar arası	1,513	2	0,756	1769,670	0,000	Kontrol	0,00 (0,00)	A
	Gruplar içi	0,012	27	0,000			DK1	0,40 (0,02)	B
	Toplam	1,524	29				DK2	0,53 (0,03)	C
Jeotermokimyasal retensiyonu (%)	Gruplar arası	0,514	2	0,257	24,133	0,000	Kontrol	0,00 (0,00)	D
	Gruplar içi	0,287	27	0,011			DK1	0,10 (0,10)	E
	Toplam	0,801	29				DK2	0,31 (0,15)	F
Hava kuru su	Gruplar arası	1094,508	2	547,254	12074,360	0,000	Kontrol	0,00 (0,00)	G
	Gruplar içi	1,224	27	0,045			DK1	12,73 (0,24)	H
	Toplam	1095,732	29				DK2	12,88 (0,28)	H
Maksimum genişleme (%) ^d	Gruplar arası	4,509	2	2,255	1,793	0,186	DK2	5,04 (1,05)	I
	Gruplar içi	33,952	27	1,257			DK1	5,30 (1,48)	I
	Toplam	38,461	29				Kontrol ^e	5,96 (0,69)	I
Teğet yönde	Gruplar arası	2,180	2	1,090	0,669	0,521	DK1	7,23 (1,46)	J
	Gruplar içi	44,019	27	1,630			DK2	7,24 (1,30)	J
	Toplam	46,200	29				Kontrol ^e	7,81 (1,04)	J
Hava kuru su genişleme (%)	Gruplar arası	1,739	2	0,870	3,187	0,057	DK1	2,41 (0,58)	K
	Gruplar içi	7,368	27	0,273			DK2	2,54 (0,60)	K
	Toplam	9,107	29				Kontrol ^e	2,97 (0,36)	K
Teğet yönde	Gruplar arası	0,904	2	0,452	1,074	0,356	DK2	3,38 (0,66)	N
	Gruplar içi	11,358	27	0,421			DK1	3,39 (0,64)	N
	Toplam	12,261	29				Kontrol ^e	3,75 (0,65)	N

a: p<0,05 ise önemlidir. b: Parantezdekiler standart sapmadır. c: Aynı harfle temsil edilenler benzer gruplardır ve 0,05 yanılma ile önemli fark yoktur. d: LDN üzeri maksimum genişlemedir. e: Saf su kullanılmıştır.

Çizelge 2'deki sonuçlara göre, jeotermal su ile muamelede, jeotermal kaynak türünün, radyal ve teğet yönlerdeki maksimum (toplam) genişleme üzerine etkisi önemsiz (p>0,05) çıkmıştır. Jeotermal kaynaklar, radyal yöndeki genişlemeye etkileri bakımından, tek homojenlik grubu (I) oluştururken, aynı şekilde, teğet yöndekine etkileri bakımından da tek homojenlik grubu (J) oluşturmuştur. Bu durum, radyal ve teğet yönlerdeki genişlemenin, istatistik açıdan aynı düzeyde olduğunu göstermektedir. Buna göre, radyal ve teğet yönlerdeki genişlemeye etkileri bakımından, jeotermal kaynaklar, hem kendi aralarında hem de saf su ile işlem görmüş oduna (kontrol) göre önemli farklılık oluşturmamıştır. Aralarında önemli bir farklılık olmamakla beraber, genişleme miktarı, DK1 kaynağı için radyal yönde %5,30, teğet yönde %7,23 ve teğet yöndeki genişlemenin radyal yöndekine oranı (7,23/5,30)=1,36 olurken, DK2 kaynağı için radyal yönde %5,04, teğet yönde %7,24 ve teğet yöndeki genişlemenin radyal yöndekine oranı (7,24/5,04)=1,44 olmuştur. Buna karşılık, kontrol için genişleme miktarı, radyal yönde %5,96 ve teğet yönde %7,81 olurken, teğet yöndeki genişlemenin radyal yöndekine oranı (7,81/5,96)=1,31 olmuştur. Dolayısıyla, jeotermal su ile işlem görmüş kızılçam odununun genişlemesi, saf su ile işlem görmüş oduna göre, radyal yön için DK1 kaynağında %12,45 ve DK2 kaynağında %18,25 oranında daha az olurken, teğet yön için DK1 kaynağında %8,02 ve DK2 kaynağında %7,87 oranında daha az olmuştur. Sonuç olarak, farklı iki jeotermal kaynak, kızılçam odunu ve sıcak-soğuk açık tank yöntemi kullanılarak yapılan jeotermal işlemden, istatistiksel açıdan

önemsiz olmakla beraber, kaynak türünün, radyal ve teğet yönlerdeki toplam genişleme miktarı üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı; dolayısıyla, her iki kaynak ve kontrol için genişleme yüzdelerinin birbirine yakın çıktığı; jeotermal işlem görmüş odunda, radyal ve teğet yönlerdeki genişlemenin, saf su ile işlem görmüş oduna göre bir miktar azaldığı söylenebilir. Aynı şekilde, benzer sonuçların, hava kuru su halde radyal ve teğet yönlerdeki genişleme için de geçerli olduğu söylenebilir.

Jeotermal işlem görmüş odunda, radyal ve teğet yönlerde genişlemenin azalması, örnekler nüfuz eden jeotermal minerallerin, odunsu hücre çeperlerine tutunarak, hücre lümenlerine ve hücrelerarası boşluklara çökerek bir tabaka oluşturmasından kaynaklanabilir. Zira literatürde sıcak-soğuk açık tank yönteminde, sıcaklık değişimi ile meydana gelen basınç farkından yararlanarak, empenye maddesinin, ağaç malzeme içerisine derin bir şekilde nüfuz etmesinin sağlandığı (Bozkurt vd., 1993); ayrıca, jeotermal sıvılar yüzeye çıktıkları zaman, içerdikleri mineral maddelerin, sıcaklık ve basınç azalmasına bağlı olarak yüzeyde tutundukları ve ortamda kalıcı bir tabaka oluşturdukları belirtilmektedir (İlgar, 2005).

Teşekkür

Yazarlar, desteklerinden dolayı SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi ve TÜBİTAK-BİDEP Başkanlığı'na teşekkür eder.

Kaynaklar

- Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç., 2001. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, Jeotermal Enerji Semineri, İYTE JOMER Web Sayfası (http://geocen.iyte.edu.tr/teskon/2001/teskon2001_02.pdf), Erişim: 15.06.2012.
- Başol, K., 1994. Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Anadolu Mat., İzmir.
- Belkayalı, N., 2009. Jeotermal enerji kaynaklarının sağlık, turizm ve rekreasyon amacıyla kullanımı ve ekonomik değerinin tespiti: Yalova termal kaplıcaları örneği. TMMOB Jeotermal Kongresi, 23-25 Aralık 2009, Bildiriler Kitabı, 69-79.
- Berkel, A., 1970. Ağaç Malzeme Teknolojisi. İÜ OF Yayınları No: 1448/147, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği Ders Kitabı. İÜ OF Yayınları No: 3779/425, s. 395, İstanbul.
- Ergin, Z., 1988. Tuzun üretim teknolojisi ve insan sağlığındaki yeri. Maden Dergisi, Mart/1988, 27/1, 21-30.
- Erişen, B., Akkuş, İ., Uygur, N., Koçak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Envanteri, MTA Genel Müdürlüğü Ankara.
- Erten, P., 1986. Kızılçamın Çeşitli Yöntemlerle Emprenyesi. Ormanlık Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülten Serisi, 159, Ankara.
- Ilgar, R., 2005. Ekolojik bakışla jeotermal kaynaklara dualistik yaklaşım. elektronik sosyal bilgiler dergisi, 4/13, 88-98.
- Kantay, R., 1993. Kereste Kurutma ve Buharlama. Ormanlık Eğitim ve Kültür Vakfı Yayınları, No: 6, İstanbul.
- Kartal, S.N., Kantay, R., 2006. Emprenye maddelerinin piknik masaları ve çocuk oyun alanı elemanlarında kullanımı. D.Ü Orman Fakültesi Dergisi, 56 (2): 43-51.
- Kartal, S.N., Kakitani, T., Imamura, Y., 2004a. Bioremediation of CCA-C treated wood by *Aspergillus niger* fermentation. Holz als Roh- und Werkstoff 62: 64-68.
- Kartal, S.N., Munir, E., Kakitani, T., Imamura, Y., 2004b. Bioremediation of CCA-treated wood by brown-rot fungi *Fomitopsis palustris*, *Coniophora puteana*, and *Laetiporus sulphureus*. Journal of Wood Science 50, pp. 182-188. View Record in Scopus Cited By in Scopus.
- Öktem, E., 1987. Kızılçam, Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları El Kitapları Dizisi, II, Ankara, 52-182.
- Şimşek, N., 1998. Enerji sorununun çözümünde jeotermal enerji alternatifi, Ekoloji Çevre Dergisi, 8/29: 15-20.
- TS 4176, 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Mescerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması. TSE, Ankara.
- TS 343, 2012. Ahşap Koruma -Terimler ve Tarifler. TSE, Ankara.
- TS 344, 2012. Ahşap Koruma-Genel Kurallar. TSE, Ankara.
- TS 345, 2012. Ahşap Emprenye Maddeleri Etkilerinin Deney Yöntemleri. TSE, Ankara
- TS 2470, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları. TSE, Ankara.
- TS 2471, 1976. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler için Rutubet Miktarı Tayini. TSE, Ankara.
- TS 4084, 1983. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 47, 2011. Ahşap Koruyucular – Ev Teke Böceği (*Hylotrupes bajulus* L.) Larvalarına Karşı Zehirlilik Değerlerinin Tayini (Laboratuvar Metodu). TSE, Ankara.
- Tarcan, G., Gemici, Ü., 2004. İzmir Jeotermal Alanların Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal İncelenmesi ve Kabuklaşma Özelliklerinin Değerlendirilmesi. DEÜ BAP, Proje No: 02.KB.FEN.072, Mart, İzmir.
- Turner, P, Murphy, R.J., 1998. Treatment of timber products with gaseous borate esters. Wood Science and Technology, 32: 25-31.
- Usta, I., 2004. Evaluation of Thermal treatability of caucasioan Fir (*Abies nordmannia* (Link.) Spach.) Treated with heated Tanalith-C of CCA above and below the fibre saturation point. Tr.J. of Agriculture and Forest, 29: 305-313.
- Var, A.A., 2009. Jeotermal akışkanlarda potansiyel emprenye maddelerinin miktarı ve bunların ahşap emprenye işlemine uygunluğu. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A(1): 184-197.
- Yücel, F.B., 1994. Enerji Ekonomisi, FEBEL. Ltd. Şti., Ankara.