

Kütahya–Simav yöresi jeotermal sularının emprenye maddesi potansiyeli ile ahşaptaki absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkilerinin belirlenmesi

Ahmet Ali Var^{*a}, İbrahim Kardeş^a, Ahmet Genç^a

Özet: Kütahya, jeotermal sularca zengin illerimizden biridir. İlde, sıcaklığı 30°C'nin üzerinde, 11 adet jeotermal saha vardır. Bu sahalardan biri de Simav yöresidir. Yöredeki jeotermal kaynaklar, kimyasal tuz / mineral madde bakımından zengindir. Çalışmada, Simav yöresi jeotermal sularının emprenye maddesi potansiyeli ile ahşaptaki absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada Eynal, Çitgöl ve Naşa jeotermal suları, kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) diri odun örnekleri ile basit daldırma yöntemi kullanılmıştır. Sonuçta, yöredeki jeotermal sular, geleneksel ahşap emprenye maddelerinin içeriğinde bulunan 10 – 13 adet kimyasal maddeye sahiptir. Bu maddelerin derişimi 748,61 mg/lit – 1244,01 mg/lit arasında değişmektedir. Bu sularla emprenye edilen ahşaptaki absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk değerleri, jeotermal kaynak derişimine bağlı olarak artmıştır. İstatistiksel olarak, absorpsiyon ve retensiyon üzerinde jeotermal kaynak türü, yoğunluk üzerinde ise ağaç türü önemli derecede büyük düzeyli bir etki yapmıştır. Bahsedilen özellikler için, ortalama en yüksek değer, kızılçamda Eynal kaynağı ile emprenyede, en düşük değer ise karaçamda Naşa kaynağı ile emprenyede bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Kütahya, Simav, Ahşap, Ağaç malzeme, Jeotermal, Emprenye

Determination of wood impregnant potential, effects on absorption, retention and density in wooden of Kütahya–Simav geothermal waters

Abstract: Kutahya is one of the richest provinces of Turkey in terms of geothermal waters. There are 11 geothermal fields above 30°C in Kutahya. One of these areas is Simav region. Simav's geothermals are rich in terms of chemical salts or minerals. The aim of the study is to investigate determination of wood impregnant potentials, and effects on absorption, retention and density of wood of Simav geothermals. In the study, Eynal, Çitgöl and Naşa geothermals, sapwoods of Crimean pine (*Pinus nigra* Arnold.) and Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) and dipping method were used. After all, for Simav's geothermals, the concentration of wood impregnants were found between 748.61 mg/lit – 1244.01 mg/lit. Absorption, retention and density of geothermal-impregnated wood increased depending on the concentration of geothermal. Statistically, geothermal type on absorption and retention, and tree species on density affected significantly at highly level. For three properties, while maximum values were found in treatment with Eynal for Turkish red pine, minimum values were obtained with Naşa for Crimean pine.

Keywords: Kütahya, Simav, Wood material, Wood protection, Geothermal, Impregnation

1. Giriş

Ağaç malzeme, çeşitli yapı malzemeleri içerisinde en eski ve kullanım alanı en yaygın olanlarından birisidir. Ağaç malzemeye bu özelliği kazandıran hususlara örnek olarak; hafifliğine karşın direncinin yüksek olması, kolay işlenebilir özellikte bulunması, şekil verilebilir nitelikte olması, vida ve çivi tutma özelliklerinin iyi olması gibi durumlar sayılabilir. Doğal haldeki ağaç malzeme herhangi bir koruyucu işlem görmemişse kullanım yerinde çeşitli mantar ve böcekler tarafından kısa bir sürede tahrip edilerek çürütülebilmekte ve kullanılmaz duruma gelebilmektedir. Böylece her yıl çok büyük maddi kayıplar meydana geldiği gibi, ormanlar üzerinde, odun üretimine gereğinden fazla yüklenme şeklinde, önemli olumsuz etkiler de yapabilmektedir. Ancak ağaç malzeme, alınacak çeşitli fiziksel veya kimyasal önlemlerle bu zararlılardan korunarak, hizmet ömrünün uzatılması mümkün olabilmektedir (Bozkurt vd.,1993).

Fosil kökenli enerji kaynaklarının sınırlı rezervi, çevreye olumsuz etkileri ve petrol krizleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını hızlandırmış ve mevcut kullanılan sistemlerde enerji tasarrufuna yönelik çalışmalarına önem kazandırmıştır. Dünyada, jeotermal, güneş, biyokütle, rüzgâr ve hidrojen enerjisi gibi, yeşil enerji kaynaklarının kullanılması yönünde araştırmalar hızlanmıştır (Carella ve Sommaruga, 2000).

Jeotermal enerji, birçok ülkede doğrudan ve dolaylı olarak kullanılmaktadır. Jeotermal sistemlerin, entegrasyon ve çeşitli sıcaklık kademelerine göre farklı alanlarda değerlendirilmesi, jeotermal yatırımları daha da ekonomik hale getirmektedir. İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık amacıyla kullanılan jeotermal kaynaklardan, günümüzde, ya doğrudan ısıtmada kullanılarak ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. 20. yüzyılın başlarına kadar sağlık ve yiyecek pişirme amacı ile yararlanan jeotermal kaynakların kullanım alanları gelişen

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ * Corresponding author (İletişim yazarı): alivar@sdu.edu.tr

✓ Received (Geliş tarihi): 16.07.2014, Accepted (Kabul tarihi): 05.02.2015

📄 Citation (Atıf): Var, A.A., Kardeş, İ., Genç, A., 2015. Kütahya–Simav yöresi jeotermal sularının emprenye maddesi potansiyeli ile ahşaptaki absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkilerinin belirlenmesi. Turkish Journal of Forestry, 16(1): 42-49.

teknolojiye bağılı olarak çok yaygınlaşmakta ve çeşitlenmektedir. Dünyada jeotermal enerji uygulamalarında düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtıcılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları yardımıyla özellikle soğuk ülkelerde, su sıcaklığı 5°C'ye düşüncüye kadar da yararlanılabilmektedir (Anonim, 2004). Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının önemli bir bölümünü ısıtma amaçlı uygulamalar oluşturmaktadır. Bu kullanım, hızla genişlemektedir. Ayrıca ülkemizde halen yaklaşık 195 adet kaplıcada da sağlık amaçlı uygulamalar yapılmaktadır. Yakın gelecekte, bazı yerleşim merkezleri, bölgesel ısıtma sistemleri ile ısınma imkânına da kavuşabilecektir (Köse vd, 2004).

Isıtma kadar yaygın olmamakla beraber, jeotermal enerjinin kullanıldığı diğer alan ise endüstriyel amaçlı uygulamalardır. Ayrıca 200°C ve üzeri sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan elektrik üretilirken, daha düşük sıcaklıklı kaynaklardan ise buharlaşma sıcaklığı düşük freon, izobütan vb gazlar kullanılarak, çeşitli çevrimler yardımıyla elektrik üretimi de yapılmaktadır (Anonim, 2004).

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyada yedinci, jeotermal enerjinin elektrik dışı uygulamalarında beşinci sırada yer almaktadır. Ülkenin direkt uygulamalarda kullanılabilecek muhtemel jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MWt'tir. Bu potansiyelin yaklaşık %3'üne yakın bir kısmı değerlendirilebilmektedir. Türkiye'de, 1960'lı yıllarda MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan jeotermal araştırmalarda, % 95'i düşük ve orta sıcaklıklı olmak üzere, 170 adet jeotermal saha bulunmuştur. Bu sahalardan 11 tanesi bugünün teknolojik ve ekonomik imkânlarına göre elektrik üretimine uygun bulunmaktadır. Uygun sahalara kurulacak santraller ile elektrik üretimi hedeflenmesine rağmen, uygulamalar bu hedeften uzak bulunmaktadır. Önümüzdeki yıllarda jeotermal enerji potansiyelinin gerektiği gibi kullanılması planlanmaktadır. Öyle ki; kuyu sıcaklığı 80 °C'nin üzerindeki alanlarda bile elektrik üretimi tasarlanmaktadır (Köse vd., 2004).

Kütahya, jeotermal saha bakımından zengin potansiyelle sahip illerimizden biridir. İlde sıcaklığı 30°C'nin üzerinde 11 adet jeotermal alan ortaya çıkarılmıştır. Bunlardan biri de Simav-Eynal-Çitgöl-Naşa jeotermal alanıdır. Eynal'da sıcak su kaynaklarının sayıları 55 adet olup, sıcaklıkları 25 °C ile 96 °C arasında değişmekte, debileri ise 2.1 lt/sn'dir. Çitgöl ve Naşa'da toplam 34 adet kaynak saptanmıştır. Her iki sahadaki kaynakların sıcaklığı 43-83°C arasında değişmekte, debileri ise 2 lt/sn'dir. Eynal, Çitgöl ve Naşa'da sıcak su kaynaklarının bulunduğu bölgede 25 adet kuyu açılmıştır. Ancak bu kaynakların birçoğu başka kuyuların açılması sonucunda kurumuştur (Akkuş vd., 2005).

Yukarıda kısaca değinilen Kütahya-Siman yöresinin mevcut jeotermal kaynakları incelendiğinde, bunların düşük ve orta sıcaklıklı kaynaklar oldukları, kimyasal madde ve mineral tuz çeşitleri ve bunların derişimleri bakımından zengin bir potansiyelle sahip oldukları anlaşılmaktadır. Ancak, bu kaynakların, endüstriyel anlamda incelenerek, ahşap emprenye maddesi potansiyelinin ve ağaç malzemenin özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesini amaçlayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kaynaklar, ahşap koruma işlerinde kullanılabilecek uyum bir emprenye akışkanı kaynağı olabilir. Bu düşünceden hareketle, bu çalışmada, bölgeden toplam üç adet jeotermal kaynağın

(Eynal-6, Çitgöl-1, Naşa-1)¹ emprenye maddesi potansiyelinin incelenmesi, bu kaynakların ağaç malzemedeki absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma, bölgenin jeotermal kaynaklarının, orman endüstrisindeki kullanımını noktasında, ağaç malzemenin bazı özelliklerine etkisinin belirlenmesine yönelik bir araştırmanın ortaya konulması bakımından önem taşımaktadır.

2. Malzeme ve yöntem

2.1. Malzeme

Çalışmada, kimyasal analiz değerleri Çizelge 1'de verilen jeotermal sular ile kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) gövde odunu örnekleri kullanılmıştır. Jeotermal sular, Kütahya-Simav yöresinde bulunan Eynal (E-6), Çitgöl (Ç-1) ve Naşa (N-1) artezyen kuyularından alınmıştır. Alınan sıcak jeotermal sular, soğumaları için, normal oda sıcaklığına kadar bekletildikten sonra, sıcaklık, pH vb. özellikleri değişmeyecek şekilde, özel kaplara konularak, emprenye işlerinde kullanılmaya kadar, bu halde muhafaza edilmiştir.

Kızılçam ve karaçam tomruklarının diri odun kısmından, radyal yönde, muhtelif ebatlarda, sağlam, düzgün lifli ve budaksız latalar elde edilmiştir (TS 345, 2012; TS 4176, 1984). TS 2470 (1976)'e göre 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında, hava kuru (%12) rutubete kadar kondisyonlanıp, planya makinesinden geçirildikten sonra, bu latalardan, her test için 15'er adet olmak üzere, çözelti absorpsiyonu ve net kuru madde retensiyonu testleri için 3x3x1,5 cm, yoğunluk testleri için ise 2x2x3 cm ölçülerinde deney örnekleri hazırlanmıştır. Örnekler, tekrar, aynı koşullarda, hava kuru rutubete kadar kondisyonlanıp, 0,01 hassasiyetle ölçülmüştür. Sonra, örnekler, TS 2471 (1976)'e göre, 103±2°C'de kurutma dolabında sabit/tam kuru ağırlığa (%0 rutubet) kadar kurutulmuş, desikatörde normal oda sıcaklığına (20±2°C) kadar soğutulmuş ve tekrar, aynı hassasiyetle ölçülmüştür. Böylece, örneklerin, emprenyeden önceki, sırasıyla, hava kuru ve tam kuru ağırlıkları ile boyutları tespit edilmiştir. Her test için, bütün örnekler, bu şekilde ölçüldükten sonra, naylon torbalara konularak, jeotermal sular ile emprenye edilinceye kadar bu halde muhafaza edilmiştir.

¹ Ayrıca içindeki 6 ve 1 rakamı, MTA'nın Simav jeotermal alanında açmış olduğu kuyuların numarasını ifade eder (Akkuş vd., 2005).

Çizelge 1. Kütahya-Simav jeotermal suları kimyasal analiz değerleri (Çağlar, 1948; Öktü, 1984; Erişen vd., 1996; Mutlu ve Güleç, 1998; Bayram, 1999; Gemici ve Tarcan, 2002; Tamgaç ve Özçelik, 2004; Akkuş vd., 2005; Özkaya vd., 2008; Özalp ve Ordu, 2010)

Analizler	Jeotermal kaynaklar			
	Eynal (E-6)	Çitgöl (Ç-1)	Naşa (N-1)	
Üretim şekli	Artezyen	Artezyen	Artezyen	
Derinlik (m)	169,6	101	200	
Sıcaklık (°C)	60-160	97-162	42-90	
Debi (lt/sn)	50-80	32	2	
pH (25°C'de)	6,58-8,84	7-7,91	6,6-7,06	
Jeotermal kimyasallar ve derişimleri (mg/lt)	B	0,96-5,2	0,13-4,2	0,85-3,4
	Na	490-532,3	245-410	126-395
	K	54-62,3	35-44	7-42
	Ca	5,50-6,40	22-54,8	39-56
	Mg	1,3-5,8	2,7-9,0	9,4-13
	As	0,00	0,00	0,24
	Cl	70-80	30-65	15-56
	Al	0,3631	0,0472-0,1064	0,1261
	F	18	4,2-8	1,1-5,9
	Li	0,4128	0,0246-0,2827	0,1056-0,8
	Si	145,4	66,8-103,2	0,0
	NH ₄	0,0	0,0	0,1
	SiO ₂	131-165	56-249,6	28-223,1
	SO ₄	404-455,9	259-392,6	82-394
	CO ₂	0,0	0,0	241
	CO ₃	57,6	0,0	0,0
	HCO ₃	518-651,5	494-610	500-604
NO ₂	0,0	0,0	0,0	
NO ₃	0,0	0,0	0,0	

2.2. Yöntem

2.2.1. Jeotermal suda ahşap emprenye maddesi tayini

İncelemede, Kütahya-Simav'daki Eynal, Çitgöl ve Naşa bölgelerinde, 30°C ve üzerindeki sıcak su + buhar egemen kaynakların veya sondaj kuyularının bulunduğu sahalarda, özellikle, kimyasal analizleri yapılmış olan jeotermal sulara yer verilmiştir. Bu amaçla, öncelikle, literatür taranarak, suların kimyasal analiz sonuçları derlenmiştir (Çizelge 1). Sonra, bu sonuçlar, ahşap emprenye maddesi çeşidi ve derişimi bakımından, TS 788 (1969) ve literatür (Berkel, 1972; Richardson, 1978; Bozkurt vd., 1993) ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, bu karşılaştırmaya göre, söz konusu jeotermal suların, bireysel ve toplam olarak, çözünmüş halde içerdikleri potansiyel emprenye maddeleri ve derişimleri tespit edilmiştir.

2.2.2. Emprenye işlemi

Emprenye deneylerinde, TS 343 (2012)'de bildirilen "batırma" yöntemi kullanılmıştır. Emprenye işlemi, TS EN 47 (2011)'de verilen esaslara göre, laboratuvar ortamında normal hava şartlarında gerçekleştirilmiştir. Buna göre, tam kuru haldeki deney örnekleri, jeotermal su içinde 24 saat bekletilerek, tam emprenye (TS 344, 2012) edilmiştir. Sonra, örnekler, sudan çıkarılıp, bir filtre kâğıdı ile hafifçe kurulanmıştır. Her test için, bütün deney örnekleri, bu şekilde, jeotermal sular ile ayrı ayrı emprenye edilip, naylon torbalara konularak, testler ve tayinler yapıncaya kadar, yaş/ıslak halde muhafaza edilmiştir.

Emprenyeden sonra, çözelti absorpsiyonu ve net kuru madde retensiyonu testleri için, ıslak haldeki örnekler, bekletilmeden, 0,01 hassasiyetle ölçülmüştür. Sonra, bu örnekler, 20±2°C sıcaklık ve %65±3 bağıl nem şartlarında hava kuru rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra (TS 2470, 1976), 103±2°C'de sabit/tam kuru ağırlığa kadar kurutulup, oda sıcaklığına kadar soğutulmuş (TS 2471, 1976) ve aynı hassasiyetle ölçülmüştür. Yoğunluk testleri için ise, ıslak haldeki örnekler, yukarıda verilen şartlarda, hava kuru rutubete kadar kondisyonlandıktan sonra, aynı hassasiyetle tartılmış ve ölçülmüştür. Böylece, test grubu örneklerin de, emprenyeden sonraki, sırasıyla, yaş, hava kuru ve tam kuru hallerdeki ağırlıkları ve boyutları bulunarak, kayıt altına alınmıştır.

2.2.3. Çözelti absorpsiyonu tayini

Bu test, TS 5563 EN 113 (1996)'e uygun yapılmıştır. Her örnek için, absorbe edilen çözelti miktarı, g/cm³ olarak, " $ÇA = (A_{esy} - A_{e0}) / V_{e012}$ " eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; ÇA, jeotermal su/çözelti absorpsiyonu (g/cm³), A_{esy}, emprenyeden hemen sonraki yaş/ıslak ağırlık (g), A_{e0} ve V_{e012}, emprenyeden önceki, sırasıyla, tam kuru ağırlık (g) ve hava kuru hacim (cm³)'dir.

2.2.4. Net kuru madde retensiyonu tayini

Bu test, TS 5563 EN 113 (1996)'e uygun yapılmıştır. Test için, ÇA tayininde kullanılan örneklerden faydalanılmıştır. Örneklerin, tam kuru haldeki net kuru madde miktarları tayin edilmiştir. Her örnek için, retense edilen (tutulan) net kuru madde miktarı, kg/m³ olarak,

“ $NMR = ((A_{esy} - A_{e0}) \times K) / V_{e012} \times 10$ ” eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; NMR, jeotermal net kuru madde retensiyonu (kg/m^3), K, jeotermal su/çözelti derişimi (%), A_{esy} ve A_{e0} , empenyeden sonraki, sırasıyla, yaş ve tam kuru ağırlıklar (g), V_{e012} empenyeden önceki hava kuru hacmi (cm^3)’dir.

2.2.5. Yoğunluk tayini

Bu test, TS 2472 (1976)’ye uygun olarak yapılmıştır. Örneklerin, hava kuru yoğunluk değerleri tayin edilmiştir. Her örnek için, yoğunluk değeri, g/cm^3 olarak, “ $Y_{12} = A_{12} / V_{12}$ ” eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu eşitlikte; Y_{12} , A_{12} ve V_{12} , hava kuru haldeki, sırasıyla, yoğunluk (g/cm^3), ağırlık ve (g) ve hacim (cm^3)’dir.

2.3. İstatistik analiz

Çalışmada elde veriler, SPSS istatistik programında ANOVA analizi ve Duncan testi ile irdelenmiştir ($p \leq 0,05$). Bu aşamada, öncelikle, bahsedilen her özellik için tanımlayıcı istatistikler elde edilmiştir. Sonra, jeotermal suların, bu özellikler üzerindeki etkilerinin önem dereceleri ve etki düzeyleri tespit edilmiştir. Sonra, jeotermal sular için, farklı veya eşit kabul edilebilecek ortalama değerler (homojenlik gruplar) belirlenmiş; bu değerler, kendi aralarında ve kontrol ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Kütahya-Simav Yöresi jeotermal sularındaki ahşap empenye maddesi potansiyeli

Ahşap korumada kullanılan kimyasal çözeltilerde olduğu gibi, jeotermal kaynaklarda da, çözünmüş halde birçok tuz veya mineral madde bulunmaktadır. Ahşap empenye işleri için uygun olabirliklerine dair bir hüküm verebilmek için, bu kaynakların içerdikleri kimyasal maddelerin ve derişimlerinin bilinmesi gerekmektedir (Var, 2009). Buna göre, Çizelge 1 incelendiğinde, jeotermal suların, kuyulardan artezyen şeklinde üretildikleri; kuyuların derinlik, sıcaklık, debi ve pH değerlerinin, sırasıyla, Eynal için, 169,6 m, 60 – 160 °C, 50 - 80 lt/sn ve 6,58 - 8,84;

Çitgöl için, 101 m, 97 - 162 °C, 32 lt/sn ve 7,0 - 7,91; Naşa için, 200 m, 42 - 90 °C, 2 lt/sn ve 6,6 - 7,06 arasında değiştiği; E-6, Ç-1 ve N-1 jeotermal sularının, çözünmüş halde, toplam 19 adet kimyasal tuz / mineral barındırdıkları; çeşit ve miktar bakımından, ahşap koruma için, önemli ölçüde empenye maddesi potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. Bunlardan, Çizelge 2’de verilen toplam 13 adet madde, ahşap koruma sektöründe kullanılan geleneksel empenye maddelerinin içeriğini oluşturan kimyasallar arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bunların, bireysel veya karışım olarak, etki sınırları farklı olmakla beraber, mikrobiyolojik canlıların aktivitelerini azaltıcı ya da tamamen önleyici zehirli etkilere sahip oldukları bilinmektedir.

Çizelge 2’de, deneyde kullanılan jeotermal sularda çözünmüş halde mevcut olan ve klasik ahşap empenye maddelerinin içeriğinde kullanılan kimyasal maddeler verilmiştir. Buna göre, Çizelge 2, jeotermal ayırımı yapılmadan, bireysel ve toplam derişim bakımından, genel olarak incelenmiştir. Yapılan irdelenmede, ortalama bireysel empenye maddesi derişimi, B için 2,46 mg/Lt, Na için 366,45 mg/Lt, K için 40,72 mg/Lt, Ca için 30,62 mg/Lt, Mg için 6,87 mg/Lt, Cl için 52,67 mg/Lt, F için 9,20 mg/Lt, Al için 0,1887 mg/Lt, SiO_2 için 142,12 mg/Lt, SO_4 için 331,25 mg/Lt olarak; toplam empenye maddesi derişimi ise 979,44 mg/Lt olarak tespit edilmiştir. Bu maddeler, toplam jeotermal kimyasalın, sayı olarak, %68,42’sini, derişim olarak da %59,54’ünü oluşturmaktadır.

Ayrıca Çizelge 2, jeotermal kaynaklar kendi aralarında olmak üzere, toplam empenye maddesi sayısı, derişimi ve katılım oranı bakımından da incelenmiştir. Yapılan irdelenmede, empenye maddesi sayısının, N-1’de en fazla (12 adet), E-6 ve Ç-1’de ise eşit (10 adet) olduğu; empenye maddesi derişiminin E-6’da en yüksek ve N-1’de en az olduğu; empenye maddesi katılım oranının ise, derişim ve sayı olarak, sırasıyla, E-6 için %64,44 ve %63,16; Ç-1 için %59,75 ve %52,63; N-1 için %52,66 ve %52,63 olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, E-6 jeotermal, ahşapta, diğer kaynaklardan daha fazla kimyasal madde retensiyonu (tutulması) sağlayabilir. Zira çözültü derişimi arttıkça, ahşap tarafından tutulan empenye maddesi miktarının arttığı belirtilmektedir (Pizzi, 1983; Temiz vd., 2004).

Çizelge 2. Deneysel jeotermal sulardaki ahşap empenye maddesi potansiyeli

Klasik empenye maddelerine katılan kimyasallar ^a	Deneysel jeotermal sular			Ort. bireysel derişim (mg/Lt)	
	Eynal (E-6) ^c	Çitgöl (Ç-1) ^c	Naşa (N-1) ^c		
B	0,96 – 5,2 (3,08)	0,13 – 4,2 (2,17)	0,85 – 3,4 (2,13)	2,46	
Na	490 – 532,3 (511,15)	245 – 410 (327,5)	126 – 395 (260,5)	3,66	
K	54 – 62,3 (58,15)	35 – 44 (39,5)	7 – 42 (24,5)	40,72	
Ca	5,50 – 6,40 (5,95)	22 – 54,8 (38,4)	39 – 56 (47,5)	30,62	
Mg	1,3 – 5,8 (3,55)	2,7 – 9 (5,85)	9,4 – 13 (11,2)	6,87	
As	0,0	0,0	0,24	0,08	
Cl	70 – 80 (75,0)	30 – 65 (47,5)	15 – 56 (3535)	52,67	
Al	0,3631	0,0472 – 0,1064 (0,0768)	0,1261	0,19	
F	18	4,2 – 8 (6,1)	1,1 – 5,9 (3,5)	9,20	
Si	145,4	66,8 – 103,2 (85)	0,0	153,6	
NH_4	0,0	0,0	0,1	0,03	
SiO_2	131 – 165(148,0)	56 – 249,6 (152,8)	28 – 223,1 (125,55)	142,12	
SO_4	404 – 455,9 (429,95)	259 – 392,6 (325,8)	82 – 394 (238)	331,25	
Toplam derişim (mg/Lt) ^b	Empenye maddesi	1175,12 – 1312,90 (1244,01)	654,08 – 1237,31 (945,69)	308,82 – 1188,40 (748,61)	979,44
	Jeotermal kimyasal	1896,54-1964,40 (1930,47)	1214,90 – 1950,79 (1582,85)	1049,92 – 1793,20 (1421,56)	1644,96

^a Çizelge 1’den alınmıştır. ^b Çizelge 1’e göre tespit edilmiştir. ^c Ayıraç içindekiler ortalamadır.

3.2. Çözelti absorpsiyonu

Kütahya-Simav yöresi jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam örneklerinde absorbe edilen jeotermik çözelti miktarına dair tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre, absorbe edilen çözelti miktarı, jeotermal kaynak derişimine bağı olarak artmıştır. Ağaç türü için, en fazla absorpsiyon, kızılçamda bulunmuş ve karaçamdan %10,71 oranında daha fazla gerçekleşmiştir. Jeotermal kaynak - ağaç türü ikilisi için, en yüksek absorpsiyon, E-6 – kızılçam ikilisinde, en düşük ise N-1 – karaçam ikilisinde bulunmuştur. Absorbe edilen çözelti miktarı, E-6 – kızılçam ikilisinde, Ç-1 – kızılçam ikilisinden %7,5, N-1 – kızılçam ikilisinden %10,0, E-6 – karaçam ikilisinden %12,5, Ç-1–karaçam ikilisinden %15,0 ve N-1–karaçam ikilisinden %22,5 daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4'de çözelti absorpsiyonu için varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, istatistiki anlamda, absorpsiyon üzerinde, jeotermal kaynak çeşidi ve ağaç türünün etkileri önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. Büyük düzeyli etkiyi ağaç türü ($R^2=0,164$) ve jeotermal kaynaklar ($R^2=0,115$) yaparken, etkileşim ise istatistiki olarak anlamsız ve orta düzeyli ($R^2=0,005$) bir etki göstermiştir. Etki düzeyi aynı olmakla beraber, ağaç türü, jeotermal kaynağa göre daha büyük bir etki yapmıştır. Duncan testi sonuçlarına göre ise, E-6 kaynağı farklı grupta, N-1 ve Ç-1 kaynakları ise aynı grupta yer almıştır. Dolayısıyla, ortalama en yüksek absorpsiyon, E-6 kaynağı ile emprenyede, en düşük ise N-1 kaynağı ile emprenyede elde edilmiştir. Absorpsiyon, E-6 kaynağında, Ç-1'den %7,89 ve N-1'den %10,53 daha fazla olmuştur.

Jeotermal çözelti absorpsiyonu ile ilgili olarak, bu çalışmada ortaya konulan bulgular, konuyla ilgili standart (TS 5564, 1988)² ve benzer çalışmalar (Karademir, 2012; Var, vd., 2013; Genç, 2013) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta, elde edilen bulguların, standart ve literatür ile uyumlu oldukları tespit edilmiştir.

3.3. Net kuru madde retensiyonu

Kütahya-Simav yöresi jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam örneklerinde, net kuru madde retensiyonuna ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 5'de verilmiştir. Buna göre, retensiyon, jeotermal kaynak derişimine bağı olarak artmıştır. Ağaç türü için, en yüksek retensiyon kızılçamda bulunmuş ve karaçamdan %12,77 oranında daha fazla gerçekleşmiştir. Jeotermal kaynak-ağaç türü ikilisi için, en yüksek retensiyon, kızılçamda E-6 kaynağı ile, en düşük ise karaçamda N-1 kaynağı ile elde edilmiştir. Retensiyon, E-6–kızılçam ikilisinde, Ç-1–kızılçam ikilisinden %12,50, E-6–karaçam ikilisinden %16,67, Ç-1–karaçam ikilisinden %20,83, N-1–kızılçam ikilisinden %27,78 ve N-1–karaçam ikilisinden %33,33 daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 6'da, net kuru madde retensiyonu için varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, jeotermal kaynak, ağaç türü ve etkileşimin, retensiyon üzerindeki etkileri, istatistiki olarak önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. Retensiyon üzerinde, jeotermal kaynak ($R^2=0,420$) ve ağaç türü ($R^2=0,178$) büyük

düzeyle etkiler yaparken, etkileşim ise ($R^2=0,044$) orta düzeyli bir etki yapmıştır. Her ne kadar, istatistiki anlamda, etki düzeyi aynı olsa da, jeotermal kaynaklar, ağaç türüne göre daha büyük düzeyli bir etki göstermiştir. Duncan testi sonuçlarına göre ise jeotermal kaynaklar farklı homojenlik gruplarında yer almıştır. Dolayısıyla, ortalama en yüksek retensiyon E-6 kaynağında, en düşük ise N-1 kaynağında elde edilmiştir. Retensiyon, E-6 kaynağında, Ç-1'den %9,09 ve N-1'den %24,24 daha yüksek elde edilmiştir.

Jeotermal net kuru madde retensiyonu ile ilgili olarak, bu çalışmada ortaya konulan bulgular, konuyla ilgili standart (TS 5564, 1994) ve benzer çalışmalar (Karademir, 2012; Var, vd., 2013; Genç, 2013) ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta, elde edilen bulguların, standart ile uyumlu, literatür ile uyumsuz oldukları görülmüştür. Bu uyumsuzluk, çalışmada kullanılan jeotermal suların kimyasal içerikleri ve derişimlerinden ileri gelebilir.

3.4. Yoğunluk miktarı

Kütahya-Simav yöresi jeotermal sularıyla emprenyeli karaçam ve kızılçam örneklerinde, yoğunluk miktarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 7'de verilmiştir. Buna göre, yoğunluk miktarı, jeotermal kaynak derişimine bağı olarak artmıştır. Ağaç türü için, en yüksek yoğunluk, kızılçamda gerçekleşmiş ve karaçamdan %6,90 oranında daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca yoğunluk, kontrole göre, kızılçamda %1,72 oranında daha fazla olurken, karaçamda ise %3,70 oranında daha fazla bulunmuştur. Jeotermal kaynak-ağaç türü ikilisi için, en yüksek yoğunluk E-6–kızılçam ikilisinde, en düşük ise N-1–karaçam ikilisinde elde edilmiştir. Yoğunluk, E-6–kızılçam ikilisinde, test grubu örnekler için, Ç-1–kızılçam ve N-1–kızılçam ikilisinden %1,69, E-6–karaçam ikilisinden %5,08, Ç-1–karaçam ikilisinden %6,78, N-1–karaçam ikilisinden %10,17 oranında daha fazla bulunurken, kontrol grubu örnekler için ise, kızılçam ve karaçamda, sırasıyla, %3,39 ve %11,86 daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 8'de, yoğunluk miktarı için varyans analizi ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, yoğunluk üzerinde, ağaç türü, istatistiki olarak, önemli ($p \leq 0,05$) ve büyük düzeyli bir etki ($R^2=0,145$) yaparken, jeotermal kaynak türü ($R^2=0,045$) ve etkileşim ($R^2=0,016$) ise orta düzeyli önemsiz etkiler yapmıştır. İstatistiki anlamda aynı almakla beraber, jeotermal kaynakların etki düzeyi, etkileşiminkinden daha büyük olmuştur. Duncan testi sonuçlarına göre ise jeotermal kaynaklar iki farklı homojenlik grubu oluşturmuştur. Dolayısıyla, ortalama en yüksek yoğunluk E-6 kaynağında, en düşük ise N-1 kaynağında elde edilmiştir. Yoğunluk, E-6 kaynağında, Ç-1 kaynağından %1,75, N-1 kaynağından %3,51 ve kontrolden %5,26 oranında daha yüksek bulunmuştur. E-6, N-1 ve Ç-1 kaynakları arasında, %95 istatistiki güvenle, önemli bir farklılık çıkmamıştır.

Yoğunlukla ilgili olarak, bu çalışmada ortaya konulan bulgular, konuyla ilgili benzer çalışmalara rastlanılmadığı için, karşılaştırmalar yapılamamıştır.

² İptal edilmiş olup, yerine, TS EN 47, 2011 nolu standart ikame edilmiştir.

Çizelge 3. Çözelti absorpsiyonu için tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal kaynak türü	Derişim (mg/lt)	Ağaç türü	Absorbe edilen çözelti miktarı (g/cm ³)	
			Ortalama	St. Sapma
Eynal (E-6)	1930, 47	Karaçam	0,35	0,073
		Kızılcım	0,40	0,055
Çitgöl (Ç-1)	1582,85	Karaçam	0,34	0,029
		Kızılcım	0,37	0,037
Naşa (N-1)	1421,56	Karaçam	0,31	0,039
		Kızılcım	0,36	0,050

Çizelge 4. Çözelti absorpsiyonu için varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları				Duncan testi sonuçları				
	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F-Değeri	p ^b	R ^{2c}	Jeotermal kaynak	Ortalama ^d	HG ^e
Düzeltilmiş model	5	0,067 ^a	0,013	5,557	0,000	0,249	Naşa (N-1)	0,34 (0,051)	A
Sınırlı alan	1	11,442	11,442	4740,170	0,000	0,983	Çitgöl (Ç-1)	0,35 (0,037)	A
Jeotermal kaynak (A)	2	0,026	0,013	5,455	0,006	0,115	Eynal (E-6)	0,38 (0,067)	B
Ağaç türü (B)	1	0,040	0,040	16,443	0,000	0,164			
Etkileşim (AB)	2	0,001	0,001	0,217	0,806	0,005			
Hata	84	0,203	0,002						
Toplam	90	11,712							
Düzeltilmiş toplam	89	0,270							

^a R² = 0,249 (Düzeltilmiş R² = 0,204. ^b (Önem derecesi) p≤0,05 ise önemlidir. ^c (Etki düzeyi) R² = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. ^d Ayrıca içindekiler standart sapmadır. ^e Homojenlik grubudur. Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında, %95 istatistiki güven düzeyinde önemli farklılık yoktur.

Çizelge 5. Net kuru madde retensiyonu için tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal kaynak türü	Derişim (mg/lt)	Ağaç türü	Retensiyon miktarı (kg/m ³)	
			Ortalama (kg/m ³)	St. Sapma
Eynal (E-6)	1930, 47	Karaçam	0,60	0,076
		Kızılcım	0,72	0,073
Çitgöl (Ç-1)	1582,85	Karaçam	0,56	0,118
		Kızılcım	0,63	0,086
Naşa (N-1)	1421,56	Karaçam	0,48	0,042
		Kızılcım	0,51	0,068

Çizelge 6. Net kuru madde retensiyonu için varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları				Duncan testi sonuçları				
	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F-Değeri	p ^b	R ^{2c}	Jeotermal kaynak	Ortalama ^d	HG ^e
Düzeltilmiş model	5	0,537 ^a	0,107	16,564	0,000	0,496	Naşa (N-1)	0,50 (0,058)	A
Sınırlı alan	1	30,695	30,695	4734,453	0,000	0,983	Çitgöl (Ç-1)	0,60 (0,107)	B
Jeotermal kaynak (A)	2	0,394	0,197	30,386	0,000	0,420	Eynal (E-6)	0,66 (0,094)	C
Ağaç türü (B)	1	0,118	0,118	18,214	0,000	0,178			
Etkileşim (AB)	2	0,025	0,012	1,918	0,153	0,044			
Hata	84	0,545	0,006						
Toplam	90	31,777							
Düzeltilmiş toplam	89	1,082							

^a R² = 0,496 (Düzeltilmiş R² = 0,466. ^b (Önem derecesi) p≤0,05 ise önemlidir. ^c (Etki düzeyi) R² = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. ^d Ayrıca içindekiler standart sapmadır. ^e Homojenlik grubudur. Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında, %95 istatistiki güven düzeyinde önemli farklılık yoktur.

Çizelge 7. Yoğunluk miktarı için tanımlayıcı istatistikler

Jeotermal kaynak türü	Derişim (mg/lt)	Ağaç türü	Yoğunluk miktarı (g/cm ³)	
			Ortalama	St. Sapma
Kontrol	0,00	Karaçam	0,52	0,045
		Kızılcım	0,57	0,055
Eynal (E-6)	1930, 47	Karaçam	0,56	0,065
		Kızılcım	0,59	0,049
Çitgöl (Ç-1)	1582,85	Karaçam	0,55	0,036
		Kızılcım	0,58	0,049
Naşa (N-1)	1421,56	Karaçam	0,53	0,038
		Kızılcım	0,58	0,066

Çizelge 8. Yoğunluk miktarı için varyans analizi ve duncan testi sonuçları

Varyans kaynağı	Varyans analizi sonuçları						Duncan testi sonuçları		
	Serbeslik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F-Değeri	p ^b	R ^{2c}	Jeotermal kaynak	Ortalama ^d	HG ^e
Düzeltilmiş model	7	0,069 ^a	0,010	3,718	0,001	0,189	Kontrol	0,54	A
Sınırlı alan	1	37,263	37,263	14114,889	0,000	0,992	Naşa (N-1)	0,55	AB
Jeotermal kaynak (A)	3	0,014	0,005	1,749	0,161	0,045	Çitgöl (Ç-1)	0,56	AB
Ağaç türü (B)	1	0,050	0,050	18,947	0,000	0,145	Eynal (E-6)	0,57	B
Etkileşim (AB)	3	0,005	0,002	0,611	0,610	0,016			
Hata	112	0,296	0,003						
Toplam	120	37,628							
Düzeltilmiş toplam	119	0,364							

^a R² = 0,189 (Düzeltilmiş R² = 0,138. ^b (Önem derecesi) p<0,05 ise önemlidir. ^c (Etki düzeyi) R² = 0,0099 ise küçük etki, 0,0588 ise orta etki ve 0,1379 ise büyük etki. ^d Ayrıç içindekiler standart sapmadır. ^e Homojenlik grubudur. Aynı harfle temsil edilen ortalamalar arasında, %95 istatistikî güven düzeyinde önemli farklılık yoktur.

4. Sonuç ve öneriler

Kütahya-Simav yöresi Eynal (E-6), Çitgöl (Ç-1) ve Naşa (N-1) jeotermal suları, ahşap emprenye sektöründe, bireysel veya karışım olarak kullanılan 13 adet kimyasal tuz veya mineral madde içermektedir. Bunlar, toplam jeotermal kimyasalın %68,42'sini teşkil etmektedir.

Emprenye maddesi sayısı ve derişimi, jeotermal kaynağa göre değişmektedir. Bununla beraber, toplam jeotermal kimyasala göre, emprenye maddesinin derişimi ve sayısı, sırasıyla, E-6 için %64,44 ve %63,16; Ç-1 için %59,75 ve %52,63; N-1 için %52,66 ve %52,63 oranında daha fazladır. Derişim olarak, en yüksek emprenye maddesi potansiyeli E-6'da tespit edilmiştir. Bu kaynağın, ahşap emprenye işlerinde, birim hacme yüklenen madde miktarı bakımından, diğerlerine göre daha başarılı sonuçlar vermesi beklenebilir.

Kaynak derişimine bağlı olarak, absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk değerleri artmıştır. Bu artış, kızılçamda, karaçama göre, absorpsiyon için %22,5, retensiyon için %12,77 ve yoğunluk için %6,90 oranında daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca yoğunluk, kontrole göre, kızılçamda %1,72 ve karaçamda %3,70 oranında daha fazla bulunmuştur.

%95 istatistikî güvenle, absorpsiyon ve retensiyon üzerinde jeotermal kaynak türü, yoğunluk üzerinde ise ağaç türü önemli ve büyük düzeyli etkiler yapmıştır. Ortalama olarak, absorpsiyon, retensiyon ve yoğunluk değerleri, en yüksek, E-6 kaynağı ile emprenye edilmiş kızılçamda, en düşük ise N-1 kaynağı ile emprenye edilmiş karaçamda tespit edilmiştir. E-6 – kızılçam emprenyesinde, absorpsiyon %7,50–%22,50, retensiyon %12,50–%33,33 ve yoğunluk %1,69–%10,17 arasında değişen oranlarda, diğerlerine göre daha yüksek değerler vermiştir. Ayrıca E-6 – kızılçam ikilisinde, yoğunluk, kontrole göre, kızılçamda %3,39 ve karaçamda %11,86 oranında daha yüksek bulunmuştur.

Bilindiği üzere, bir emprenye maddesinin etkinliği, sadece koruyucu maddenin derişimi vb. özelliklerine değil, ahşabın birim hacmine alabileceği koruyucunun miktarına da bağlıdır. Jeotermal sular, ahşap korumada, emprenye akışkanı olarak kullanılmaya karar verilmeden önce, gerekli dayanım sürelerinin ne kadar olacağı tespit edilmeli; içerdikleri emprenye maddesi derişimleri, ahşap tarafından ne kadar alınabileceği ve uygulanacak emprenye yöntem(ler)i belirlenmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma, SDÜ-BAP 3364-YL1-12 numaralı proje ile desteklenmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı, SDÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür eder.

Kaynaklar

- Akkuş, İ., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z., 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü Yayınları, Envanter Serisi-201, Ankara.
- Anonim, 2004. Jeotermal Araştırma ve Uygulama Merkezi (JENARUM), Jeotermal enerjini tüketim alanları, <http://www.eng.deu.edu.tr/jenarum/turkish/gnblbg.htm>, Erişim: 15.05.2014
- Bayram, F., 1999. Simav Jeotermal Alanının Hidrojeoloji İncelemesi. Doktora Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzeme Teknolojisi II. Cilt, Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği. İÜ Orman Fakültesi Yayınları No:1745/183, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y., Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İÜ Orman Fakültesi Yayınları No: 3779/425, İstanbul
- Carella, R., Sommaruga, C., 2000. Spa and Industrial Uses of Geothermal Energy in Italia, Proceedings World Geothermal Congress 2000, May 28-June 10, Kyushu, Tohoku, Japan, pp.3391-3393.
- Çağlar, K.Ö., 1948. Turkey's Mineral Waters and Hot Springs (in Turkish). MTA, Ankara.
- Erişen, B., Akkuş, İ., Uygur, N., Koçak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA, Ankara.
- Gemici, U., Tarcan, G., 2002. Hydrogeochemistry of Simav geothermal field, Western Anatolia, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 116: 215-233.
- Genç, A., 2013. Afyonkarahisar Ömer-Gecek Jeotermal Kaynaklarında Emprenye Maddelerinin ve Bu Kaynaklarla İşlem Görmüş Ahşabın Bazı Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Karademir, E., 2012 Jeotermal akışkanlarla emprenye edilen ahşabın performansı: Uşak Yöresi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Köse, R., Tuğcu, A., Yamık, A., 2004, Kütahya'da jeotermal enerji kullanımının irdelenmesi. II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi Bildirisi Kitabı, Kütahya, s: 278-283.
- Mutlu, H., Güleç, N., 1998. Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia (Turkey). Journal of Volcanology and Geothermal Research 85: 495–515.
- Öktü, G., 1984. Hydrological Investigation of Eynal and Çitgöl-Naşa (Simav) Hot Springs [in Turkish]. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Özalp, M., Ordu, M., 2010. Kereste Kurutmada Kullanılan Enerji Kaynağının Maliyete Etkileri, Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22: 99-108.
- Özkaya, M.G., Variyenli, H.İ., Yonar, G., 2008. Jeotermal Enerji İle Isıtılan Kütahya İli Simav İlçesindeki Isıtma Sisteminin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Uygulanması Gereken Yenilikler. CÜ Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 29/2: 1-18.
- Pizzi, A., 1983. Practical Consequences of the Clarification of the Chemical Mechanism of CCA Fixation to Wood. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 3220, Stockholm, Sweden.
- Richardson, B.A., 1978. Wood Preservation. First edition, The Construction Press, Longman inc., New York.
- Temiz, A., Yıldız, Ü.C., Gezer, E.D., Yıldız, S., Dizman, E., 2004. Bakır içeren emprenye maddelerinin odunla olan etkileşimi. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 3-4: 204-211.
- 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 788, 1969. Ahşap Emprenye Maddeleri. TSE, Ankara.
- TS 4176, 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Tayini İçin Homojen Meşcerelerden Numune Ağacı ve Laboratuvar Numunesi Alınması. 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 2472, 1976. Odunda, Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini. TSE, Ankara.
- TS 5564, 1988. Ahşap koruma-Emprenye maddelerinin ev teke böceği (*Hylotrupes bajulus* L.) larvalarına karşı zehirlilik değerinin tayini., TSE, Ankara.
- TS EN 47, 2011. Ahşap koruyucular - Ev teke böceği (*Hylotrupes bajulus* L.) larvalarına karşı zehirlilik değerlerinin tayini (laboratuvar metodu). TSE, Ankara.
- TS 5563 EN 113, 1996. Ahşap koruyucular-Agar ortamında odunu tahrip eden basidiomisetlere karşı zehirlilik değerlerinin tayini. TSE, Ankara.
- Var, A.A., 2009. Jeotermal akışkanlarda potansiyel emprenye maddelerinin miktarı ve bunların ahşap emprenye işlemine uygunluğu. SDU Orman Fakültesi Dergisi, A/1: 184-197
- Var, A.A.; Göncü, D.; Karsantöz, F., 2013. İzmir-Doğanbey jeotermal suları ile emprenye edilmiş kızılçam (*pinus brutia* Ten.) odununda absorpsiyon, retensiyon ve genişlemenin incelenmesi. SDU Orman Fakültesi Dergisi, 14: 127-133.