

TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ İLE KERESTE KURUTMA

Arş. Gör. Orhan Erden¹

Tarama Makalesi

Özet

Kerestelerin teknik olarak kurutulması sırasında büyük oranda ısı enerjisine ihtiyaç vardır. Günümüzde birçok alanda yaygınlaşan enerji tasarrufuna yönelik araştırmalar kereste kurutmada da büyük önem kazanmaya başlamıştır. Bu çalışmada Türkiye'deki jeotermal enerji potansiyeli araştırılmıştır. Daha sonra ise Türkiye jeotermal enerji kaynaklarına uygun olarak kurutulabilecek kereste türleri ve jeotermal alanlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kereste kurutma, jeotermal enerji, jeotermal kaynaklar, jeotermal endüstriyel uygulamalar

TIMBER DRYING WITH GEOTHERMAL ENERGY IN TURKEY

Abstract

A large amount of energy is used for heating process in kiln drying. Investigations related to energy savings have been gained importance nowadays in timber drying processes. In this study, potential source of geothermal energy of Turkey was investigated. As a conclusion, it is determined that geothermal energy source of Turkey is convenient for timber drying.

Key words: Timber drying, geothermal energy, geothermal source, geothermal industrial application.

1. Giriş

Ağaç malzeme; kolay işlenebilirliği, özgül ağırlığına göre gösterdiği yüksek direnç, ısı ve elektriği yalıtma kabiliyeti, sıcak görünümü nedeniyle endüstriyel bir gereç olarak yüzyıllardır kullanılmış ve günümüzde değerinden hiçbir şey kaybetmeden

¹ Arş. Gör. Orhan Erden - Gazı Üniversitesi Endüstriyel Sınırlar Eğitim Fakültesi

kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin değerini artırmak için endüstride iki tür çalışma yapılmaktadır:

1. Mümkün olduğu kadar ucuz ağaç malzeme üretmek,
2. Ağaç malzemenin kalitesini daha da geliştirmek ve tüketiciye bu şekilde sunmak(Yıldırım,1982 :15).

Ağaç malzemeye nitelik kazandıran çalışmaların başında, uygun şartlarda kurutma önemli bir adımdır. Kurutma; maksada uygun olmayan fazla suyun ağaç malzemenin uzaklaştırılmasıdır (Örs, 1980:23). Yapılan teknik hesaplara göre 1 m³ ibreli ağaçlardan elde edilen kerestenin ortalama 600 kWh'lik enerji ile kurutulabileceği saptanmıştır. Cech ve Pfaf ile Chen'in yaptıkları araştırmalara göre 1 m³'lük yellow-poplar kerestesinin yaklaşık 1000 kWh'lik enerji ile kurutulabileceğini belirtmişlerdir(Örs, 1994:4). Enerji giderlerinin azaltılması için kerestenin ilk önce %20-%30 rutubete kadar doğal olarak kurutulması, daha sonra da istenilen rutubet derecesine kadar teknik olarak kurutulması önerilmektedir (Berkel, 1970). Klasik teknik kurutmada fırınların ısıtılmasında %10-%25 elektrik enerjisi ve %75-%90 termik enerji kullanılmaktadır (Kantay, 1985:16).

Bu çalışmada, Türkiye'de bulunan jeotermal enerji kaynakları ile kereste türleri karşılaştırılmış ve jeotermal kaynakların sıcaklık ve ısı verim değerlerine göre uygun kereste türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. JEOTERMAL ENERJİ TEKNOLOJİSİ

2.1. Tanımı ve Sınıflandırılması

Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yerüstü ve yeraltı sularına göre daha fazla ergimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharın sahip olduğu doğal enerjiye denir. Ayrıca hiçbir akışkan içermemesine rağmen bazı termik yöntemlerle ısısından yararlanan, yeraltındaki "Sıcak Kuru Kayalar" da jeotermal enerji kaynağı olarak adlandırılabilir (DPT, 1996).

Jeotermal sahalar rezervuar sıcaklıklarına göre başlıca 3 grupta toplanabilir;

- 1.Yüksek entalpili sahalar; 150°C'den daha yüksek sıcaklığa sahip sahalar
- 2.Orta entalpili sahalar; 70-150°C arası sıcaklığa sahip sahalar
- 3.Düşük entalpili sahalar; 20-70°C arası sıcaklığa sahip sahalar (Mertoğlu, 1994).

2.2. Oluşumu

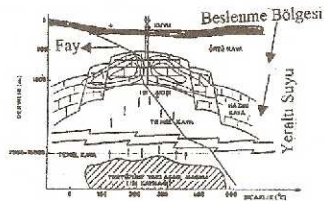
Yer kabuğunun derinliklerinde geçirgen ve gözeneklilik özelliği kazanmış ve içerisinde çeşitli etkenlerle ısınmış (sıcak su, su-buhar, kuru buhar) jeotermal akışkan içeren oluşumlara rezervuar (hazne kaya, akifer) denir. Yer altında oluşan bu doğal ısı enerjisini rezervuardan yeryüzüne jeotermal akışkan taşır (Özbek, 1996). Jeotermal akışkanın oluşması için gereken koşullar aşağıda açıklanmıştır.

1.İsı kaynağı; Çeşitli jeolojik olaylar sonucunda yeryüzüne doğru yaklaşan magma üzerindeki kaya katmanlarını ısıtarak bir ısı kaynağının oluşmasını sağlar.

2.Hazne kaya (Rezervuar); İçinde meteorik ve jeotermal akışkanların toplandığı gözenekli ve geçirgen özellikte bir katmandır. Arzın üzerine düşen meteorik sular ile göl, nehir, deniz, v.b. kaynaklardan yer altına süzülen sular burada birikerek yeraltı suyu rezervuarlarını oluştururlar.

3.Örtü kaya; Hazne kayanın üzerinde geçirgenliği az olan bir katmandır. Bu katman hazne kayada biriken ve ısınan akışkanın yeryüzüne taşınmasını ve ısı akısının kaybolmasını önler ve basınç altında kalmasını sağlar(Barbier, 1997).

Jeotermal akışkanın oluşumu, meteorik suların yer kabuğunun altına süzülerek jeotermal gradient ve diğer ısıtıcılarla (Magma vb.) ısınmasına bağlıdır. Rezervuarda toplanan suyun ısıtıcı magma tarafından yalnız ısı iletimi yoluyla ısıtılması yeterli olmayabilir (Yeşin,1980). Magmadan gelen yüksek entalpili su buharı rezervuardaki akışkanın ısıtılacağı ifade edilmektedir (Şamilgil,1992). Şekil 2.1.'de Jeotermal enerjinin oluşum modeli görülmektedir.



Şekil 2.1. Jeotermal enerjinin oluşumu (Özbek, 1996)

Jeotermal akışkanı oluşturan suların çoğunluğunun meteorik kökenlidir. Dünyadaki hidrolik çevrim nedeniyle rezervuar sürekli olarak beslenmekte ve kaynak yenilenebilmek-

tedir. Bu yüzden rezervuarın beslenmesinden daha fazla miktarda üretim yapılmadıkça rezervuarda azalma olmamaktadır (Özbek, 1996). Ancak rezervuar parametrelerini (sıcaklık, basınç, debi v.b.) korumak ve çevre kirliliğini önlemek için reenjeksiyon yapmak gerekir. Reenjeksiyon jeotermal akışkanın ısısını eşanjör (ısı aktarıcı) vasıtasıyla şebeke suyuna aktardıktan sonra uygun bir sıcaklıkta tekrar yeraltına rezervuara geri gönderilmesidir. Bunun için kullanılan kuyulara da reenjeksiyon kuyusu denir (Şimşek,1994).

2.3. Kullanım Alanları

Jeotermal enerjinin elektrik üretiminden, ısıtmacılığa, endüstriyel uygulamalardan, kimyasal madde üretimine kadar birçok uygulama alanı mevcuttur. Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre jeotermal enerjinin kullanım alanları Tablo 2.1.'de görülebilir.

Tablo 2.1. Jeotermal Akışkanın Sıcaklığına Göre kullanım alanları(DPT, 1996)

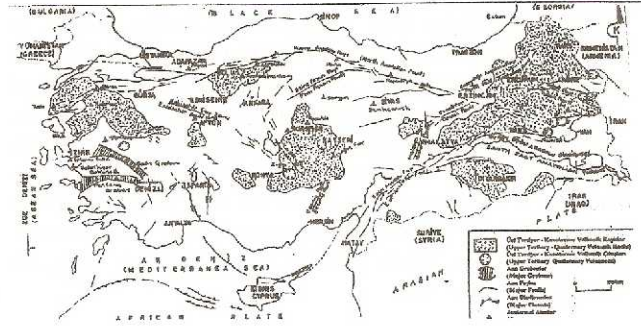
| Sıcaklık C ⁰ | Kullanım alanı |
|-------------------------|---|
| 180 | Elektrik üretimi, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma |
| 170 | Ağır su (D ₂ O) ve hidrojen sülfür eldesi, Diyatomitlerin kurutulması. |
| 160 | Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması |
| 150 | Bayer's yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi |
| 140 | Konservecilikte |
| 130 | Şeker endüstrisi, tuz eldesi |
| 120 | Saf su eldesi, tuzluluk oranının artırılması |
| 110 | Kerestecilik, çimento kurutma (yosun, et, sebze) |
| 90 | Balık kurutma |
| 80 | Ev ve sera ısıtılması |
| 70 | Soğutma (alt sıcaklık sınırı) |
| 60 | Sera, kümes ve ahır ısıtma, |
| 50 | Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar. |
| 40 | Toprak ısıtma, kent ısıtılması (alt sınır) |
| 35-40 | Fermantasyon, damıtım ve Kaplıcalar (sağlık ve termal turizm tesisleri) |
| 20 | Balık çiftlikleri |

3. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI

3.1. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye'de 1000'in üzerinde termal kaynak ve kuyubaşı sıcaklığı 40°C'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren değerlendirilebilecek 140 adet jeotermal saha vardır. Önemli bazı sahalar Şekil 3.1.'de görülmektedir. Bu sahalardan 4 adedi elektrik üretimine uygun yüksek sıcaklık derecelerine sahiptir (Tablo 3.4.), (Mertoğlu, Mertoğlu, 1994).

Türkiye Alp-Himalaya jeolojik kuşağında yer almaktadır. Yüksek sıcaklığa sahip sahalar genelde tektonik etkinlikler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye'nin batı kesiminde yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar ise volkanizmanın ve fay oluşumları etkisi ile Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca da kuzeyde yer almaktadır (DPT, 1996).



Şekil 3.1. Türkiye'nin Önemli Jeotermal Sahaları (DPT, 1996)

Tablo 3.1.'de görülen yüksek sıcaklığa sahip jeotermal sahalar elektrik üretimine ve birçok endüstriyel uygulamanın yer aldığı entegre kullanım için uygun görülmektedir. Diğer sahalar ise ısıtmaya ve termalizme uygun olarak kabul edilmektedir (Özbek, 1996).

Tablo 3.1. Türkiye'de Yüksek Sıcaklığa Sahip Jeotermal Sahalar

| Sıra No | Jeotermal Sahanın Adı | Sıcaklık (C°) |
|---------|-----------------------|---------------|
| 1 | Aydın – Germencik | 200-232 |
| 2 | Denizli – Kızıldere | 200-212 |
| 3 | Çanakkale – Tuzla | 173 |
| 4 | Aydın – Salavatu | 171 |

Türkiye'deki jeotermal akışkanın %95'ini kimyasal olarak kabuklaşma özelliğine sahiptir. 2-3 saha ise yüksek dozda korozyif jeotermal akışkan içermektedir. Jeotermal akışkanın üretimi, taşınması ve seperasyonu sırasında CO₂ ve H₂S gazlarından dolayı gaz korozyonu görülmüştür (Özbek, 1995).

3.2. Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye'de jeotermal enerjiden elektrik üretimine 1978 yılında Denizli-Kızıldere sahasının geliştirilmesi ile başlanmıştır ve 1974 yılında 0,5MW'lık pilot santral devreye girmiştir. Daha sonra 1984 yılında TEK tarafından 20,4 MW kapasiteli bir santral kurulmuştur. Bu santral yaklaşık 17Mwe kapasite ile elektrik üretmektedir. Ayrıca Denizli-Kızıldere jeotermal sahasına entegre olarak çalışan karbogaz şirketi Elektrik üretiminde kullanılan akışkandan elde edilen CO₂'den yılda 40.000 ton sıvı CO₂ ve kurubuz üretmektedir. Aydın-Germencik'te 50-100 MW arasında değişecek santralin kurulmasına yönelik girişimler sürdürülmektedir. 2000 yılında elektrik üretimi 125Mwe'ye çıkacağı tahmin edilmektedir. 2010 yılında ise bu rakamın 258Mwe'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir (Mertoğlu, 1994), (Şimşek, 1994).

3.2. Türkiye'de Jeotermal Isıtma Uygulamaları

Türkiye jeotermal enerji (ısı uygulamaları yönüyle) potansiyeli olarak dünyada ilk 7 ülke arasında yer almaktadır. Türkiye'de Jeotermal Enerji üretiminin %87'si ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Şu anda 35.000 konut eşleşeri ısıtma yapılmakta ve 130.000 konut ısıtması projelendirilmiş bulunmaktadır. Termalizm otel ve sera ısıtmasındaki toplam kurulu güç 185MW'tir. (Şimşek, 1994), (Orne, 1996).

Türkiye'deki 140 jeotermal sahanın toplam ısı potansiyeli ise 31500 MW'dır (Orme, 1994). Bu rakamla ülkemizde kullanılan jeotermal enerji miktarını karşılaştıracak olursak ülkemiz ancak jeotermal kaynaklarının %10'unu kullanabildiği görülmektedir.

4. TEKNİK OLARAK KERESTELERİN KURUTULMASI

4.1. Kereste Kurutmanın Amacı ve Önemi

Higroskopik bir yapıya sahip olan ağaç malzemenin özellikleri, içindeki rutubet miktarına göre değişir. Ağaç malzemenin çevre sıcaklığı ve nemine göre rutubetinin değişmesine denge rutubeti denir. Ağaç malzeme kullanıldığı yerdeki havanın sıcaklık ve rutubeti ile denge sağlayacak şekilde kurutulması gerekir. Kullanım yerlerine göre ağaç malzemenin istediği denge rutubet oranları Tablo 4.1'de verilmiştir. Kullanılacağı yere göre çizelgede verilen rutubet değerleri sağlanmazsa ağaç malzeme boyutlarında genişleme, daralma meydana gelir ki, buna ağacın çarpması denir. Ağaç malzemenin çarpması sonucunda çatılma, çarpılma, eğilme, çekme vb. kusurlar oluşmaktadır. Ağaç malzemenin kurutulması aşağıda belirtilen teknik özelliklerini etkilemektedir (Kurtoglu, 1984).

1. Kurutulmuş ağaçların çivi ve vida tutma kapasiteleri yüksektir.
2. Rutubet miktarı düşük ağaç malzemenin boyanma, verniklenme ve cilalanma yeteneği artmaktadır.
3. Ağaç malzemenin emprenye edilebilmesi için rutubetinin %25'e kadar düşürülmesi gereklidir.
4. Bükme işlemi yapmak için rutubetin %25'in altına düşmemesi ve işlem bittikten sonra rutubetin %5-%8'e düşünceye kadar kurutulması gereklidir.
5. Ağaç malzemenin biçme, planyalama, delme ve zımparalama gibi işlemlerden önce kurutulması yüzey kalitesini yükseltmekte, talaş kaybını azaltmaktadır.

Tablo 4.1. Kullanım Yerlerine Göre Ağaç Malzemede Bulunması Gereklili Rutubet Miktarları

| Sıra No | Kullanım Yeri | Rutubet Miktarı (%) |
|---------|---|-----------------------|
| 1 | Emprenye edilecek telefon, telgraf, elektrik direkleri | 25 |
| 2 | Karkas yapılarında ve açıkta kullanılacak ağaç malz. | 16 -22 |
| 3 | Fıçı Tahtaları | 17 -20 |
| 4 | Taşıt araçları, uçaklar, gemi güverteleri | 15 -16 |
| 5 | Spor aletleri, açıkta kullanılan aletler, bahçe mobilya | 12 -16 |
| 6 | Dış pencere ve kapılar | 12 -15 |
| 7 | Soba ile ısıtılan yerler için mobilya | 10 - 12 |
| 8 | Kaloriferle devamlı ısıtılan yerler için mobilya | 6 -10 |
| 9 | Parke | 6 - 8 |
| 10 | Radio Televizyon yapımı | 6 - 8 |
| 11 | Kaplama, Kontroplak | 6 - 8 |
| 12 | Yonga Levha | 7 - 8 |
| 13 | Lif Levha | 5 - 7 |

Ağaç malzemenin ısı enerjisiyle kurutulmasında, doğal ve teknik kurutma metodları kullanılmaktadır. Isı enerjisi ile kurutmada ilk önce ağaç malzemede bulunan su ısıtılarak buhar haline getirilmekte ve odun dokularındaki bu su buharı uygun metodlarla ağaç malzemeden dışarı atılmaktadır. Teknik kurutma kısa zamanda istenilen rutubet derecesini sağlamanın yanı sıra yakıt ve işletme masrafları yüksektir (Kantay, 1979). Ancak bu masraflar doğal kurutmanın dezavantajları göz önüne alındığında teknik kurutma daha caziptir.

4.2. Kereste Kurutma Fırınlarının Yapısı ve Kullanılan Enerjiler

Kurutma fırınlarında kurutma olayını 1. derecede etkileyen faktörler olan havanın sıcaklığı, bağıl nem, hızı ve yönü istenilen şekilde ayarlanabilmektedir. Bu şartlar hazırlanarak ağaç

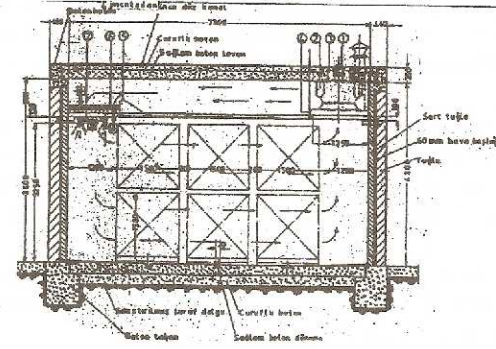
malzemenin özelliklerine göre kurutma kalitesi, kullanma yeri göz önünde bulundurularak koruyucu ve hızlı bir kurutma yapılabilen, böylece ağaç malzemede çatlama, çarpılma ve kabuklaşma gibi kurutma kusurları olmadan kuruma gerçekleştirilmektedir (Burdurlu, 1995).

Kurutma fırınlarında kurutma sıcaklığı, klasik fırınlarda 90°C'ya, yüksek sıcaklıklı kurutma fırınlarında 130°C'ye kadar ulaşmaktadır. Fırında hava rutubeti ise %100 ile %20 arasında değişmektedir. Ayrıca kurutma sırasında ağaç malzemeden korozitif maddeler açığa çıkmaktadır. Kurutma fırınları bu etkilere karşı korunacak şekilde olarak yapılmalıdır.

Klasik kereste kurutma fırınları metal veya kağıt olarak yapılabilirler. Yalnız korozyon ve ısıya dayanıklı olarak inşaa edilmeleri gerekir (Şekil 4.1). Bir klasik kereste kurutma fırınında aşağıdaki elemanlar bulunur:

1. Havalandırma Bacaları ve Kapı Sistemi,
2. Isıtma Donanımı,
3. Fırın Nemini Azaltma ve Çoğaltma Donanımı,
4. Havalandırma Donanımı,
5. Otomatik Kontrol ve Ayar Donanımı.

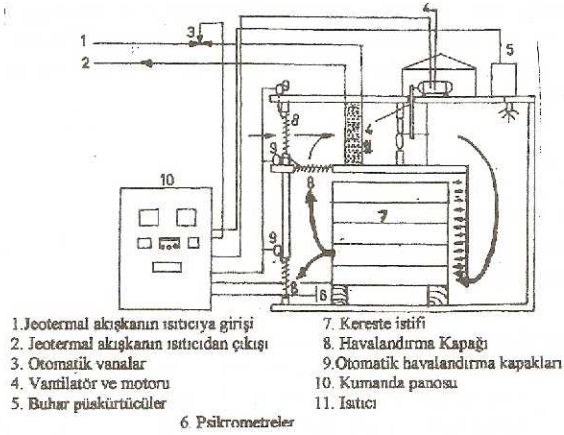
Klasik kereste kurutma fırınlarının ısıtılmasında %10-%25 elektrik enerjisi ve %90-%75 termik enerji kullanılmaktadır. Termik enerji katı, sıvı, gaz yakıtlardan veya elektrik enerjisinden elde edilir. Yakıtlardan elde edilen ısı, su veya yağa aktarılmakta bu da fırın içerisindeki radyatörlerde dolayarak kerestenin kurutulmasını sağlamaktadır. Jeotermal enerji ile klasik kereste kurutma fırınlarında bütün donanımın diğer enerji kullanan fırınlarla aynıdır sadece ısıtma donanımının jeotermal enerjiye göre yapılması gerekir.



Şekil 8.3. " HD 78 " Marka Kereste Kurutma Fırını

Jeotermal akışkan korozyon ve kabuklaşma problemi oluşturuyorsa fırın ısıtıcısından önce bir (ısı transferi yapılması) ısı eşanjörün kullanılması gerekir. Isı eşanjörlerinde jeotermal akışkan sıcaklığını problem oluşturmayan ısıtma çevrim suyuna aktarır ve bu su fırın ısıtıcısına gönderilir.

Jeotermal enerji, çeşitli yakıtları yakarak elde edilen sıcak su veya buharı kullanan bütün klasik ısıtma sistemlerinin yerine, jeotermal enerjiye has bazı elemanların eklenmesiyle uygulanabilir (Mertoğlu, Başarır, 1994). Kereste kurutma fırınlarının gereksinim duyduğu ısı enerjisi, jeotermal akışkandan elde edilen sıcak suyun fırın ısıtıcıları içerisinde dolayarak kolaylıkla sağlanabilir. Hazır olarak üretilen fabrikasyon tipi kereste kurutma fırınları sıcak suyla çalışan ısıtıcılarla donatılmışsa direk olarak jeotermal enerjiyi kullanılabilir. Buhar veya sıcak yağ ile çalışan ısıtıcıların sıcak akışkan ile çalışma hali değiştirilmesi gerekir (Şekil 7.3).



Şekil 7.3. Jeotermal Enerji ile Kereste Kurutabilecek Fırında Havanın Dolanımı

5. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ İLE KERESTE KURUTMA

5.1. Kereste Kurutma Fırınları için Uygun Jeotermal Sahanın Belirlenmesi

Jeotermal enerji ile kereste kurutma tesisi planlanırken aşağıdaki kriterler dikkate alınarak jeotermal sahanın belirlenmesi gerekir;

1. Rezervuarın potansiyeli ve üretim değeri; (l/s, ton/sa),
2. Jeotermal akışkanın sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$) ve fizikokimyasal özellikleri,
3. Üretim kuyularının kullanım yerine uzaklığı (m),
4. Toplam gerekli ısı ihtiyacı (Kcal)'dir.

Kereste kurutma fırını kapasitesi, yapısı ve kurutacağı kereste cinsine göre hazırlanmış programdan yararlanarak gerekli ısı ihtiyacı Kcal cinsinden hesaplanabilir. Bunun için Erden(1997)'nin hazırlanmış olduğu eşitliklerden yararlanılabilir(Erden,1997:130). Daha sonra jeotermal sahanın bu ısı ihtiyacını karşılayıp karşılayamayacağını araştırılması gerekir.

Jeotermal akışkandan alınabilecek ısı değeri sahanın özelliklerine göre birçok değişkene bağlıdır. Alınan ısı iklim koşullarına, depremlere, yıllık yağış miktarına göre değişebilir. Ancak aşağıdaki eşitlik yardımıyla ortalama olarak bir değer hesaplanması mümkündür (Orme, 1996);

$$Q_h = G_w(t_i - t_o) \times 0.1319 \quad (5.1.)$$

Burada;

Q_h : Jeotermal kaynağın verdiği ısı miktarı (Joule/s)

G_w : Jeotermal kaynağın yıllık ortalama debisi (l/s)

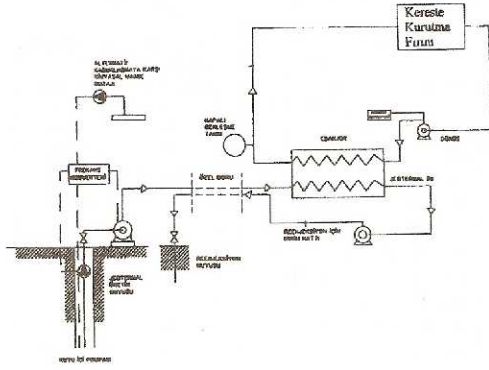
t_i : Jeotermal akışkanın sisteme giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

t_o : Jeotermal akışkanın sistemden çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

5.2. Türkiye'de Jeotermal Enerji ile Kereste Kurutma Yapılabilecek Yerlerin Belirlenmesi

Jeotermal merkezi ısıtma sistemi bulunan veya diğer ısıtma ve endüstriyel uygulamaların yapıldığı bölgelerde klasik kereste kurutma fırını kolaylıkla bağlanabilir. Klasik kereste kurutma sisteminin jeotermal enerji ile çalıştırılması Şekil 5.1.'de görülmektedir.

Türkiye'de jeotermal enerji ile kereste kurutma yapılabilecek yerlerin belirlenmesini bir örnek üzerinde açıklayacak olursak; Kızıl Çam kerestesini kurutmak için LDR'den sonra uygulanması gerekli sıcaklık derecesi Tablo.4.1'den 80°C olarak bulunduktan sonra jeotermal akışkanın sıcaklığının fırın havasından $10-20^{\circ}\text{C}$ fazla olması gerektiğine göre en az 90°C 'lık bir jeotermal saha gerekmektedir. Bu sıcaklık derecesine uygun jeotermal saha Tablo 4.2' den İzmir-Dikili olarak belirlenebilir. Yine İzmir-Dikili'yi örnek olarak alarak jeotermal akışkanın sıcaklığı 93°C , debisi 200 l/s 'den fazla olduğuna göre, Jeotermal akışkanın giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark 20°C (Lund, Ranger,1995) olacaktır. Kızıl Çam'ın 20 m^3 'lük bir metal kereste kurutma fırınında kurutulacağı kabul edilirse bu verilere göre hesaplamalar yapıldığında bu kaynağın istenilen ısı miktarını karşıladığı görülecektir. Bu kriterler incelenerek jeotermal kaynakla ilgili bir fizibilite raporu hazırlanır. Fizibilite raporundan sonra uygulamanın ekonomik olduğuna karar verilirse jeotermal projeler hazırlanır. Daha sonra yatırım gerçekleştirilerek işletme ve birim maliyetlere göre sistem çalıştırılır(Mertoğlu, Mertoğlu, 1994). Yukarıdaki kriterlerden hareket ederek Türkiye'de Jeotermal enerji ile kereste kurutulabilecek 48 adet saha belirlenmiş ve bu sahalarda kurutulabilecek en uygun kereste cinsleri, sıcaklık ve özgül ağırlık grubuna göre Tablo5.2., Tablo5.3., Tablo5.4.'de verilmiştir (sıcaklık ve özgül ağırlık grubu Tablo5.1'de görülebilir).



Şekil 5.1. Klasik Kereste Kurutma Sisteminin Jotermal Enerji ile Çalıştırılması

Tablo 5.1. Bazı Ağaçların Kurutma Programı Değerleri (Burdurlu, 1995:45)

| Ticari Adı | Latince Adı | Yeni kurma hızı (gr/cm ³) | Ağaç türü grubu | Sıcaklık ve nem oranı grubu | Lif yoğunluğu ve nem oranı (°C) | Lif yoğunluğu ve nem oranı (°C) |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Limbba - afara | Terminalia superba | 0.52 | 1 | 6 / 7 | 60 - 70 | 80 |
| Tola - (agba) | Azadirachta indica | 0.7 | 4 | 6 | 80 | 80 |
| Adi kızlağaç | Alnus glutinosa | 0.48 | 3 | 6 | 60 | 80 |
| Apiong | Dipetro carpus Lasiodorus | 0.72 | 5 / 6 | 4 | 50 | 70 |
| Adi Dıpuđak | Fitzingeria excelsior | 0.62 | 4 / 5 | 6 | 60 | 80 |
| Tirek Kavak | Populus tremula | 0.45 | 1 / 4 | 7 | 70 | 80 |
| Avodire | Tournefortia africana | 0.51 | 3 | 6 | 60 | 80 |
| Azobek | Laphira alata | 1.03 | 7 | 3 | 40 | 60 |
| Baldaa | Dracopis melu m dao | 0.64 | 5 | 5 | 50 | 80 |
| Bakra (Tapa) | Ochroma Lagopus | 0.12 | 1 / 2 | 8 | 70 | 90 |
| Bau kayın | Fagus sylvatica | 0.64 | 4 / 5 | 6 | 60 | 80 |
| Tilye huş | Betula pubescens | 0.58 | 4 | 6 / 7 | 60 - 70 | 80 |
| Avrupa huş | Betula verrucosa | | | | | |
| Sarı (Amerikan) huş | Betula lutea | 0.66 | 4 | 7 | 70 | 80 |
| Tropik (Siyah odunlu) | | | | | | |
| Akasya | Acacia melanoxylon | 1.2 | 7 | 1 | 30 | 50 |
| Bombar | Bombax breviscapa | 0.4 | 1 / 4 | 6 | 80 | 80 |
| Adi Şimşir | Buzus sempervirens | 0.95 | 7 | 3 | 40 | 60 |
| Bubinga | Calboeris tessmannii | 0.76 | 7 | 3 | 40 | 60 |
| Kaivo | Friocia compaiara | 0.55 | 4 | 4 | 50 | 10 |
| Himalaya sodırı | Cedrus deodara | 0.46 | 4 | 5 | 50 | 80 |
| Met-gika Maumu | Cedrela Mexicana | 0.44 | 3 | 7 | 70 | 80 |
| Kuşan kalem Aodeç | Juriparus virginiana | 0.46 | 3 | 6 | 60 | 80 |
| Boyle Maui | Thuja plicata | 0.34 | 2 / 3 | 8 | 70 | 90 |
| Erik | Prunus avium | 0.53 | 5 | 5 | 50 | 80 |
| Al benanesi | Azadirachta indica | 0.53 | 5 | 5 | 50 | 80 |
| Andolu Kemanezi | Cassia saviya | 0.56 | 5 | 5 | 50 | 80 |
| Arokye (Şahi çamı) | Arucaria arucana | 0.50 | 3 | 6 | 60 | 80 |
| Batakkik servisi | Taxodium distichum | 0.43 | 2 / 3 | 8 | 70 | 90 |
| Ak meşe | Quercus alba | 0.71 | 6 | 2 / 3 | 30 - 40 | 60 - 70 |
| Sarı meşe | Quercus robur | 0.63 | 5 / 6 | 2 / 3 | 30 - 40 | 60 - 70 |

5.2. Türkiye'de Jeotermal Sahaların Sıcaklıkları

| Sıra no | Şehir Adı | Jeotermal Sahanın Adı | Jeotermal Sıcaklığı(C ^o) | Kuyunun* Debisi(L/s) | Kurutma Yapılabilecek Kereste Türleri-nin Sıcaklık ve Özgül Kütle Grubu |
|---------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|---|
| 1 | Aydın | Ömer - Gerek | 98 | 300 | 8 |
| 2 | | Arapçeresi | 75 | 10 | 4 |
| 3 | | Gazlı göl | 67 | 12 | 2 |
| 4 | | Hudai | 67 | 50 | 2 |
| 5 | Ağrı | Dişadin,Koçanı | 71 | 20 | 3 |
| | | Çermik, Yılanlı | 71 | 30 | 3 |
| 6 | Ankara | Kızılcahamam | 86 | 60 | 6 |
| 7 | Aydın | Çamköy,Bozköy | 90 | 2 | 2 |
| 8 | | İlıcabası | 88 | 12 | 6 |
| 9 | | Davutlar | 65 | 10 | 2 |
| 10 | Balıkesir | Gönen | 82 | 75 | 5 |
| 11 | | Hisaralan | 100 | 25 | 8 |
| 12 | | Hisarköy | 90 | 15 | 7 |
| 13 | | Pamukçu | 60 | 40 | 1 |
| 14 | | Kepçeler | 60 | 15 | 1 |
| 15 | | Havran, Derman | 60 | 30 | 1 |
| 16 | Bitlis | Nenazut | 66 | 1 | 2 |
| 17 | Bolu | Sarıot | 63 | 1,2 | 1 |
| 18 | | Kesenözü, Sebön | 73 | 4 | 3 |
| 19 | Dünya | Karınustafa, | 83 | 15 | 5 |
| | | Kaynarca | 83 | 15 | 5 |
| 20 | | Armutlu | 75 | 11 | 4 |
| 21 | | Kaya-Sada (Orhaneli) | 68 | 1 | 2 |
| 22 | Çanakkale | Keşanbul | 75 | 25 | 4 |
| 23 | | Hıdırlar | 81 | 1 | 5 |
| 24 | | Kuruluş, Yenicezi | 69 | 0,8 | 2 |
| 25 | | Ozancık | 65 | 10 | 2 |
| 26 | Denizli | Tekkellamamı | 100 | 30 | 8 |
| | | Kabaşagaç, Uyuş | 100 | 30 | 8 |
| 27 | | İmalı, Demirtaş | 100 | 30 | 8 |
| 28 | İstanbul | Yalova | 66 | 19 | 2 |
| 29 | İzmir | Balçova | 124 | 60 | 8 |
| 30 | | Sefarhisar,Çamaş, | 153 | 175 | 8 |
| | | Karşıkoç | 153 | 175 | 8 |
| 31 | | Doğanbey-Burma | 64 | 1 | 1 |
| 32 | | Dikili Kaynarca | 98 | 200 | 8 |
| 33 | | Badenli | 70 | 1 | 2 |
| 34 | Kırşehir | Mağmutlu | 70 | 28 | 3 |
| 35 | Kütahya | Eynal – Simav | 147 | 150 | 8 |
| 36 | | Çiftöl | 97 | 24 | 8 |
| 37 | | Abide, Gediz | 78 | 80 | 4 |

*Jeotermal sahaların sıcaklıkları DPT(1996:45)'den alınmıştır.

Tablo 5.3. Türkiye'de Jeotermal Sahaların Sıcaklıkları

| Sıra no | Şehir Adı | Jeotermal Sahanın Adı | Jeotermal Sıcaklığı(C ^o) | Kuyunun* Debisi(L/s) | Kurutma Yapılabilecek Kereste Türleri-nin Sıcaklık ve Özgül Kütle Grubu |
|---------|-----------|-----------------------|--------------------------------------|----------------------|---|
| 38 | Manisa | Kurşunlu, Salihli | 98 | 140 | 8 |
| 39 | | Urganlı | 83 | 13 | 5 |
| 40 | Nevşehir | Kozaklı | 91 | 90 | 7 |
| 41 | Niğde | Narköy | 63 | 100 | 1 |
| 42 | Mardin | Germiyan | 61 | 1 | 1 |
| 43 | Sakarya | Kuzuluk | 84 | 42 | 5 |
| 44 | Silivri | Hıstacemöğü | 67 | 7 | 2 |
| 45 | Uşak | Bataz | 61 | 5 | 1 |
| 46 | Van | Hasanabdul Zilim | 90 | 35 | 2 |
| 47 | Yozgat | Köhnö (Sorgun) | 78 | 10 | 6 |
| 48 | | Karamağara | 68 | 10 | 2 |

*Jeotermal sahaların sıcaklıkları DPT(1996:45)'den alınmıştır.

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

• 1m³ çam kerestesini kurutabilmek için ortalama olarak 600 Kwh'lik bir ısı enerjisi ihtiyacı duyulmaktadır. Birçok kereste kurutma firmında bu ısı enerjisi elektrik, fuel oil ve kereste üretimi sırasında ortaya çıkan atıklardan elde edilmektedir. Bu yakıtlardan elde edilen ısı enerjisi suya aktarılmakta ve bu sıcak su veya buhar kereste kurutma firmı içerisinde dolaylı olarak kurutma gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde birçok yerde bulunan jeotermal kaynaklardan elde edilecek sıcak su veya buharı bu amaçla kullanmak mümkündür.

• Jeotermal enerji ile kereste kurutmanın tam programa göre yürütülebilmesi için jeotermal akışkanın sıcaklığının fırın içindeki havanın sıcaklığından en az 10°C - 20 °C fazla olmalıdır. Bu da en az 60°C - 70 °C sıcaklıkta bir jeotermal kaynak demektir. Türkiye'deki 48 adet jeotermal sahada kereste kurutmaya uygun niteliktedir. Bu sahalarda hangi kerestelerin kurutulabileceği Tablo 4.2.ve 4.3.'de verilmiştir. Düşük jeotermal akışkan sıcaklığının olduğu bölgelerde kurutma programına göre yüksek sıcaklığın gerektiği LDN sonraki bölgede ısı ihtiyacı elektrikli ısıtıcılarla veya başka klasik ısıtıcılarla sağlanabilir.

• Jeotermal enerji ile klasik kereste kurutma firmalarında bitiren donanımın diğer enerji kullanan firmalarla aynıdır sadece ısıtma donanımının jeotermal enerjiye göre yapılması gerekir.

- Entegre tesislerde çok yüksek sıcaklığa sahip jeotermal akışkan sıcaklığın istendiği endüstriyel uygulamalardan az sıcaklığın gerekli olduğu uygulamalara doğru dolaşımın azami ısıdan yararlanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi, Kutulmuş Marbaası, İstanbul, 1970
2. Burdurlu, E., "Kereste Endüstrisi ve Kurutma" Ankara, 1995
3. DPT, "Jeotermal Enerji Komisyon Raporu" Ankara, 1996,
4. Erden, "Jeotermal Enerji ile Kereste Kurutma" Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi, Ankara 1997.
5. Freeston, D.H., "Direct Uses of Geothermal Energy in 1990", Geothermal Energy Research Council Bulletin, 1990,"
6. Kantay, R., "Ağaç malzeme kurutma fırınlarında ısı tüketiminin azaltılmasına yönelik yeni gelişmeler" Isı Bilim ve Tekniği VI. Ulusal Kongresi, Ankara, 1985
7. Kantay, R., "Kereste Kurutma ve Buharlama" Ormanlık Eğitimi ve Kültür Vakfı Yayın No:6, İstanbul, 1993.
8. Lindall, B., "Industrial and Other Applications of Geothermal Energy, except Power Production and District Heating" Geothermal Energy Earth Sciences, (Edited by Armstead, H. C. H.), Volume 2, UNESCO 1973.
9. Lund, W. J., Rangel, A. M., "Pilot fruit drier for the los azufres geothermal field, Mexico" World Geothermal Congress, Florensa 1995,
10. Mertoğlu O., Mertoğlu, M., " Jeotermal Enerjinin Merkezi Isıtımadaki Yeri ve Ülke Ekonomisi Açısından Önemi" Termodinamik Dergisi, Şubat 1994,
11. Mertoğlu O., Mertoğlu, M., " Jeotermal Isıtımadaki Gelişmeler ve Sistemler" Tesisat Dergisi, Mayıs/Haziran, 1994.
12. Orme Jeotermal, "Ucuz Isınma, Temiz Hava için; Jeotermal Merkezi Isıtmanın Dünyada ve Türkiye'deki Durumu ve Ekonomisi" Orme Jeotermal A.Ş., Ankara, 1996.
13. Orme Jeotermal, "Çevre Açısından Temiz Enerji Kaynağı Olarak Nitelendirilen Jeotermal Enerji Uygulamalarının Bölgesel ve Sektörel Kullanım Alanlarındaki Alternatiflerin Araştırılması ve Tanıtım Projesi", 1. ve 2. ciltler Orme Jeotermal A.Ş., 1994.
14. Şimşek, Ş., " Importance of Geothermal Energy in Turkey" International Mediterranean Congress Solar and Other New - Renewable Energy Resources, Paris 1994.
15. Örs, Y., "Kurutma ve buharlama tekniği" K.T.Ü. Orman Fakültesi, Trabzon, 1986.
16. Özbek, T., "Doğal Enerji Kaynakları" Yayınlanmamış ders notu, Ankara 1996,
17. Özbek, T., Mertoğlu, O., "Our experience in 2700 dwellings equivalent geothermal heating in Turkey" Jec96 Cnit Paris - La Defense, France, 1996.
18. Özbek, T., "Jeotermal Enerji Teknolojisi" 1996 yılı master programı yayınlanmamış ders notu, Ankara 1996,
19. Yıldırım, E., "Suni kereste kurutması ve ekonomisi" Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, 1982.