

SİMAV İLÇESİNDE FARKLI ENERJİ KAYNAKLARI İLE BİNA ISITILMASININ
EKONOMİK ANALİZİ

Hasan Şahin

Dumlupınar Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL

Nisan – 2005

KABUL VE ONAY SAYFASI

Hasan Şahin'nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "SİMAV İLÇESİNDE FARKLI ENERJİ KAYNAKLARI İLE BİNA ISITILMASININ EKONOMİK ANALİZİ" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

21.04.2005

Üye : Prof. Dr. Alim IŞIK

Üye : Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL (Danışman)

Fen Bilimleri Enstitüsün Yönetim Kurulu'nun 12.05/05 gün ve ...08... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Sabri ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

SİMAV İLÇESİNDE FARKLI ENERJİ KAYNAKLARI İLE BİNA ISITILMASININ EKONOMİK ANALİZİ

Hasan ŞAHİN

Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2005

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL

ÖZET

Enerji, günümüzde tüm dünya ülkelerinin en başta gelen sorunları arasında yer almaktadır. Bunun en önemli nedenleri; nüfus artışı, sanayileşme ve yaşam standartlarının yükselmesi olarak gösterilmektedir. Ülkelerin enerji ihtiyacı, nüfus artışına ve gelişmelere paralel olarak artmaktadır. Bu nedenle, fosil kökenli enerji kaynaklarından daha kapsamlı yararlanma yolları araştırılırken diğer yandan da yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde durulmaktadır. Ülkemiz için önemli bir potansiyel teşkil eden jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının artan ölçüde kullanılması, ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlayabilir. Günümüzde genellikle, doğal gaz, fuel-oil, kömür ve jeotermal enerji ile konut ısıtılması yapılmaktadır. Bunlardan doğal gaz ve jeotermal enerji, kömürle ısıtmaya göre daha az kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; ilk bölümde enerji kaynaklarının tanımı yapılarak, birincil ve ikincil enerji kaynakları açıklanmıştır. İkinci bölümde, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjinin tanımı yapılarak, Dünya ve Türkiye'deki rezervleri üzerinde durulmuş ve konut ısıtmasındaki avantajlı yönleri anlatılmaya çalışılmıştır. Üçüncü bölümde, önceki çalışmalara yer verilmiştir. Dördüncü bölümde ise Simav ilçesinde 100 m² alana sahip bir dairesel ve 4 katlı bir konut örnek alınarak, bu konutun Tunçbilek linyit kömürü, Soma linyit kömürü, Seyitömer linyit kömürü, fuel-oil ve jeotermal enerji gibi beş farklı alternatif enerji kaynağı ile ısıtılabilmesi için gerekli ilk yatırım ve yıllık ısınma maliyetleri incelenmiştir. Ayrıca, binaların ısıtılmasında jeotermal enerjiden faydalanılmasının ekonomik olup olmadığı araştırılmıştır. Bunun için 100 m²'lik bir dairenin ısıtılmasında kullanılan yakıtların ekonomik analizi yapılmıştır. Yapılan ekonomik analiz sonucunda, jeotermal enerji ile ısınmanın diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha ekonomik olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Enerji Kaynağı, Ekonomik Analiz, Jeotermal Enerji, Merkezi Isıtma, Simav.

ECONOMIC ANALYSIS OF BUILDING HEATING WITH DIFFERENT ENERGY SOURCES IN SIMAV

Hasan SAHİN

Industry Engineering, Master Thesis, 2005

Thesis Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL

SUMMARY

Energy is one of that leading problems the whole of World countries nowadays. The most important causes of this problem are specified as increased population, industrialization and rise of life standards. Energy need of countries increases as parallel to population increase and advances. For this reason, how to use fossil based energy sources be searched should more widely. Using increasing values of renewable energy sources like geothermal energy that is of an important potential for Turkey, should provide big benefit for economy. Nowadays house heating is generally been by natural gas, fuel oil, coal and geothermal energy. Natural gas and geothermal energy in these energy sources are used less than by coal heating.

In this study, at the first part, primary and secondary energy sources were explained with the definitions of the energy sources. At the second part, reserves were investigated in the World and in Turkey with the definitions of the geothermal energy and that were told its advantageous sides for house heating of that geothermal energy is renewable an energy source. At the third part, former studies were showed. At the fourth part, a house that has four storeys and one hundred square meters flat was taken sample. Because this house can be heated with five different alternatives Tunçbilek lignite coal, Soma lignite coal, Seyitömer lignite coal, fuel oil and geothermal, necessary first investment and annual heating costs were investigated. In addition, at heating building of geothermal energy whether became economic was researched. Economic analysis of used fuels at heating to a flat that is one hundred square meters been done. According to result of this economic analysis, heating with geothermal energy is more economic than heating with other energy sources

Keywords: Central Heating, Different Energy Sources, Economic Analysis, Geothermal Energy, Simav

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yanı sıra, lisans ve yüksek lisans eğitimimde değerli bilgilerinden istifade ettiğim, akademisyenlik hayatıma adım atmama da vesile olan kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Alim IŞIK'a ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRENGÜL'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda yardımlarını hiçbir bir zaman esirgemeyen ve manevi değerini her zaman hissettiğim Sayın Prof. Dr. Ramazan KÖSE'ye ve Yrd. Doç. Dr. Nurullah KIRATLI'ya teşekkür ederim.

Bu tezin hazırlanması sırasında, maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan Gül TOPKAYA'ya ve tüm hayatım boyunca beni her zaman destekleyen, teşvik eden anne ve babama şükranlarımı arz ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Enerji Kaynakları.....	2
2. JEOTERMAL ENERJİ.....	7
2.1. Genel.....	7
2.2. Jeotermal Enerjinin Değerlendirme Şekilleri.....	9
2.3. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	11
2.3.1. Isıtma amaçlı kullanım.....	11
2.3.2. Endüstriyel uygulamalar.....	12
2.3.3. Elektrik enerjisi üretimi.....	12
2.3.4. Termal turizm.....	13
2.4. Jeotermal Enerji İle Merkezi Isıtma Sistemi.....	14
2.5. Jeotermal Enerji Uygulamalarında Ortaya Çıkabilecek Problemler ve Çevresel Etki.....	17
2.6. Jeotermal Enerji Uygulamaları.....	20
2.6.1. Dünya’da jeotermal enerji uygulamaları.....	20
2.6.2. Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları.....	23
2.6.3. Simav jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi.....	27
2.6.4. Simav’da jeotermal enerji kullanımı ve bölge ekonomisine etkileri.....	31
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	35
4. MATERYAL VE METOT.....	42
4.1. Materyal.....	42

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2. Metot.....	44
4.2.1. Isıtma sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri.....	49
4.2.2. Yıllık maliyetlerin hesaplanması.....	52
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	58
5.1. Yıllık Maliyetler.....	58
5.2. Alternatiflerin Karşılaştırılması.....	59
5.3. Isınma Giderlerinin Karşılaştırılması.....	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	78
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	81
EKLER	
1. Yaklaşık 100 m ² 'lik Bir Daireye Ait Kat Planı	
2. Bina Isı Kaybı Hesabı Çizelgesi	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Jeotermal enerjinin oluşumu ve yer yüzüne çıkışı.....	7
2.2. Kuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi	16
2.3. Kuyu dışı eşanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemi	16
2.4. Birim enerji başına sera gazı emisyon aralıkları.....	20
2.5. Jeotermal enerjinin uygulama alanları	21
2.6. Simav'da jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi.....	30
2.7. Konutların ısıtılmasında jeotermal enerjinin kullanımının yıllara göre gelişimi.....	32
2.8. Seraların ısıtmacılığında jeotermal enerjinin kullanımının yıllara göre gelişimi.....	32
2.9. Simav- Eynal termal tesislerinin yatak kapasitesinin yıllar itibariyle gelişimi.....	33
4.1. Yıllara göre enflasyon oranları	46
4.2. Yıllara göre enflasyon oranı endeksleri.....	46
4.3. Jeotermal enerji birim fiyatlarının yıllara göre değişimi.....	47
4.4. Odun birim fiyatlarının yıllara göre değişimi.....	47
4.5. Soma linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi.....	48
4.6. Tunçbilek linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi.....	48
4.7. Seyitömer linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi.....	48
4.8. Kalorifer yakıtı birim fiyatının yıllara göre değişimi.....	49
5.1. Farklı enerji kaynakları ile konut ısıtılmasında varsayım 1 için yıllık ısıtma giderleri...	70
5.2. Farklı enerji kaynakları ile konut ısıtılmasında varsayım 2 için yıllık ısıtma giderleri...	71
5.3. 100 m ² 'lik daire için ilk yatırım giderleri.....	72
5.4. Varsayım 1 için 100 m ² 'lik daire için 2005 yılında ısınma giderleri.....	73
5.5. Varsayım 2 için 100 m ² 'lik daire için 2005 yılında ısınma giderleri.....	73
5.6. Varsayım 1 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi...	75
5.7. Varsayım 2 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi...	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Jeotermal akışkan sıcaklıklarına göre kullanım alanları (Lindal Diyagram).....	10
2.2. 1995–2000 yılları arasında dünya jeotermal elektrik üretim kapasitesi ve 2005 yılı için hedeflenen kapasite değerleri	22
2.3. Türkiye’de elektrik üretimine uygun jeotermal sahalar ve rezervuar sıcaklıkları.....	24
2.4. Ülkemizdeki jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri ve bazı işletme bilgileri [2004].....	25
2.5. Türkiye’deki jeotermal sera uygulamaları ve kapasiteleri.....	26
2.6. Kütahya bölgesindeki jeotermal enerji kaynakları.....	28
2.7. Jeotermal enerjinin kullanım alanları ve yıllara göre gelişimi.....	31
4.1. Simav’da jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtılan toplam konut ve sera.....	42
4.2. 1995 – 2004 yılları arası yakacak fiyat artış oranları.....	45
4.3. Jeotermal enerjili ile ısıtma için gerekli olan ilk yatırım maliyeti	50
4.4. Kömür ile ısıtma sistemi için gerekli olan ilk yatırım maliyeti	51
4.5. Kat kaloriferi ile ısıtma sistemi için ilk yatırım maliyeti	52
4.6. Enerji kaynaklarının iletisi değerleri ve kazan verimleri (Aralık-2004).....	55
4.7. Enerji kaynakları yıllık yakıt tüketim değerleri.....	56
5.1. 2005–2014 yılları arasında varsayım 1’e göre yakacak birim fiyatları.....	58
5.2. 2005–2014 yılları arasında varsayım 2’ye göre yakacak birim fiyatları.....	59
5.3. Jeotermal enerji ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri.....	60
5.4. Soma linyit kömürü ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri.....	62
5.5. Tunçbilek linyit kömürü ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri.....	63
5.6. Seyitömer linyit kömürü ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri.....	64
5.7. Kat kaloriferi ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri.....	65
5.8. Farklı enerji kaynakları ile yıllara göre her iki varsayım için yıllık ısınma giderleri.....	67
5.9. Her iki varsayım için farklı enerji kaynaklarının ısıtma giderlerinin net şimdiki (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktarları (YEM).....	69
5.10. 100 m ² ’lik daire için ilk yatırım ve 2005 yılında ısınma giderleri.....	72
5.11. Her iki varsayım için 100 m ² ’lik daire için birim ısınma giderleri.....	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
m	Metre
l	Litre
s	Saniye
ha	Hektar
km	Kilometre
SO _x	Kükürtoksit
CO ₂	Karbondioksit
MW	Mega Watt
GW	Giga Watt
kWh	Kilo Watt saat
MWt	Mega Watt termal
MWe	Mega Watt elektrik
NaCl	Sodyum klorür
GWt	Giga Watt termal
GWh	Giga Watt saat
mSS	Metre su sütunu
H ₂ S	Hidrojen sülfür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
SiO ₂	Silisyum oksit
ΔT	Sıcaklık farkı (°C)
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
Bin Tep	Bin ton eşdeğer petrol
Mtep	Milyon ton eşdeğer petrol

Kısaltmalar

A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri
M.T.A.	Maden Tetkik Arama Enstitüsü

1. GİRİŞ

1.1. Genel

Ülkelerin ekonomik açıdan giderek gelişmeleri, enerjiye olan ihtiyaçları da hızla arttırmaktadır. Bu nedenle ülkeler, bir yandan alışılmış enerji kaynaklarından daha ekonomik yararlanma yollarını, diğer yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarından daha kapsamlı olarak faydalanma şekillerini araştırmaktadırlar. Gerçekten de araştırmacılar, son yıllarda jeotermal, güneş, rüzgâr ve gel-git gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile daha fazla ilgilenmekte ve söz konusu kaynaklardan, daha ekonomik olarak yararlanmak için araştırmalar yapmaktadırlar.

Konuya bu açıdan bakıldığında, Dünya'da enerji ihtiyacının hızla artışı, geleneksel enerji kaynaklarının dışında, yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına neden olmuştur. Söz konusu yeni enerji kaynaklarının biri de jeotermal enerjidir. Enerji kaynaklarının ekonomik olarak kullanılabilirliğinin temelinde, enerji üretim maliyetleri yer almaktadır.

Enerji üretiminde, en büyük maliyeti ise ilk yatırım giderleri oluşturmaktadır. Bu nedenle enerji sektöründe üretim yapan işletme sayısı fazla değildir. Tüketiciler, alternatif enerji kaynaklarına sahip olmaları durumunda, hangi enerji kaynağının kullanımının ekonomik olacağını bilmek istemektedirler. Simav yöresi de bu alternatif enerji kaynağına sahip ender yörelerden birisidir.

Ülkemizde de ekonomik gelişmeye ve hızlı kentleşmeye bağlı olarak enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Özellikle kentlerin ısıtılması konusunda önemli güçlükler söz konusudur. Isınmada kullanılan petrol ve kömür gibi alışılmış enerji kaynaklarının giderek pahalılaşması, hava kirlenmesine neden olması ve en önemlisi rezervlerin bir gün biteceği endişesi, önemli bir sorun oluşturmaktadır. Her ne kadar bazı şehirlerde doğal gaz ve kaliteli kömür kullanılarak, hava kirliliği sorunu çözümlenmeye çalışılsa da henüz tam olarak başarıya ulaşamamıştır.

Böyle bir ortamda, jeotermal enerjinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Gerçekten de jeotermal enerji kaynağı, hava kirlenmesine neden olmadığı gibi maliyeti açısından da diğer enerji kaynaklarından daha ucuzdur. Ülkemizin jeotermal enerji kaynakları açısından oldukça zengin olduğu dikkate alınır, bazı şehirlerimizin belirtilen enerji kaynağından yararlanılarak ısıtılacağı düşünülebilir. Oysa bu tür uygulamalar, ülkemizde pek yaygın değildir. Simav örneği, bu nedenle büyük önem taşımaktadır. Çünkü, ülkemizde jeotermal enerjiden yararlanarak şehirlerin ısıtılması hususunda en kapsamlı uygulamalardan biri, Simav'da gerçekleştirilmiş ve bugüne kadar oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Jeotermal enerjinin, Simav ilçesinin ısıtılmasında başarı ile kullanılması, bu enerji kaynağına sahip yörelerdeki şehirler için iyi bir örnek olmuştur. Bu nedenle, araştırmada öncelikle bu örnek uygulamanın tanıtımı özetlenmiştir. Ayrıca çalışmada, sahanın jeolojik ve coğrafi konumu belirtilmeye çalışılmış, jeotermal enerjinin kullanım alanları ve genel özellikleri üzerinde durulmuş, bu enerji kaynağının yöreye yapmış olduğu ekonomik ve sosyal etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada, modern işletmeciliğinin koşulu olarak ele alınan uygun karar alma sürecinde kullanılan güvenilir yöntemler, ekonomik analiz yöntemleri altında incelenmektedir. Kütahya'nın Simav ilçesinde jeotermal enerji, kömür ve kalorifer yakıtı ile konut ısınmasında, ilk yatırım maliyetleri ile birim ısıtma giderleri belirlenmiş ve bu giderlerin yıllara göre değişimleri incelenmiştir.

1.2. Enerji Kaynakları

Günümüzde enerji; soluduğumuz hava, aldığımız besin gibi yaşamımızın ayrılmaz bir parçası durumundadır. Gelecekte, milletlerarası savaşların gerçek nedenini enerji kaynakları teşkil edecektir. Buna en iyi örnek, sebep ne gösterilirse gösterilsin 1991 ve 2003 yılında gerçekleşen Körfez savaşları ve onların getirdikleri krizlerdir. Bu nedenle yapılacak bilimsel çalışmalar enerji üretimi ve tasarruf alanlarında meydana gelecektir. Dünya ülkelerindeki nüfus artışı, sanayinin büyümesi gibi etkenler enerji alanındaki yatırımları, bilimsel ve teknolojik çalışmaları etkilemektedir. Milletlerarası bir boyut kazanan bu enerji sorununun çözülmesi için yeni enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Şu sıralar enerji ihtiyacının büyük bir kısmını teşkil eden fosil kökenli yakıtların ham maddesi olan petrol rezervlerinin sınırlı olması ve 21. yüzyılın ilk yarısı içinde bu fosil kökenli yakıtların tükenmesi kaçınılmazdır. Bu açıdan, dünya ülkeleri yenilenebilir enerji kaynakları arayışını hızlandırıp daha çok yararlanma yollarını araştırırken daha farklı ve yeni enerji kaynakları bulmak durumundadır [1].

İnsanlar, tükenmeyen, temiz ve elde edilmesi düşük maliyetli enerji kaynaklarına sahip olmak isterler. Kullanılacak enerji kaynağının belirlenmesi kolay değildir. Bütün sorunları çözecek, kirlenmeye yol açmayan ve ucuz olacak bir enerji kaynağı henüz bulunamamıştır. Gaz, petrol, kömür, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi kaynakların hepsi avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Diğer taraftan, ekonomik ve sosyal hayatımızın hemen bütün alanlarında enerji kullanılmaktadır. Fakat gerçekte kullanılan enerjinin çoğu çevreyi kirlenmektedir. Enerji kaynaklarının gelecek yıllardaki kullanımı düşünüldüğünde, daha

temiz bir çevre için güvenli, ucuz ve halk sağlığını tehlikeye düşürmeyen kaynaklara gereksim duyulduğu açıktır. Petrol, kömür ve nükleer enerjinin atıkları ortadan kaldırılabılır ya da çevresel, güvenlik ve işçilik maliyetlerini de içeren, kapsamlı bir maliyet muhasebesi yapılırsa, yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetinin fosil ve nükleer kaynaklardan daha az olduğu görülecektir [2].

Diğer enerji kaynaklarına oranla elde edilmesi daha ucuz olan, yenilenebilir kaynaklardan güneş enerjisi, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisi gibi bazıları ekonomik fayda sağlamaktadırlar. Türkiye için ele alınan enerji kaynakları, farklı kaynaklardan derlenen bilgilerden yararlanılarak, kısaca aşağıda tanıtılmıştır [3, 4].

Petrol; yer kabuğu içinde doğal olarak oluşmuş, hidro karbon (hidrokarbür) ya da bitüm adıyla da anılan enerji kaynağıdır. Ham petrol, bir tür bitümdür. Enerji kaynakları arasında teknolojisi en hızlı ilerleyen ve en önde olanı petroldür. Ayrıca petrol, bir enerji kaynağı olmanın yanı sıra, dünyanın en büyük sanayi kolu olan petro-kimya sanayilerinin de hammaddesini oluşturmaktadır [5].

Ülkemizde bilinen petrol sahalarına göre yapılan teorik hesaplama ile toplam 975.1 milyon ton rezerv olasılığı bulunmasına karşın, ortaya konulabilmiş toplam rezerv görünür olarak 41.8 milyon tondur [6]. Türkiye, Orta Doğu'nun, Avrasya-Orta Asya'nın petrol üretici ve ihracatçısı ülkelerine komşu durumunda olup, boru hatları ile petrol ithal olanaklarını artırması ve çeşitlendirmesi son derece önemlidir.

Doğal gaz; doğada oluşan bataklik gazı (metan), kükürt dioksit gazı, hidrojenli kükürt gazı ve petrol gazı gibi gazların tümüne birden verilen addır. Fakat, genellikle doğal gaz denildiği zaman, petrol veya gaz yakıtlardan elde edilen gazlar akla gelir. Evlerde, sobalarda veya endüstride yakıt veya hammadde olarak kullanılır [5]. Ülkemizde 2003 yılı itibariyle, 561 milyon m³ doğal gaz üretimi yapılırken, tüketim 21374 milyon m³'tür [6].

Hidrolik enerji; akarsulardaki enerjiyi, güneş enerjisinin potansiyel enerjiye dönüşmüş bir şekli olarak düşünülürse, hidrolik devreyi başlatan ve sürdüren su enerjisinin, güneş var oldukça bulunacağı ve bu nedenle de bu enerjinin tükenmez olacağı ortaya çıkar. Su enerjisinin, ticari enerjiye dönüştürülmüş şekline hidro elektrik denmektedir. Elektrik enerjisinin geçmişine bakıldığında hidro elektrik santrallerinin termik santrallerden sonra uygulama alanına girdiği görülmektedir. Enerji kaynağının tükenmez oluşuna karşın hidroelektrik enerji potansiyeli sınırlıdır [5].

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları açısından en önemli potansiyeli, hidro elektrik potansiyeldir. Bugün ülkemizin kullanılabilir hidro elektrik potansiyeli 34862 MW güce ve yıllık 124.5 milyar kWh elektrik enerjisi üretimine eşdeğerdir. Halen hidro elektrik potansiyelinin %38'i kullanılmakta olup, %27'si Yapı İşlet Devret kapsamında yapım ve/veya proje aşamasındadır. Geri kalan %35 potansiyelin 2020 yılına kadar tamamlanarak hidro elektrik potansiyelin %100'ünün elektrik enerjisi üretir hale gelmesi planlanmıştır [4].

Nükleer enerji; talep tahminlerine ve ülkenin enerji kaynakları doğrultusunda üretim yapılarak, Türkiye ilk nükleer yakıtla çalışan elektrik santralini 1000 MW güçle 2007 yılında, ikinci santralini ise yine aynı güçle 2010 yılında devreye alması planlanmıştır. Buna göre 2010 yılında brüt elektrik talebinin %4'ünün, 2020 yılında %12'sinin 2025 yılında ise %17'sinin nükleer santrallerden elde edilmesi öngörülmüştür. Nükleer enerjinin kısa geçmişi, bir bakımdan esaslı bir potansiyel kaynak olması nedeniyle ümit vericidir. Ticari nükleer enerjinin rolü, genellikle elektrik santrallerindeki uygulamaya dayanmaktadır. Rusya, İngiltere, Fransa, Japonya, Batı Avrupa ve Kanada'da 1960'lardan beri ticari nükleer enerji ile işleyen santraller kurulmuş ve hala da kurulmaktadır [2].

Jeotermal enerji; yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş basınç altındaki sıcak su, buhar, gaz veya sıcak kuru kayaçların içerisindeki ısı enerjisidir. Sıcak kaynaklar ve volkanik püskürtmeler şeklinde açığa çıkar. Jeotermal enerji, iki kaynaktan meydana gelir. Bunlar; dünya biçimlenirken belirlenen termal enerji ve radyoizotoplarının bozunması sonucu açığa çıkan termal enerjidir. Jeotermal enerji kaynakları normal olarak iki grupta incelenir. Hidro termal jeotermal kaynakları, buhar ve sıcak su kaynaklarını içerir. Sıcak kayaları içeren jeotermal enerji kaynakları ise petrol kökenli termal enerji kaynaklarıdır [7].

Isı ve elektrik enerjisi olarak kullanılan jeotermal enerji potansiyeli bakımından Türkiye, Dünya'nın 7. ülkesidir. Jeotermal enerjinin kullanımı sıvı ve buhar ağırlıklı hidro termal sirkülasyona dayanmaktadır. Düşük ve orta entalpili kaynaklar ısıtma amaçlı, yüksek entalpili kaynaklar ise elektrik enerjisi üretimi amacı ile kullanılabilir. Maden Tetkik Arama Enstitüsü tarafından yapılan çalışmada Türkiye'de, ağırlıklı olarak Ege (Özellikle Aydın, Çanakkale, Denizli, İzmir, Kütahya), Kuzey Batı Anadolu ve Orta Anadolu'da bulunan 170 jeotermal saha belirlenmiş olup, bunların sadece %5'i yüksek entalpili (yüksek basınç ve sıcaklığa sahip akışkan) sahalardır. Türkiye'nin elektrik üretimi amacı ile kullanılabilir jeotermal kapasitesi 350 MW olup, elektrik enerjisi üretim kapasitesi yıllık 1.4 milyar kWh düzeyindedir. Ülkemizde Denizli-Kızıldere de yer alan tek jeotermal

elektrik santrali 20.4 MW kurulu güçtedir [2]. Ülkemizde 2003 yılı itibariyle jeotermal enerjiden elektrik üretimi 89 GWh, ısı üretimi ise 784 Bin Tep'dir [6].

Güneş enerjisi de yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneşten dünya atmosferine her yıl 2×10^{14} taşkömürüne eşit enerji gönderilmektedir. Türkiye'nin yüzölçümü dikkate alınarak yapılan hesaplamalara göre bir yılda, yüzeye ulaşan güneş enerjisi miktarı da 1.3×10^{11} ton taşkömürüne eşittir. Buna dayanarak, güneş enerjisinin %50 etkinlikle elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılabilceği anlaşılmaktadır [5]. Ülkemizin büyük bir kısmında güneş enerjisinden yararlanma olanağı bulunmaktadır.

Güneş kuşağında yer alan Türkiye'nin, güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretim kapasitesi 1400 GW seviyesinde olup, bu potansiyelin tamamen kullanılması halinde yıllık elektrik enerji üretim potansiyeli 6105 milyar kWh düzeyine ulaşmaktadır. 6105 milyar kWh elektrik enerjisi, 1999 yılında üretilen 123.6 milyar kWh elektrik enerjisinin 50 katına, 2020 yılındaki tahmini yıllık elektrik enerjisi talebi olan 547 milyar kWh'in 11 katına karşılık gelmektedir [8].

Rüzgâr enerjisi, güneşin yarattığı başka bir enerji türüdür. Rüzgâr, güneşin etkisiyle gündüz atmosferin ısınması ve gece ise soğumasıdır. Bir başka deyişle rüzgâr, atmosferin güneşten aldığı enerjinin reaksiyonudur. Sıcak yüksek basınç, soğuk ise alçak basınç yaratır ve bu yolla rüzgâr oluşur. Rüzgâr, insanoğlunun kullanmasını öğrendiği en eski enerji kaynaklarından. Dezavantajı, rüzgârın ne zaman başlayıp ne zaman biteceğinin bilinmemesidir. Rüzgâr enerjisinin akışı ise rüzgâr kaynağı, elektrik enerjisi, depolama bataryaları, jeneratör ve pervaneler şeklindedir [5].

Türkiye'nin coğrafi konumu ve iklimi dolayısıyla bazı bölgelerde ve özellikle Ege Bölgesi'nde rüzgâr, elektrik üretimi için potansiyel bir enerji kaynağıdır. Ülkemizde karasal rüzgâr enerjisinin teknik potansiyeli 55 GW olup, üretililecek elektrik enerjisi yıllık 110 milyar kWh düzeyindedir. Rüzgâr enerjisine dayalı kurulu gücün, 2020 yılında 7849 MW olması ve yıllık 17.6 milyar kWh elektrik enerjisi üretmesi planlanmıştır [2].

Biokütle enerjisi; yaşayan cisimlerin yarattığı yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biokütle enerjinin materyalleri, bitkisel ve hayvansal ürünlerdir. Ancak, hayvansal üretim, bitkisel üretimin yoğunlaştırılmasıyla elde edilmektedir. Türkiye'de kolza, ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinin enerji amaçlı tarımı mümkündür. Uygulamaların enerji programları içinde yer alması, konuya devlet desteği ve özel sektör girişimleri önem taşımaktadır [2].

Türkiye’de biokütle enerjisi brüt potansiyeli teorik olarak 135–150 Mtep/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değerin 90 Mtep/yıl olacağı varsayılmaktadır. Ancak, ülkenin tüm yetiştiricilik alanlarının yıl boyu yalnızca biokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması olanaklı değildir. Olabilecek en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 40 Mtep/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Türkiye’de modern biokütle enerjiye eğilmek gerekmektedir. 2005 yılında 0.5 Mtep, 2010 yılında 2 Mtep ve 2020 5 Mtep modern biokütle enerji üretimi hedeflenmektedir [9].

Kömür; Dünya enerji ihtiyacının önemli bir kısmını oluşturan katı yakıttır. Katı yakıtlar arasında da en önemlileri taşkömürü ve linyittir. Türkiye’de taşkömürü rezervi Kuzey-Batı Anadolu karbonifer havzasında bulunmaktadır. Bu havzada 2001 yılı sonu itibariyle 428 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 1.126 milyar ton taşkömürü rezervi vardır. Toros dağlarında ve Diyarbakır ili sınırları içerisinde günümüzde işletilmeyen ve 20 milyon ton olarak kestirilen bir ek taşkömürü rezervinden söz edilmektedir. Türkiye’de 7.339 milyar ton görünür olmak üzere, toplam 8.075 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır [6]. Ülkemizde kömür rezervlerinin artırılması için kömür oluşumları arama ve projelendirme çalışmalarını yeni bir düzenleme ile yeniden başlatmak gerekmektedir.

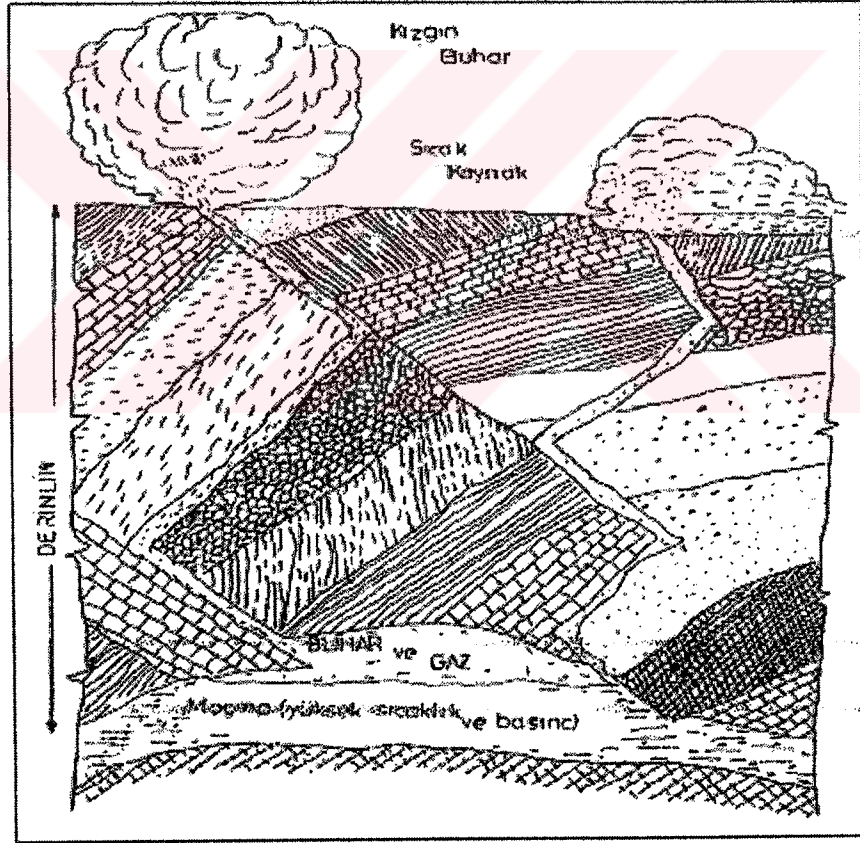
Ülkemizdeki birincil enerji kaynakları, dünya rezervleri ile kıyaslandığında miktar ve kalite itibariyle çok düşük seviyelerdedir. Buna karşın, hidrolik enerji ve linyit kömürleri, ülkemizde mevcut kaynaklar içinde büyük bir potansiyele sahiptir. Türkiye’de mevcut enerji kaynakları içinde hidrolik enerji potansiyelinin %28’ine karşılık gelen (9920 MW) bir kısmını kullanırken, toplam linyit potansiyelinin ise %34’lük kısmı kullanılmaktadır. Görüldüğü gibi ülkemiz birincil enerji kaynakları potansiyelinin yarısından oldukça az bir miktarını kullanmaktadır. Çünkü linyit kömürü kaynakları coğrafi olarak dağınık, düşük kaliteli ve yüksek maliyetli iken, hidro elektrik kaynaklar ise doğrudan yağışlara bağımlı olması nedeniyle güvenilirliği düşüktür [4].

Günümüzde dünya enerji gereksiniminin; %80’i kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlarca, geri kalan %20’si başta hidrolik ve nükleer enerji olmak üzere, hayvan ve bitki artıkları, rüzgar, güneş, jeotermal enerji ve odun gibi kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil kaynakların dünyada bilinen rezerv dağılımları petrol eşdeğeri olarak %68 kömür, %18 petrol, %14 doğalgaz olarak karşılanmaktadır. Buna göre bilinen petrol rezervlerinin ömrü 42 yıl, doğalgazın 62 yıl, kömürün ise 230 yıldır [10].

2. JEOTERMAL ENERJİ

2.1. Genel

Jeotermal kaynak; "yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C'den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar" olarak tanımlanabilir [11]. Bunlardan elde edilen her türlü enerjiye jeotermal enerji denir. Ayrıca, herhangi bir akışkan içermemesine rağmen, bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanan, yerin derinliklerindeki sıcak kuru kayaları da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Jeotermal enerjinin yüzeye çıkışı ve oluşumu Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1. Jeotermal enerjinin oluşumu ve yeryüzüne çıkışı [12]

Şekil incelendiğinde yerin derinliklerine doğru inildikçe sıcaklığın artması, jeotermal enerji oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bilindiği gibi, yerkabuğundan aşağıya doğru her 33 m derinlikte ortalama 1°C sıcaklık artışı olmaktadır [5].

Jeotermal akışkanı meydana getiren sular genellikle meteorik kökenli olduklarından yeraltındaki rezervuarlar sürekli beslenmekte ve kaynaklar yenilenmektedir. Bu nedenle, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça jeotermal kaynaklarının azalması söz konusu değildir.

Petrol ve kömür gibi günümüzde yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneceği veya rezervlerinin büyük ölçüde azalacağı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, yeni enerji kaynaklarının bulunması veya bazı enerji kaynaklarından daha geniş ölçüde yararlanılması yollarının araştırılması gerekmektedir. Böyle bir durumda jeotermal enerji alternatif enerji kaynağı olarak dikkati çekmektedir [13].

Jeotermal enerjinin alışılmış enerji kaynaklarına göre bazı üstünlükleri vardır. Bu üstünlüklerinden bazıları şunlardır [14].

1. Jeotermal enerji; güneş, rüzgâr ve gel-git enerjisi gibi tükenmez bir enerji kaynağıdır ve rezervleri alışılmış enerji kaynaklarına göre sonsuzdur.
2. Jeotermal enerji, diğer enerjilere kolaylıkla dönüşür. Buna rağmen, petrolün damıtılması ve nükleer santraller için büyük tesisler gerekir.
3. Jeotermal enerji, alışılmış enerji kaynaklarına göre gerekli olan yatırım ve masraflar bakımından daha ucuzdur.
4. Diğer enerji kaynaklarında (nükleer, petrol, kömür, termik santraller) sıkça rastlanan çevreyi kirlenme sorunu, jeotermal enerji kaynağında söz konusu değildir.
5. Jeotermal enerji tesislerinin bakımı ve korunması kolay ve ucuzdur. Buna karşın, örneğin barajların bakımı, pahalı ve savaş zamanlarında savunulması zordur.
6. Jeotermal enerji, genellikle kısa dönemlidir ve meteorolojik olaylardan etkilenmez. Hidrolik kaynaklar mevsimsel yağışlara bağımlıdır.
7. Jeotermal enerji, yüksek teknoloji gerektirmediğinden ülkeyi politik yönden bağımsız kılar.
8. Jeotermal enerji kaynaklarının belirlenmesi ve sıcak akışkanları saptama şansı, petrole oranla daha fazladır.
9. Jeotermal enerji tesisleri, basit olması nedeniyle yakıt, kül, dışarıdan suyla beslenme ve ısıtma kazanı gibi sorunları ve gereksinimleri yoktur. Ayrıca kullanım ve denetiminin kolay olması, jeotermal tesislerde fazla personelin çalışmasını sınırlar.

Jeotermal enerjinin belirtilen bu üstünlükleri, bu enerjinin giderek çok değişik alanlarda kullanılmasına neden olmaktadır. Nitekim günümüzde seraların, konutların, havaalanı

pistlerinin, hayvan çiftliklerinin ve yüzme havuzlarının ısıtılması, balık başta olmak üzere, çeşitli yiyeceklerin kurutulması, deniz suyundan tuz elde edilmesi ve elektrik enerjisi üretilmesi gibi çeşitli faaliyet alanlarında jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Bununla birlikte jeotermal enerjinin kullanım alanını belirleyen en önemli faktör sıcaklık değeridir. Örneğin, 60 °C'nin altındaki jeotermal sulardan elektrik enerjisi üretiminde yararlanmak mümkün değildir.

Dünya'da tüketilen enerji miktarı içerisinde jeotermal enerjinin payı henüz çok azdır. Ancak, bu payın gelecekte artması beklenmektedir. Özellikle yıllık elektrik enerjisi üretiminde jeotermal enerjinin payı giderek yükselmektedir [15].

Jeotermal enerjinin belirlenen üstünlükleri yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bazı dezavantajları aşağıda verilmiştir [14].

1. Jeotermal araştırmalar ile enerji üretim tesislerinin yapımına kadar geçen süre, oldukça uzundur.
2. Başlangıçta jeotermal sistemlerin kapasitelerini belirlemek zordur.
3. Jeotermal sistemler çok fazla miktarda yoğunlaşmayan gaz içerdiklerinden, vakum sistemi ile ortamdan ayrılması gerekir.
4. Büyük çaplı soğutma kulelerine gereksinim vardır.
5. Jeotermal akışkanlarda bulunan çürütücü gazlar (sülfid gazları gibi); çevreyi kirleten, bitkilere zararlı maddeler (bor, arsenik, NaCl) yayar ve kabuklaşma (silis, karbonat) sorunları yaratır.
6. Atmosfere atılan gazlar (H₂S gibi), çevreyi kirletir.
7. Yüzeye erişen buhar gürültüsü, arazi çökmeleri (Sübsidans), zamanla kabuklaşma veya fazla çekim sonucu, üretim kuyularında akışkan miktarında azalma gibi sorunlar görülmektedir.

2.2. Jeotermal Enerjinin Değerlendirme Şekilleri

Yeryüzüne sondajlarla ulaştırılan jeotermal enerjiden, doğrudan veya başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. Rezervuar sıcaklığı 150°C'yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda düşük entalpili alanlarda da buharlaşma noktaları düşük olan gazlar kullanılarak elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Elektrik dışı kullanımların başında ise ısıtıcılıkta kullanım gelmektedir. Ancak enerji krizinin ortaya çıkışından bugüne kadar ısıtıcılıkta alternatif enerji kaynaklarına yönelme sınırlı olmuştur. Oysa ısı pompaları kullanılarak işletme maliyeti çok düşük olan jeotermal akışkanlardan sıcaklık 20 °C'ye düşünceye kadar yararlanılabilir [16].

Jeotermal enerji kaynağın ısıtmacılıkta kullanımı için orta ve düşük entalpili su-egemen sistemlerden faydalanılmakta ve kullanım sürecinde değişik sıcaklıklarda farklı yararlanma olanakları bulunmaktadır. Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre kullanım alanları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Sıcaklık aralıkları incelendiğinde, düşük entalpili akışkanlardan doğrudan sıcaklıkla ilgili kullanımlarda, orta ve yüksek entalpili akışkanlardan ise endüstriyel etkinliklerde yararlanıldığı görülmektedir.

Çizelge 2.1. Jeotermal akışkan sıcaklıklarına göre kullanım alanları (Lindal Diyagram) [7]

Sıcaklık (°C)	Kullanım Alanı	Elektrik Üretimi	Isıtma
180	Yüksek konsantrasyon solüsyonun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma	+	
170	Hidrojen sülfid yoluyla ağır su eldesi, Diyatomitlerin kurutulması	+	
160	Kereste, balık vb. yiyeceklerin kurutulması	+	
150	Bayer’s yoluyla alüminyum eldesi	+	
140	Çiftlik ürünlerinin kurutulması (Konservecilik)		+
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi		+
120	Temiz tuz eldesi, tuzluluk oranının artırılması		+
110	Çimento kurutulması		+
100	Organik maddeleri kurutma (Yosun, et, sebze vb.) Yün yıkama ve kurutma		+
90	Balık kurutma		+
80	Ev ve sera ısıtma		+
70	Soğutma (Alt sıcaklık sınırı)		+
60	Kümes ve ahır ısıtma		+
50	Mantar yetiştirme, Balneolejik banyolar		+
40	Toprak ısıtma, kent ısıtma (alt sınır), sağlık tesisleri		+
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri		+
20	Balık çiftlikleri		+

Çizelge incelendiğinde jeotermal akışkanların sıcaklıklarına göre çok çeşitli kullanım alanları olduğu görülmektedir. Belirtildiği gibi jeotermal akışkan, önemli ölçüde elektrik ve ısı enerjisi eldesinde kullanılmaktadır. 150 °C’den fazla olan sıcaklıklarda elektrik üretimi yapılabilmektedir. 80 °C’ye kadar olan sıcaklıklarda balık çiftliklerinde, yüzme havuzlarında, sağlık tesislerinde, kümes ve ahır ısıtmada yararlanılmaktadır. 140 °C’ye kadar olan sıcaklıklarda genel olarak ısıtma amaçlı yararlanılmaktadır.

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre aşağıdaki üç grupta toplanabilir [11].

1. Düşük Sıcaklıklı Sahalar: Rezervuar sıcaklığı 70 °C’nin altında olan sahalardır.

2. Orta Sıcaklıklı Sahalar: Rezervuar sıcaklığı 70–180 °C arasında olan sahalardır.
3. Yüksek Sıcaklıklı Sahalar: Rezervuar sıcaklığı 180 °C'nin üstünde olan sahalardır.

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalarda, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂'den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalardaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur.

Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir. Hazne sıcaklığı 150 °C'den fazla jeotermal kaynaklar, buhar çevrim santrallerinde, buharlaşma sıcaklığı düşük gazlar kullanılarak (freon, izobütan, propan vb.) elektrik enerjisi üretilmektedir [11].

2.3. Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal akışkan, önemli ölçüde elektrik ve ısı enerjisi eldesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin ve cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde de yararlanılmaktadır.

Bunların yanında, yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonunda, konservecilikte, kerestecilik ve ağaç kaplama sanayinde, kâğıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, akışkandan kimyasal maddeler de elde edilebilmektedir [11].

2.3.1. Isıtma amaçlı kullanım

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar, doğrudan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca, ısı pompaları yardımıyla suların sıcaklığı 5°C'ye düşüncüye kadar akışkandan yararlanılmaktadır [11].

40°C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan, binaları ve kentleri, merkezi sistemle ısıtmada ve sıcak kullanma suyu olarak (İzlanda, Fransa, Japonya, Yeni Zelanda, Türkiye, Macaristan, Kanada, Çin, Meksika, Arjantin, Kuzey Avrupa Ülkeleri) kullanılmaktadır.

Seraların ısıtılması ile turfanda sebzeçilik, meyvecilik, çiçekçilik yapılmaktadır. Dünya'da, jeotermal enerji doğrudan kullanımının büyük bir bölümü sera ısıtma amaçlıdır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30⁰C'den fazla sıcaklıktaki akışkan seraların ısıtılmasında kullanılmaktadır [11].

Tropikal bitki (Japonya) ve balık (Japonya'da timsah yetiştiriciliği dâhil) yetiştirilmesinde (Filipinler, Çin, İzlanda), tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan), toprak, cadde, havaalanı pistlerinin (Sibirya) ısıtılmasında ve yüzme havuzu, termal tedavi ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda, Türkiye, Çin, Endonezya, Yeni Zelanda, Arjantin, Doğu Avrupa Ülkeleri) kullanılmaktadır [17].

2.3.2. Endüstriyel uygulamalar

Jeotermal akışkan endüstriyel uygulamalar çerçevesinde; yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konserveçilikte (Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Tayland), kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayinde (Yeni Zelanda, Meksika), kağıt (Yeni Zelanda, İzlanda, Japonya, Çin), dokuma ve boyamacılıkta (Yeni Zelanda, İzlanda, Çin), derilerin kurutulması ve işlenmesinde (Japonya), bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtma (Japonya), soğutma tesislerinde (İtalya, Meksika) ve beton blok kurutulmasında (Meksika) kullanılmaktadır. Ayrıca bunlara, soğutularak içme suyu olarak kullanımını (Macaristan, Tunus, Cezayir) ve yıkama amaçlı olarak çamaşırhanelerde kullanımını (Japonya) ilave etmek gerekir [11].

Kimyasal madde üretimi çerçevesinde; jeotermal akışkan borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit: D₂O), amonyum sülfat, potasyum klorür vb. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika), jeotermal akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır (ABD, Türkiye) [17].

2.3.3. Elektrik enerjisi üretimi

Rezervuar sıcaklığı 150 ⁰C'yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Gerekli araştırmaları yapılmış olan bir jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan, seperatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar, türbinlere gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir [11].

Çeşitli araştırma tekniklerinin uygulanması sonucunda, jeotermal enerjinin oluşturduğu aşırı derecede ısınmış sular, uygun jeolojik koşullarda yapılan sondajlarla yaş ve kuru buhar olarak yeryüzüne çıkarılmaktadır. Bu jeotermal akışkan üzerinde basıncın azalması ile su buhar fazlarına ayrılmaktadır. Ayrılan buhar, jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmekte, atık su ise diğer ısıtma sistemlerinde kullanılmakta veya yeraltına basılmaktadır. Yaş buhar, buhar yüzdesinin ve entalpisinin yüksek olması durumunda elektrik üretimi için daha verimli olmaktadır. Yerkabuğunun derinliklerinden elde edilen kızgın kuru buhar ise doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir [18].

Günümüzde jeotermal enerjiden elektrik üretimi, başta ABD ve İtalya olmak üzere, Dünya'nın birçok ülkesinde (Yeni Zelanda, Japonya, Filipinler, Meksika, El Salvador, Nikaragua, Endonezya, Çin, Türkiye) yapılmaktadır. ABD'de, jeotermal akışkanlardan üretilen elektrik 1874 MWt olup, El Salvador'da 195 MWt, Türkiye'de ise 140 MWt civarındadır [19].

Dünya'da jeotermal santrallerin toplam kapasitesi 1985 yılı sonunda 4763 MWt dolaylarında olmuştur. Bu değer, 1990 yıllarında 9400 MWt'a, 2000 yılında 72890 MWt'a ulaşmıştır. 2005 yılında ise 120000 MWt'a ulaşması beklenmektedir. Bu veriler, jeotermal enerjinin önemli bir güç kaynağı haline geleceğini ve alışılmış fosil enerji kaynaklarının yerini alacağını göstermektedir [15].

2.3.4. Termal turizm

Kaplıca amaçlı termal su, ülkemizin yaklaşık %40-60'ında bulunmaktadır. Termal turizm yönünden önemli görülen 30 adet kaplıcaya ait termal kaynak suların ve sondaj kuyularının mevcut debilerine göre yapılan hesaplamalarda, en az 40000 yatak kapasiteli jeotermal tesis yapılabileceği ortaya çıkmaktadır. Japonya'da Beppu şehrine kaplıcalardan yararlanmak amacıyla yılda 13 milyon turist gelmektedir. Almanya'da kaplıca turisti sayısı yılda 7.3 milyon kişi olup, Almanya'daki toplam kaplıca yatağı 600000 civarında ve kaplıca kaynak sayısı yaklaşık 200 civarındadır. Ülkemizde, Almanya'ya göre on katı fazla kaynak bulunmasına rağmen, Avrupa standartları ve kurallarına uygun kaplıca tesisi ve yatağı bulunmamaktadır [20].

Türkiye'de termal su kaynaklarının kaplıca amaçlı işletilmesi, özel idare ve belediyelerin elindedir. Ayrıca, bu kaynakların etrafında bulunan arsalar da genellikle özel idareye, belediyeye veya hazineye aittir. Termal tesis (kaplıca) yatırımcısının, iki önemli alt yapı unsuruna birlikte sahip olması zorunludur. Bunlardan birisi arsa, diğeri termal sudur.

Bugüne kadar bu iki ana alt yapı unsurunu uygun ve cazip şartlarda temin edebilmiş yatırımcı bulunmamaktadır. Güneyde yaz turizmi nasıl yatırımcıya arsa tahsisi yapılarak teşvik ediliyorsa, termal turizm de termal su ve arsa tahsisi yapılarak teşvik edilmelidir. Termal turizm; bilimsellik, tıbbi uygulama ve teknikleri açısından Türkiye’de çok geri kalmış durumdadır. Özel idare ve belediyeler küçük, ucuz, basit ve tekniğe uygun olmayan tesislerin yatırımına yönelmişler ve neticede bu yanlış yatırımlarda tesislerin işletmeciliği yanlış, eksik ve sakıncalı olmuştur. Artık hamam ile kaplıca birbirinden ayrılmalıdır. Türkiye’de termal turizmin dışa açılması, Avrupa Standartlarında tesis yatırımı ve işletilmesi ve boşa akan termal kaynakların yerli ve yabancı özel sermayeye açılmasıyla mümkün olabilecektir [21].

2.4. Jeotermal Enerji İle Merkezi Isıtma Sistemi

Isıtma amacıyla çalışan bir jeotermal akışkan üretim kuyusu elemanları ve bu elemanların özellikleri aşağıda kısaca verilmiştir.

Üretim alanı; jeotermal akışkanın tüketildiği alan olup, 25–30 yıl gibi bir zaman sürecinde, her türlü jeofizik ve jeolojik özelliklerin saptandığı bir alandır. Üretim alanında, hazne kayanın derinliğine göre üretim yapan kuyular yer alır. Kuyuların artezyen yapıp yapmamasına ve kuyudan alınan jeotermal akışkanın kimyasal bileşimine bağlı olarak kuyu içi ve kuyu başı pompalama sistemleri vardır. Malzeme seçimi, jeotermal akışkanın kimyasal bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak yapılmaktadır. Jeotermal akışkanın, kimyasal bileşimine ve sıcaklığa bağlı olarak boru hattında meydana gelebilecek kabuklaşmaları önlemek için kuyu başında dozlaşma üniteleri yer alır [7].

Jeotermal pompalar; jeotermal akışkanı kuyu içinden tesisata pompalamak için kullanılan pompalar, soğuk su için kullanılan derin kuyu pompalarından farklıdır. Jeotermal kuyularda, üst seviyedeki su sıcaklığı ile daha alt seviyedeki su sıcaklığı arasında aşırı derecede sıcaklık farkı olabilir. Bu suları pompalama sırasında ilk anda üst seviyedeki su ve daha sonra da alt seviyedeki su çekileceğinden zamana bağlı olarak çekilen suda bir sıcaklık değişimi meydana gelir. Değişik sıcaklıklardaki akışkanla temas eden pompa boruları ve milleri, malzemelerin farklı olmasından dolayı aynı hızda ısınmadıkları için meydana gelecek farklı uzamaları telafi edebilecek bir konstrüksiyon yapılması gerekir. Ayrıca, mil yataklarının sıcaklığa dayanıklı malzemelerden yapılması ve bu malzemelerin yüksek sıcaklıklarda bozulmaması gerekir.

Gaz ayırıcı; jeotermal akışkanın içinde erimiş halde bulunan yoğunlaşmayan gazlar, tesisattaki eşanjörler de tıkanmalara sebep olacağından akışkandan ayrılması gerekir. Bunu

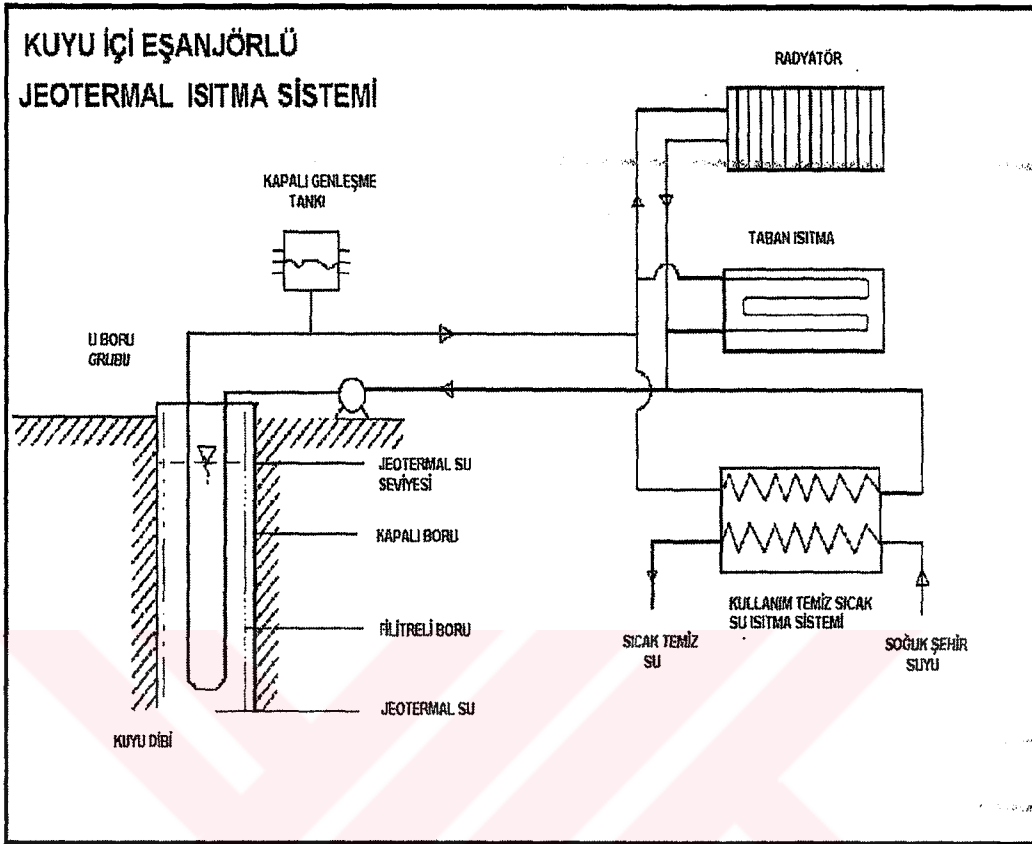
sağlayan gaz ayırıcı, pompa çıkışından sonra ilk kullanılan tesisat elemanıdır. Bazı durumlarda, yüksek sıcaklıklı akışkanlarda yeni gelen akışkandan ayrılan buhar, eşanjörden dönen daha düşük sıcaklıktaki akışkanla duşularak buharlaşma ile kaybolacak enerji geri kazanılır. Açığa çıkan gazlar için ise türlerine göre uygun bir ortama bırakılır.

Eşanjör; jeotermal tesislerde düşük sıcaklıklarda çalışıldığından ısı değiştirgeçlerinde $\Delta T=2$ °C farkla ısı iletiminin meydana gelmesi istenir. Bunu sağlayabilmek için en uygun yapı şekli plakalı ısı değiştirgeçleridir [7].

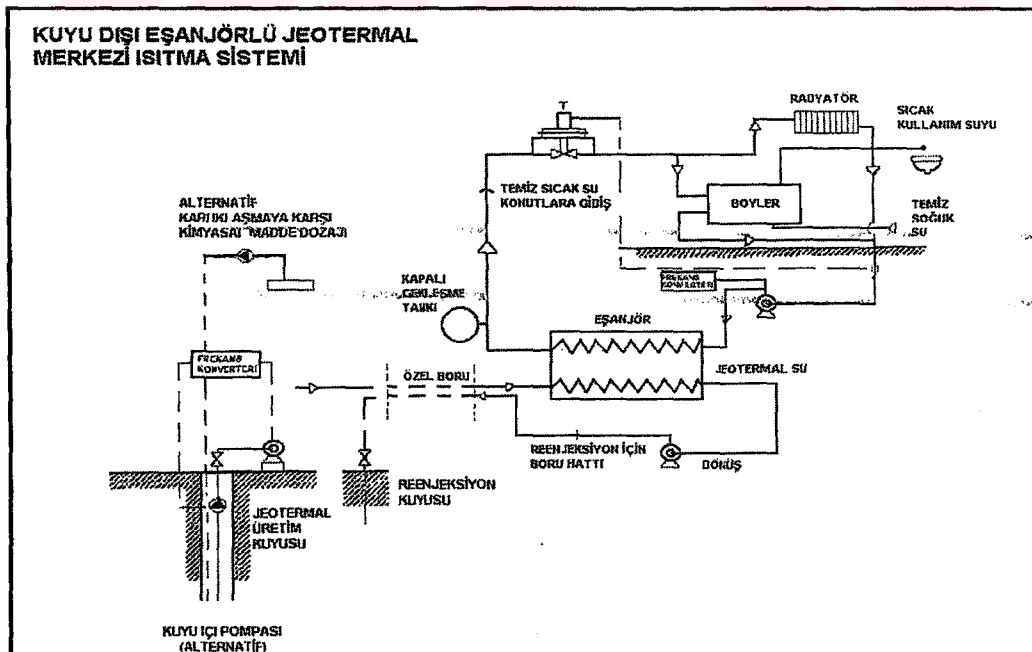
Plakalı eşanjör kullanımının bazı avantajları aşağıda verilmektedir [7].

1. Yüksek konfor: Şehir şebekesinden gelen suyu çok az bir süreye gereksinim duyarak ısıtabilmektedir.
2. Aşırı kompakt yapı: Diğer eşanjörlere göre %30 daha hafif olup, yine aynı oranda daha az hacme gereksinim duyar.
3. Basit tesisat yapısı: Plakalı eşanjörlerin montajı oldukça esnekler. Duvara kelepçelerle sabitlenir. Taban üzerinde ayakta ve ayak vazifesi gören bir iskelet üzerinde oturtulabilmektedir.
4. Esneklik: Eğer kullanılan şehir suyunun debisi arttırılmak istenirse bu yeni şartlara plakalı eşanjör kolayca adapte edilmektedir. Kapasite artış oranında levha eklenerek bu iş kolayca yapılabilir. Ayrıca, tesisat borularının (eşanjör giriş ve çıkış boruları) değiştirilmesine gerek yoktur.
5. Uzun ömür: Levhalar tamamen paslanmaz çelik olup, korozyona karşı tamamen duyarsızdırlar. Eşanjör temizlenirken eşanjörün tüm parçalarına ulaşmak mümkündür.

Kuyu içi ve kuyu dışı eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemleri ile jeotermal ısı pompası sistemlerine ait şemalar Şekil 2.2 ve 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kuyu içi eşanjörlü jeotermal ısıtma sistemi [11]



Şekil 2.3. Kuyu dışı eşanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemi [11]

Şekiller incelediğinde kuyu içi ve kuyu dışı eşanjörlü jeotermal merkezi ısıtma sistemleri görülmektedir. Her ısı kullanıcısı jeotermal enerjiden yararlanmak için plakalı ısı değiştirgeci koymak mecburiyetindedir. Böylece, üçüncü bir ısıtma devresi meydana gelmektedir. Bundan amaç ikinci devrede bulunan suyun korunması, kullanıcı devresindeki bir kaçaktan ikinci devrenin etkilenmesini önlemektir. Diğer amaç da kullanıcı eşanjörünün dönüşüne konulan bir debi ve sıcaklık kontrol vanası yardımı ile kullanım debisini sınırlamak, aynı zamanda kullanıcıların dönüş suyu sıcaklığını yeterince düşürmeden eşanjörlerine sıcak akışkan girmesini önlemektir. Böylece kullanım debisi sınırlandırılmış olmakta ve kullanıcıların düşük sıcaklıklı akışkanı kullanmaları sağlanarak kullanıcı sayısı ve sistem verimini arttırmak mümkün olmaktadır [22].

Genleşme deposu; binalara ısı iletebilecek olan kireçsiz suyun dolaştığı ikinci devredeki genleşmelerin giderilmesi için kapalı genleşme depoları kullanılması tercih edilmektedir. Bu sayede tamamen kapalı bir devrede dolaşan suyun kalitesinin korunması da sağlanmış olur. Kapalı genleşme deposunun yanında bulunan basınçlı azot tüplerinden sağlanan azot, ikinci devredeki suyun içine oksijen girmesini önleyerek korozyona karşı bir koruma sağlanmaktadır [23].

Enerji dağıtım boruları; merkezi plakalı eşanjörden çıkan sıcak suyu kullanıcılardaki eşanjörlere ileten boruların son derece iyi izole edilmiş olmaları ve maruz kalacakları sıcaklık farklılıklarından dolayı meydana gelecek uzamalardan hasar görmeyecek şekilde dizayn edilmiş olmaları gerekir. Uygulamada yalıtım maddesi olarak poliüretan köpükle izole edilmiş demir borular veya cam elyaf takviyeli polyster borular kullanılmaktadır [24].

2.5. Jeotermal Enerji Uygulamalarında Ortaya Çıkabilecek Problemler ve Çevresel Etkiler

Jeotermal enerji uygulamalarında kabuklaşma, ısı kaybı, korozyon kimyasal kirleticiler vb. sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Kabuklaşma; jeotermal akışkanlar, bileşimlerinin ve asiditelerinin bir fonksiyonu olarak çoğu kez kireç (CaCO_3) ve bazı durumlarda ise silis (SiO_2) kabuklaşmaları yapabilirler. Kuyu içi kabuklaşmasını engelleyecek yöntem, kuyu içerisinde belli bir basınç altında (kompresör ile) CO_2 gazı enjekte edilmesidir. Bütün bu yöntemler, sistemin çalışmasını engelleyici yönde olumsuzluklar içermektedir. En ideal yöntem; son yıllarda geliştirilen, inhibitör genel adı ile bilinen ve formülleri üretim firmalarınca gizli tutulan kimyasal maddenin kuyu içerisine belli miktarlarda enjekte edilmesidir [19].

Isı kaybı; jeotermal akışkanı kuyu başından türbinlere, meskenlerdeki radyatörlere, sera vb. yerlere ileten ısının borulardan kaybedilmesi iyi bir yalıtımla minimuma indirilmelidir. Metalik borular genellikle su geçirmez asbestli (amyantlı) çimento boru kılıfı içerisine sokularak izole edilmektedir. Bu yalıtım, boruları toprak altında korozyona karşıda korumaktadır [25].

Korozyon; bazı jeotermal akışkanlar ise asit karakterli olup betonu, metalleri, harçları vb. malzemeleri korozyona uğratarak kullanılmaz hale getirmektedir. Bunun önlenmesi için, korozyona dayanıklı (genellikle plastik) malzemenin kullanılması yeğlenmeli ve toprağa gömülü metalik elemanlar katodik koruma ile korozyonun etkisinden kurtarılmalıdır. Problemin diğer bir çözüm alternatifi de jeotermal akışkanın doğrudan kullanımı yerine, ısı enerjisinin eşanjörler vasıtasıyla başka bir suya aktararak değerlendirilmesidir [19, 26].

Kimyasal kirleticiler; jeotermal santrallerde ya da seralarda kullanımdan sonra atılan akışkanlar; gerek tuzlulukları, gerekse sıcaklıkları nedeniyle karıştıkları akarsu, göl veya deniz sularında biyokimyasal bir dengesizlik yaratabilirler, balıklara ve bitkilere zararlı olabilirler. Bu sorunun çözümü de jeotermal suyu yeraltına tekrar enjekte etmektir. Eğer teknolojik imkanlar elveriyorsa, jeotermal su içerisindeki kimyasal maddeler çeşitli yöntemlerle ortamdaki uzaklaştırılabilir [25].

Jeotermal uygulamalarda dikkat edilmesi gereken bir başka konu ise reenjeksiyondur. Termal akışkanın üretim kuyusundan çekildikten sonra eşanjörler aracılığıyla enerjisi alındıktan sonra oluşan atık niteliğindeki soğuk akışkanın çevreye zararsız hale getirilmesi amacıyla, üretim kuyusunun bulunduğu formasyonun dışında bir formasyona yeniden enjekte edilmesine, geri basım (reenjeksiyon) denir [27]. Reenjeksiyon işleminin aşağıda belirtilen iki amacı vardır [28].

- Akışkanın çevreye verdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmak,
- Üretim kuyusunun rezervini arttırmak ve rezervuar basıncını sabit tutmaktır.

Jeotermal sahalardaki reenjeksiyon işleminde en önemli parametreler, atık akışkanın kimyasal konsantrasyonu ve sıcaklığıdır. Bir jeotermal sistemde, reenjeksiyon düzeni için bilinen seçeneklerin başlıcaları aşağıda verilmiştir [28].

- Jeotermal alanda mevcut üretim kuyularına ters yönde, reenjeksiyon kuyularının açılması,
- Üretim ve reenjeksiyon kuyularının, alana karmaşık olarak dağıtılmasıdır.

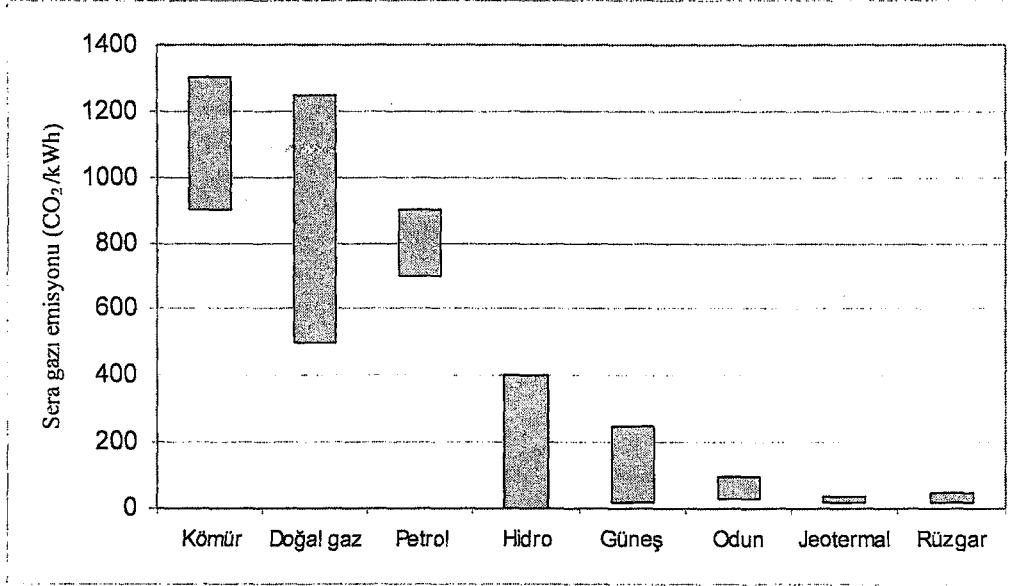
Bunların dışında, diğerk önemli bir boyut da derinliktir. Derinlik için de üç olasılık ortaya çıkmaktadır. Reenjeksiyon kuyusunun rezervuarı, beslenme noktasına üretim yapan seviyeye göre daha derin, aynı seviyede veya daha sığ da olabilir. Açık suların tekrar yer altına reenjeksiyonu, hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle, ülkemizde reenjeksiyon uygulamalarının yaygınlaştırılmasına önem verilmelidir [29].

Jeotermal akışkanın tarımsal alanlarda olumsuz etkileri olabilmektedir. Tarımda sulama amaçlı kullanılan suların kirlenmesinde rol oynayabilecek olan en etkin faktörler; bor, atık sodyum karbonat (Na_2CO_3), toplam tuzluluk, alkalinite ve as değerlerinin belli limitlerin üzerine çıkmalarıdır. Jeotermal akışkanın enerjisinin alınmasında, kuyu içi eşanjör sisteminin kullanılması durumunda veya akışkanın enerjisi alındıktan sonra reenjeksiyon yapılması durumunda bu etkiler söz konusu olmamaktadır.

Fosil yakıtlarının kullanımı sonucu oluşan ve yanma gazları atmosfere atılan kükürt oksitler, azot oksitler, karbondioksit, karbon monoksit ve partikül maddeler önemli hava kirleticileridir. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere bırakılan karbondioksit emisyonu, atmosferde birikerek sera etkisi yaratmaktadır. Sera gazları, dünyaya ulaşan kısa dalga boylu ışınları geçirmekte ve bu ışınlar yeryüzünden yayılan uzun dalga boylu ışınları ise geçirmemekte ve yeryüzünün ısınmasına, yani küresel ısınmaya yol açmaktadır [30].

Jeotermal enerji, fosil yakıtların tüketimi ile ilgili olarak ortaya çıkan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atımından doğan insan sağlığı ve çevre sorunlarının önlenmesi bakımından büyük önem taşımaktadır. ABD Enerji Bakanlığı'nın verilerine göre; Şekil 2.4'deki sera etkisi yaratan karbondioksit emisyonunun, jeotermal enerji de sifıra yakın olduğu ve diğerk fosil ve alternatif enerji kaynaklarında ise çok daha fazla olduğu saptanmıştır.

Jeotermal enerji, konvansiyonel enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, sadece ucuz enerji temini açısından değil, çevrecilik yönünden de rakipsizdir. Jeotermal enerjiye dayalı modern elektrik santrallerinde CO_2 , NO_x ve SO_2 atımı çok düşük düzeydedir [31].



Şekil 2.4. Birim enerji başına sera gazı emisyon aralıkları [32]

Üretilen kWh enerji başına sera gazı emisyon aralıkları incelendiğinde, bu aralıkların kömürde 900–1300 g/kWh, doğal gazda 500–1250 g/kWh, güneş enerjisinde 20–250 g/kWh, rüzgar enerjisinde 20–50 g/kWh iken jeotermal enerjide 20–35 g/kWh olduğu görülmektedir.

2.6. Jeotermal Enerji Uygulamaları

2.6.1. Dünya’da jeotermal enerji uygulamaları

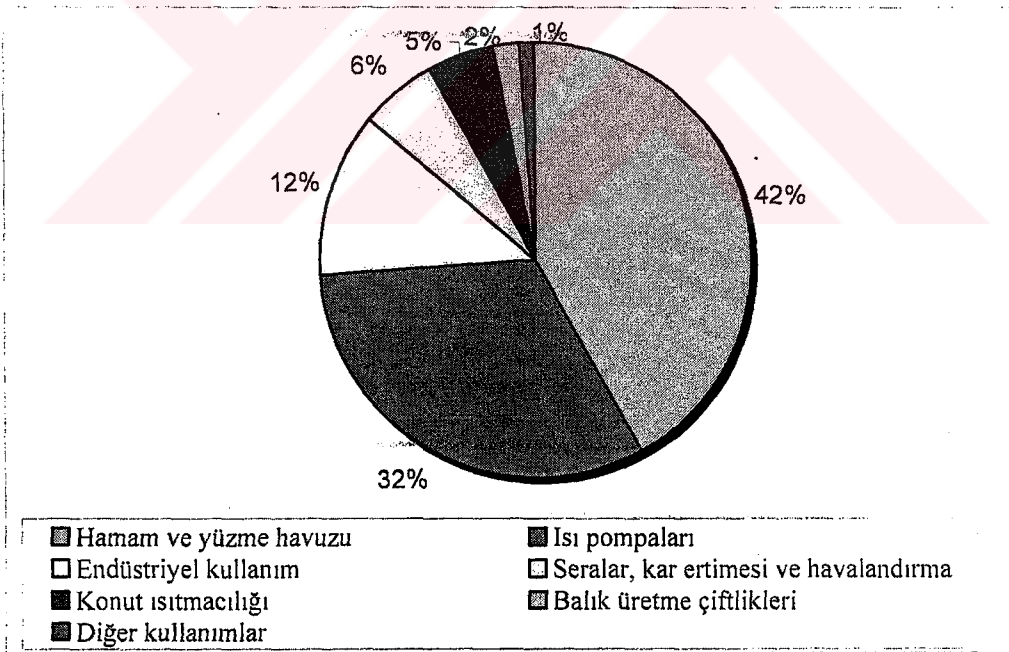
İlk çağlardan beri ilkel yollarla sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya’da asit borik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra, 1904 yılında Larderello (İtalya) yöresinde, yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında gücü 250 KWe olan ilk turbo jeneratör kurulmuştur. Bugün İtalya, Amerika, Japonya, Filipinler ve Yeni Zelanda başta olmak üzere 22 ülkenin jeotermal kaynaklı elektrik üretimi 8274 MW’a ulaşmıştır. Bu gücün yaklaşık 10 nükleer güç santraline eşdeğer olduğu bilinmektedir. Bu üretimin en büyük bölümü ABD’de olup, 2228 MWe işletme kapasitesine sahiptir. Bunu sırasıyla Filipinler, Meksika, İtalya ve Japonya izlemektedir [28].

1930’larda ise jeotermal enerji, İzlanda’nın Reykjavik kentinde ısıtma amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. 1949 yılında Yeni Zelanda Wairakei sahasında, turistik bir otele sıcak su temini amacıyla başlanan sığ sondajlara, daha sonra elektrik elde edebilmek amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında burada 200 MWe kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960’da

Amerika'da, 1961'de Meksika'da ve 1966'da Japonya'da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımı dünya çapında yayılmıştır [11].

Günümüzde Dünya'da, enerji ihtiyacının büyük bir kısmı hidrolik enerji ve fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu fosil yakıtların bitmesi ve bunların yerini yeni enerji kaynaklarının alması beklenmektedir. Jeotermal enerji de bunlardan biridir ve gün geçtikçe gelişmektedir. Jeotermal enerji üretim maliyeti, diğer enerji kaynaklarına oranla düşüktür. Bu maliyet, entegre kullanımlar söz konusu olduğunda, daha da düşmektedir. Şöyle ki 110 MWe kapasiteli bir santralden üretilen elektriğin şebekeye satış bedeli 4 cent/kWh'dir [11].

Dünya'da jeotermal enerjinin, %42'si hamam ve yüzme havuzlarında, %32'si konut ısıtımında, %12'si jeotermal ısı pompalarında, %6'sı balık üretme çiftliklerinde, %5'i endüstriyel kullanımda, %2'si diğer kullanımlarda, %1'den azı da seralarda, kar eritmede ve havalandırmada kullanılmaktadır. Bu değerler Şekil 2.5'de verilmiştir [33].



Şekil 2.5. Jeotermal enerjinin uygulama alanları [33]

1995'ten 2000 yılına kadar dünyada jeotermal enerjiden elektrik üretiminde %17, elektrik dışı uygulamalarda ise %87 artış olmuştur [31]. 1995-2000 yılları arasında Dünya jeotermal elektrik üretim kapasitesi ve 2005 yılı için hedeflenen kapasite değerleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. 1995–2000 yılları arasında dünya jeotermal elektrik üretim kapasitesi ve 2005 yılı için hedeflenen kapasite değerleri [33]

ÜLKE	1995 (MWe)	2000 (MWe)	2005 (MWe)	1995–2000 Artış (MWe)	Artış (%)
Arjantin	0.67	0.00	-	-0.67	-
Avustralya	0.17	0.17	-	0.00	0.00
Amerika	2816.70	2228.00	2376.00	-588.00	-
Çin	28.78	29.17	-	0.39	1.35
El Salvador	105.00	161.00	200.00	56.00	53.30
Endonezya	309.75	589.50	1987.50	279.75	90.30
Filipinler	1227.00	1909.00	2673.00	682.00	55.80
Fransa	4.20	4.20	20.00	0.00	0.00
Guatemala	0.00	33.40	33.40	33.40	0.00
İtalya	631.70	785.00	946.00	153.39	24.30
İzlanda	50.00	170.00	186.00	120.00	240.00
Japonya	413.71	546.90	566.90	133.20	24.30
Kenya	45.00	45.00	173.00	0.00	0.00
Kosta Rica	55.00	142.50	161.50	87.50	159.00
Meksika	753.00	755.00	1080.00	2.00	0.00
Nikaragua	70.00	70.00	145.00	0.00	0.00
Portekiz	5.00	16.00	45.00	11.00	220.00
Rusya	11.00	23.00	125.00	12.00	109.00
Tayland	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00
Türkiye	20.40	20.40	250.00	0.00	0.00
Yeni Zelanda	286.00	437.00	437.00	151.00	52.80
Toplam	6833.00	7974.00	11414.00	1141.00	17.00

Çizelgede görüldüğü gibi, İzlanda, Portekiz, Kosta Rica ve Rusya'da son beş yıllık dönemlerde %40'ın üzerinde artış olmuştur. Türkiye'de ise 2005 yılı hedefi 250 MWe olarak belirlenmiştir. Jeotermal enerjinin en yaygın kullanıldığı ülkeler, Çin, Japonya, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir.

2.6.2. Türkiye’de jeotermal enerji uygulamaları

Alp-Himalaya orojenik kuşağı üzerinde bulunan ve genç tektonik etkinlikler sonucu gelişen grabenlerin, yaygın volkanizmanın, doğal buhar ve gaz çıkışlarının, hidrotermal alterasyon ve sıcaklıkları yer yer 102 °C’ye ulaşan, 1000’in üzerindeki sıcak su kaynağının varlığı Türkiye’nin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir [11].

Jeotermal sular ile ilgili ilk araştırmalar 1960 yılında Maden Tetkik Arama Enstitüsü (M.T.A.) tarafından başlatılmıştır. O zamandan beri elde edilen istatistiklere göre, ülkemizin teorik jeotermal elektrik güç potansiyeli yaklaşık olarak 4500 MWe iken teorik jeotermal ısıtma potansiyeli ise 31500 MWt’dir [34]. Bu potansiyelimiz, şu anda dünyada kullanılmakta olan jeotermal gücün yaklaşık 2 katı kadardır. Belirtilen potansiyelin ekonomik değeri ise 10.7 milyar \$ olarak hesaplanmıştır [35]. Türkiye’de jeotermal enerjiden yararlanma konusundaki en önemli faaliyetler doğrudan kullanım uygulamalarıdır. Halen jeotermal enerjiden yararlanarak 61000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır [36]. Mühendislik tasarımı açısından 300000 konut eşdeğeri ısıtma projesi tamamlanmıştır [34].

Konut ısıtmasında ve toplam 565000 m²’lik sera ısıtmasında kullanılan jeotermal kapasite 665 MWt’dir. Jeotermal akışkan 195 adet kaplıcada sağlık amaçlı kullanılmaktadır. Buralardaki kullanım kapasitesi 327 MWt’dir. Bu durumda, doğrudan kullanım uygulamalarındaki toplam kapasite 992 MWt olmaktadır [36]. Şu andaki tahmini jeotermal kapasitemiz 31500 MWt olduğu göz önüne alınırsa, mevcut teorik potansiyelimizin ancak %3.2’sinden yararlanılabilmektedir. Ülkemizdeki tüm kuyulardan ve artezyenlerden elde edilen jeotermal akışkanların görünür kapasitesi ise 3138 MWt’dir [37].

Ülkemizde 2000 yılında güç üretimi 20 MWe, jeotermal ısı kapasitesinin 493 MWe ve kaplıca kullanımını 327 MWe olmuştur. 2010 yılı jeotermal ısı kapasitesinin 3800 MWt, güç üretiminin 500 MWe ve balneolejik kullanımın 895 MWt olacağı, 2020 yılında ise ısı kapasitesinin 8200 MWt, güç üretiminin 1000 MWe ve balneolejik kullanımın 2300 MWt olacağı tahmin edilmektedir [38].

Elektrik üretimi açısından jeotermal enerji potansiyelimiz 765 MWe’dir. Ancak ispatlanmış durumdaki kapasite 200 MWe civarında görünmekteyken bazı çalışmalarla bunun 350 MWe’ye ulaşacağı belirtilmektedir. Halen tek jeotermal elektrik santralimiz olan Kızıldere jeotermal güç santralinde ortalama 12 MWe’lik güç üretilmektedir [37]. Yani mevcut jeotermal güç potansiyelimizin de %1.5’inden yararlanılabilmektedir. Ülkemizde elektrik üretmeye uygun olan jeotermal kaynaklar Çizelge 2.3’de verilmiştir [36, 39].

Çizelge 2.3. Türkiye’de elektrik üretimine uygun jeotermal sahalara ve rezervuar sıcaklıkları

Jeotermal Saha	Rezervuar Sıcaklığı (°C)
Denizli-Kızıldere	242
Aydın-Germencik	232
Manisa-Salihli-Göbekli	183
Çanakkale-Tuzla	174
Aydın-Salavatlı	171
Kütahya-Simav	162
İzmir-Seferihisar	153
Manisa-Salihli-Caferbeyli	150
Aydın-Yılmazköy	142
İzmir-Dikili	130

Çizelgede görüldüğü gibi en yüksek rezervuar sıcaklığına sahip jeotermal saha Denizli-Kızıldere olup bundan sonra sırayla; Aydın-Germencik, Manisa-Salihli-Göbekli, Çanakkale-Tuzla sahaları gelmektedir. Rezervuar sıcaklığı açısından Kütahya-Simav ise 162 °C ile 6. sırada yer almaktadır.

Aydın-Germencik sahasında, elektrik santrali kurmak amacıyla şu ana kadar 9 adet kuyu açılmıştır. Kuyulardan elde edilen toplam debi yaklaşık 400 kg/s, jeoakışkan sıcaklığı 210 °C ve akışkanın kuyu başı basıncı da 15-18 bar’dır. Bu sahada yap-işlet-devret modeliyle yapılacak santralin yakın bir zamanda işletmeye alınacağı belirtilmektedir. Literatürde, santralin 25 MWe’lik güç üreteceği daha sonra da bu gücün 100 MWe’ye çıkartılacağı ve yapım maliyetinin 46.7 milyon ABD \$ olacağı belirtilmiştir [36, 39].

Ülkemizde halen işletmede olan 11 adet bölgesel ısıtma sistemi bulunmaktadır. Bu sistemlerin eşdeğer konut kapasiteleri, sistemlere entegre olan kullanımlar, işletmeye alınma yılları, kapasiteleri, kaynak sıcaklıkları ve kullanıcılar tarafından 100 m²’lik bir daireye 2003–2004 ısıtma sezonunda ödenen ücretler Çizelge 2.4’de verilmiştir [36, 39].

Çizelge 2.4. Ülkemizdeki jeotermal bölgesel ısıtma sistemleri ve bazı işletme bilgileri [2004]

Şehir	İşletmeye Alınma Yılı	Isıtma Kapasitesi (eşdeğer Konut sayısı)	Entegre Olan Kullanımlar*	Jeotermal Akışkan Sıcaklığı (°C)	Toplam Kapasite (MWt)	Kullanıcıların Ödediği Aylık Ücret ** (ABD \$)
Gönen	1987	3400	K, E	80	11.42	34
Simav	1992	3200	K, S	120	126.44	33
Kırşehir	1994	1800	K	57	45.15	26
Kızılcahamam	1995	2500	K, S	80	20.92	26
Balçova	1996	11500	K	137	76	24
Afyon	1996	4500	S	95	221.23	31
Kozaklı	1996	1000	S	90	57.65	35
İzmir-Narlıdere	1998	1500	-	98	-	24
Diyadin	1998	400	K	78	87.04	Belirtilmemiş
Sandıklı	1998	2000/5000	K	70	32.47	18
Salihli	2002	2000/20000	K	94	142	19

* K: Kaplıca, E: Endüstriyel amaçlı, S: Sera

** 2003-2004 ısıtma sezonu

Çizelge incelendiğinde, en çok konut ısıtması yapılan yer, Balçova ve Narlıdere olduğu görülmektedir. Yapılan bu ısıtmanın toplam kapasitesi 76 MWt'dir. Bunun yanında en son işletmeye alınan yerleşim yeri Salihli olduğu ve toplam kapasitesinin de 142 MWt olduğu görülmektedir.

Halen Denizli ve Sarayköy bölgesel ısıtma sistemleri üzerinde çalışılmaktadır. Ülkemizde 1983'ten beri jeotermal bölgesel ısıtma sistemine bağlanan konut sayısı, yılda ortalama %23 oranında artmıştır [26].

Son yıllarda meyve ve sebze üretiminin dünyadaki stratejik öneminin artması, sera uygulamalarının yaygınlaşmasına yol açmıştır. Ülkemiz sera yapımına uygun verimli topraklara sahiptir. Sera ürünlerinin ekonomik değerinin daha fazla olması nedeniyle, bu topraklardan özellikle organik tarım ürünleri yetiştirmek oldukça kazançlı bir değerlendirme olacaktır. Sera ısıtması amacıyla kullanılacak en ucuz ısıtma sistemi jeotermal enerjili ısıtmadır. Ülkemizde, 590000 m²'lik jeotermal ısıtmalı sera uygulaması bulunmaktadır (131

MWt). Türkiye’de ki mevcut jeotermal sera ısıtma uygulamalarının yerleri, ısıtılan alanları ve kapasiteleri Çizelge 2.5’de verilmiştir [36].

Çizelge 2.5. Türkiye’deki jeotermal sera uygulamaları ve kapasiteleri

Yer	Alan (m ²)	Kapasite (MWt) (a)	Yer	Alan (m ²)	Kapasite (MWt) (a)
Şanlıurfa	106000	24.5	Dikili	120000	24.0
Simav	105000	33.0	Gölemezli	1000	0.2
Sındırgı	2000	0.4	Seferihisar	6000	1.06
Afyon	5500	1.5	Bergama	2000	0.4
Kızıldere	10750	2.4	Germencik	500	0.1
Balçova	100000	17.6	Edremit	49620	8.7
Kestanbol	2000	0.4	Ezine	1500	0.3
Sarayköy	2000	0.6	Niksar	500	0.14
Tekke hamam	8000	1.8	Kızılcakhamam	5000	1.45
Yalova	600	0.12	Gediz	8500	2.1
Kozaklı	4000	1.2	Tuzla (Çanakkale)	50000	9.0
Toplam				595000	131

(a) Yük faktörü 0.6 olarak alınmıştır.

Çizelge incelendiğinde, jeotermal enerji ile en fazla ısıtılan sera alanı Simav ve Dikili’de olduğu görülmektedir. Bundan sonra sırasıyla Şanlıurfa, Balçova, Edremit ve Çanakkale- Tuzla da kapasitesi 50000 m²’nin üzerinde sera alanları bulunmaktadır. Bunun yanında jeotermal enerji ile en az sera ısıtması yapılan yerler; Yalova, Niksar ve Germencik’de olduğu görülmektedir. Toplam jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanı 595000 m² olup, toplam kapasitesi 131 MWt’dir.

Ülkemizde jeotermal enerjiden endüstriyel amaçlı kullanım çok düşük seviyededir. Bu konuda önemli bir potansiyelimiz bulunmaktadır. Örneğin; jeotermal sahalara yakın konumdaki tüm fabrikalar proses ısısı ve mekan ısıtma amaçlarıyla jeotermal enerjiden yararlanabilirler. Özellikle Ege ve Marmara bölgeleri, hem yoğun endüstri bölgelerine, hem de önemli jeotermal sahalara sahiptir. Jeotermal enerjiden çeşitli alanlarda üretim yapmak mümkündür. Şu an ülkemizde jeotermal akışkanlardan kuru buz üretimi, sıvı CO₂ üretimi ve kalsiyum karbonat

üretimi yapılmaktadır. Endüstriyel amaçlı bazı jeotermal enerji kullanımları aşağıda belirtilmiştir.

Denizli-Kızıldere jeotermal santraline entegre olarak çalışan, yılda 120000 ton kuru buz ve sıvı CO₂ üretimi yapılan tesis (Karbogaz), sıvı CO₂'nin fiyatının 250 \$/ton olduğu düşünülerek, bu tesis ülke ekonomisine yılda 30 milyon \$ kazanç sağlamaktadır [40].

Balıkesir-Gönen jeotermal sistemine bağlı 54 adet tabakhanenin proses ısı ihtiyacının karşılanması uygulaması, Ağrı-Diyadin jeotermal sistemine entegre olarak çalışan sıvı CO₂ ve kalsiyum karbonat üretimi yapılan tesislerdir. Bu sahada 25 ton/yıl sıvı CO₂ ve 7000 ton/yıl kalsiyum karbonat üretimi yapılmaktadır. Tekstil endüstrisinde beyazlatıcı olarak kullanım gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda ülkemizde sağlık amaçlı kaplıca kullanımı (balneoloji) artış göstermektedir. Balneolojik amaçlı, yaklaşık 40 °C sıcaklığa sahip debi potansiyelimiz 50000 kg/s'dir. Bu debiyle günde 8 milyon kaplıca müşterisine hizmet verilebilir [36].

2.6.3. Simav jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi

Batı Anadolu bölgesi graben sistemi ve bu sistemi oluşturan kırıklar üzerinde yer alan Kütahya, jeotermal kaynaklar açısından ülkemizin zengin sayılabilecek illerinden birisidir. Bu kaynaklardan, halen sağlık turizmi ısınma amaçlı olarak sınırlı miktarda yararlanılmaktadır. İl bazında 12 değişik merkezde, sıcaklıkları 40–162 °C arasında değişen jeotermal potansiyelin çoğu kaplıca şeklinde olup, bu potansiyelin entegre tesislerle daha faydalı hale getirilebileceği düşünülmektedir. Termal Turizm Merkezleri oluşturulması çalışmaları esnasında Kütahya'daki altı merkez "Termal Turizm Merkezi" ilan edilmiştir [41]. Bu merkezler; Yoncalı, Ilıca-Harlek, Gediz-Ilıcasu, Gediz-Muratdağı, Emet-Yeşil-Kaynarca, Simav-Eynal kaplıcaları olup, bu kaynakların büyük bölümünde yeterli tesis olmasına rağmen daha da geliştirilerek aktif dış turizmin hizmetine sunulabilir. Kütahya il sınırları içinde bulunan yerleşim yerlerinin jeotermal enerji envanteri Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Kütahya'nın batısında yer alan Simav ilçesi, Türkiye'nin en önemli 15 jeotermal alanından birisidir. Simav-Eynal sahasındaki jeotermal kaynaklardan termal turizm, konut ısıtması ve seracılık şeklinde yararlanılmaktadır. Jeotermal enerji kaynağı ile Simav'da 3200 konut ile 105 bin m²'lik sera ısıtması yapılmaktadır [24]. Jeotermal merkezi ısıtma sisteminde jeotermal su şehir merkezi girişindeki güç merkezi taşınmakta ve tekrar jeotermal sahaya reenjeksiyon amaçlı gönderilmektedir.

Çizelge 2.6. Kütahya bölgesindeki jeotermal enerji kaynakları [41, 42].

Bölge	Yıl	Kuyu No	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Mevcut Değerlendirme	Sahanın Geliştirilmesi Halinde Yapılabilecek Değerlendirmeler
Simav Eynal Çitgöl Naşa	1985	E-1	65.8	143	14	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Sera ısıtması Simav ilçesinin ısıtılması Endüstriyel kullanım Elektrik üretimi	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Sera ısıtması Simav ilçesinin ısıtılması Endüstriyel kullanım Elektrik üretimi
	1985	E-2	149.5	158	55		
	1985	E-3	150	149	50		
	1994	E-4	220	98	1		
	1995	E-5	300	97	6		
	1995	E-6	169	170	60		
	1996	E-8	225	150	50		
	1990	EJ-1	725.2	162	72		
	1990	EJ-2	958	158	1		
1991	EJ-3	450	150	50			
Yoncalı	-	YON-1	301.5	42	8	Basit kaplıca uygulaması	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Isı pompası uygulaması
	1991	YON-2	377	41.5	59		
	1993	YON-3	300	40	25		
	1997	YON-5	450	40	18		
2003	YON-6	380	41	7			
Gediz Abide Muratdağı	-	GI-1	301	78	47	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Sera ısıtması	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Sera ısıtması Gediz ilçesinin ısıtılması
	-	GI-2	542	97	120		
İlca- Harlek	2003	HI-1	190	37	45	Basit kaplıca uygulaması	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Isı pompası uygulaması
Emet Yeniceköy Dereli Göbel	-	-	-	43-47	17	Basit kaplıca uygulaması Sera ısıtması	Basit kaplıca uygulaması Termal tesis ısıtma Sera ısıtması Emet ilçesinin ısıtılması
	-	-	-	47-49	1		
	-	-	-	39-41	60		
	-	-	-	32	10		

Simav jeotermal açılmış kuyulardan Çizelge 2.6'da görüleceği gibi; Eynal, Çitgöl, Naşa EJ-1'de 725 metrede 162 °C ve 72 kg/s debisinde sıcak su ve buhar karışımı akışkana ulaşılmıştır. Kuyu başı sıcaklığı ise 147 °C olan jeotermal akışkanın sıcaklığı merkezi ısıtma için oldukça yüksektir. Bu nedenle; Simav yöresindeki mevcut jeotermal enerji kaynaklarından binary çevrimle elektrik üretilme olasılığı araştırılmış ve santralin ön fizibilite çalışması yapılmıştır [42]. Simav ilçesinde mevcut kullanımların yanında sahanın geliştirilmesi halinde endüstriyel kullanım gerçekleştirilebilecek ve elektrik elde edilebilecektir.

Yaklaşık 3000 yıldan beri kaplıca hamamı olarak kullanılan bu bölgede, 1980'li yılların ikinci yarısında değişik amaçlı kullanımlar (konut ısıtması, sera ısıtması, termal turizmi vb.) için çalışmalar başlatılmıştır. 1989 yılında fizibilite raporu hazırlanarak jeotermal enerji ile

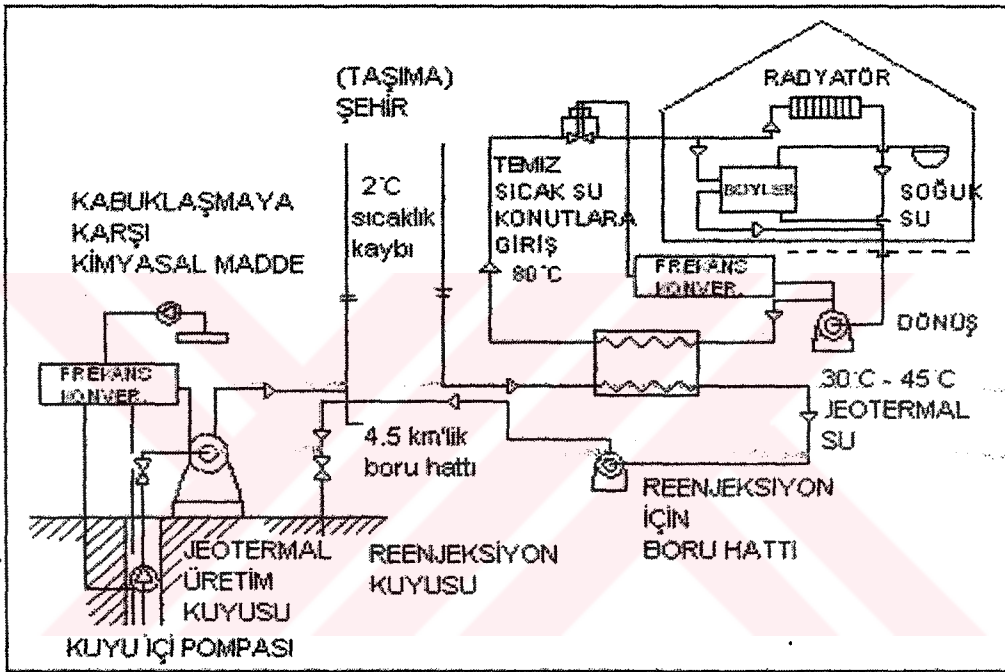
konutların ısıtılması için ilk ciddi adım atılmıştır. Önce termal su kabuklaşma, korozyon ve üretim testi yaptırılmış, hemen arkasından 3500 konutluk jeotermal enerji merkezi ısıtma projesi hazırlanmıştır. Aynı yıl, hazırlanan bu proje uygulamaya alınarak 5809 m ön izoleli özel paket boru (cam elyaf) siparişi verilmiştir. Plate tip ısı eşanjörünün İsveç'ten ithalinden hemen sonra 1991 yılında şehir içi dağıtım borularının döşenmesine başlanılmış, aynı yıl şehir içine 5000 m ön izoleli özel paket boruların döşenmesi, 1992 yılında kuyu başı binası, merkez eşanjör binası ve Simav-Eynal arasındaki termal su taşıma hattı tamamlanmıştır [24].

Eynal kuyu başı ve merkez eşanjör binasında gerekli olan malzemelerin bir kısmı özel imal ettirilerek, bir kısmı da yurt dışından ithal edilerek tamamlanmış olup, montajı da Belediye tarafından yapılmıştır. Eynal-Simav arasındaki termal su taşıma hattı boruları Fransa'dan ithal edilmiştir. 4500 m olan bu hattın kanal kazım ve boru döşeme işçiliği de bir Fransız teknisyenin öncülüğünde Belediye'nin teknik eleman ve işçilerince gerçekleştirilmiştir.

Simav jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi yatırımı için Çevre Bakanlığı'ndan kredi sağlanmıştır. Ayrıca, abonelerden iki yıllık abonman ücretleri peşin alınmıştır. Her abone, bina içi tesisatlarını kendi yaptırmaktadır. Tesisat projesine göre, kontrol ve denetim Simav Belediyesi tarafından yapılmaktadır. Sistem, 1992 yılı Aralık ayında devreye alınmış olup, I. Etap yatırımı 2.382 milyon \$'dır. Tesis, kendisini 4 yıl gibi kısa bir sürede geri ödemiştir. Şu anda yaklaşık 3200 konut jeotermal enerji ile ısıtılmakta olup, 1 m² alan için aylık abone ücreti 0.472 YTL'dir (Aralık-2004). Sistemin I. Etap kapasitesi 3500 konut, II. Etap toplam kapasitesi 6500 konuttur. Isıtma sisteminin ana değeri I. Etap için 33 MWt (ısı) ve II. Etap için 61 MWt (ısı)'dır. Jeotermal suyun 4.5 km'lik boru hattındaki sıcaklık kaybı yaklaşık 2 °C dolayındadır [24].

Simav merkezi ısıtma sistemini Eynal jeotermal sahasındaki 720 m derinlikte, 70 l/s debide ve 162 °C sıcaklıktaki kuyu beslemektedir. Şu andaki 3200 konutun jeotermal merkezi ısıtılması ve kullanım sıcak suyu temini için en soğuk havada en fazla 55 l/s jeotermal su kullanılmaktadır. Jeotermal kızgın su kuyu başı sıcaklığı 55 l/s debide, 145 °C olmaktadır. Jeotermal su, ilçe girişinde bulunan jeotermal eşanjör merkezine yaklaşık 4500 m'lik bir boru hattı ile taşınmaktadır. Kuyu başı sistemindeki pompalar ısı ihtiyacına göre kademeli olarak devreye girmektedir. Jeotermal su boru hattı yaklaşık 1.5 m derinlikte gömülü olan özel paket borular ile yapılmaktadır. Bu boru hattı 6500 konuta yetecek şekilde projelendirilmiştir. Kuyudaki kabuklaşmayı önlemek için kimyasal madde enjekte edilmektedir. Jeotermal enerji, merkezde bulunan plate tip eşanjör vasıtası ile şehir konut ısıtması ve kapalı çevrimdeki temiz soğuk suya aktarılmaktadır. Isıtılmış bu su, şehir içindeki kapalı devrede dolaşmaktadır. Yeni

düzenlemeye göre her konuta bir eşanjör yerleştirilmiştir. Konut içinde kapalı devre dolaşım yapan şebeke suyu konut girişindeki eşanjörden enerji devri ile ısıtılıp, kalorifer peteklerine ve kullanma musluklarına verilmektedir. Şehir girişindeki eşanjör merkezine gelen jeotermal su, şehir içi kapalı devredeki suya enerji devri yapıp, tekrar 4.5 km dönüş borusundan geri nakledilerek yeraltına reenjeksiyon yapılmaktadır [43]. Simav jeotermal merkezi ısıtma sistemi şematik olarak Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Simav'da jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi [24]

Şekil incelendiğinde; sirkülasyon pompaları ısı yüküne bağlı olarak frekans konvektörleri aracılığıyla debi, basınç ve devir değeri ayarlanarak çalıştırılır. Konutlarda bulunan boylerlerde merkezi sistemden gelen sıcak su, temiz şebeke suyudur.

Şehir merkezindeki diğer konutların da merkezi sistemle ısıtılması için çalışmalar devam etmekte olup, birkaç yıl içerisinde 6500 konutluk ısıtma projesinin tamamının uygulanması planlanmaktadır. Daha önce kömür ya da sıvı yakıtla ısıtılan kaloriferli konutlara basit birkaç değişiklik yapılarak jeotermal enerji ile ısıtılmış sıcak su verilebilmektedir. Soba ile ısıtılan konutlara ise öncelikle kalorifer ve sıcak su sistemi döşenmesi gerekmektedir. Bu sistemde, konutların ısıtılmasında kullanılan boru ve donanımlar odaların tabanına döşenmektedir. Söz konusu sistem kalorifer peteği kullanılarak yapılan ısıtmaya göre daha ekonomik ve daha kullanışlıdır [43].

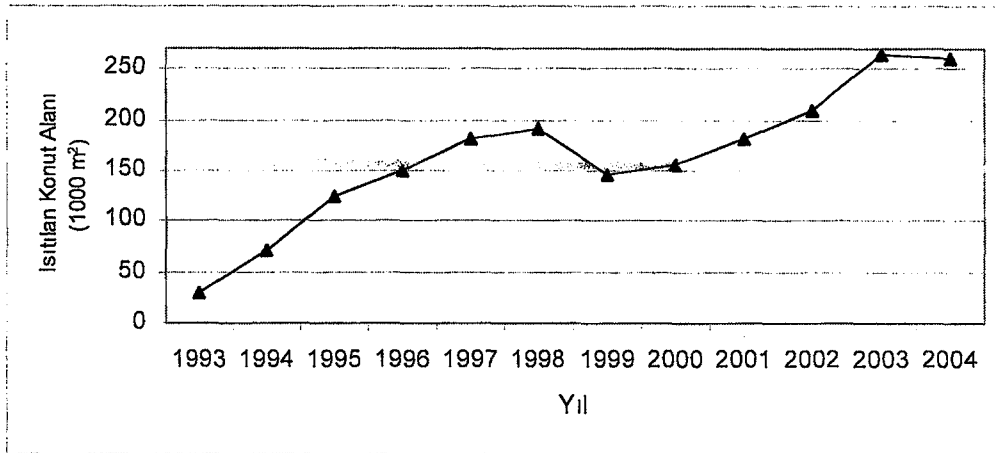
2.6.4. Simav'da jeotermal enerji kullanımı ve bölge ekonomisine etkileri

Simav ilçe merkezinde, jeotermal enerji kullanımına 1992 yılında başlanmasıyla birlikte olumlu yönde değişimler meydana gelmiştir. Öncelikle, ısınma giderleri büyük ölçüde azalmıştır. Seracılık ve termal turizm jeotermal enerji kullanımı ile birlikte ivme kazanmıştır. Simav'da jeotermal enerjinin kullanım alanlarının yıllara göre gelişimi 2004 yılı itibariyle Çizelge 2.7'de verilmiştir. Şekil 2.7 ve Şekil 2.8'de jeotermal enerji ile konut ve sera ısıtılmasının, Simav Termal Tesisleri yatak kapasitesinin yıllara göre değişimi Şekil 2.9'da verilmiştir.

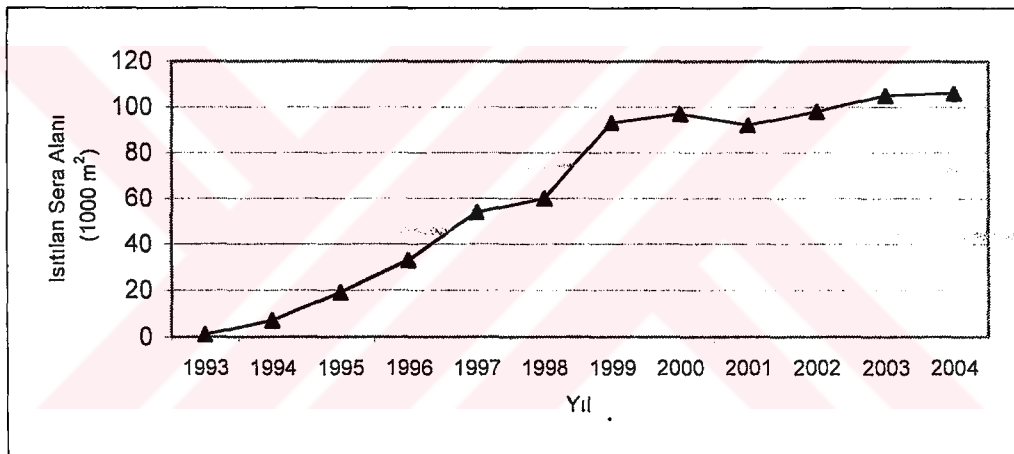
Çizelge 2.7. Jeotermal enerjinin kullanım alanları ve yıllara göre gelişimi [24]

Yıl	Isıtılan Konut Alanı (m ²)	Isıtılan Sera Alanı (m ²)	Termal Turizm Yatak Kapasitesi (kişi/gün)
1993	29000	1000	530
1994	71000	7000	600
1995	124000	18800	700
1996	150250	32950	700
1997	180500	54050	700
1998	191000	59500	700
1999	184247	93434	800
2000	156223	96934	800
2001	181400	92262	800
2002	208300	97930	800
2003	264299	104750	800
2004	261230	105276	800

Çizelgede de görüldüğü gibi, Simav'da jeotermal enerji ile konut ısıtılması 1993 yılında 29000 m² iken ve bundan sonra her yıl artarak 2004 yılında 261230 m²'ye ulaşmıştır. Isıtılan sera alanı 1993 yılında 1000 m² iken, 1999 yılında önemli bir artış olmuş ve 93434 m²'ye, 2004 yılında ise 105276 m²'ye ulaşmıştır. Termal turizm yatak kapasitesi 1993 yılında 530 iken, 2004 yılında 800 olmuştur. Son beş yıldır yatak kapasitesinde artış olmadığı görülmektedir.



Şekil 2.7. Konutların ısıtılmasında jeotermal enerjinin kullanımının yıllara göre gelişimi



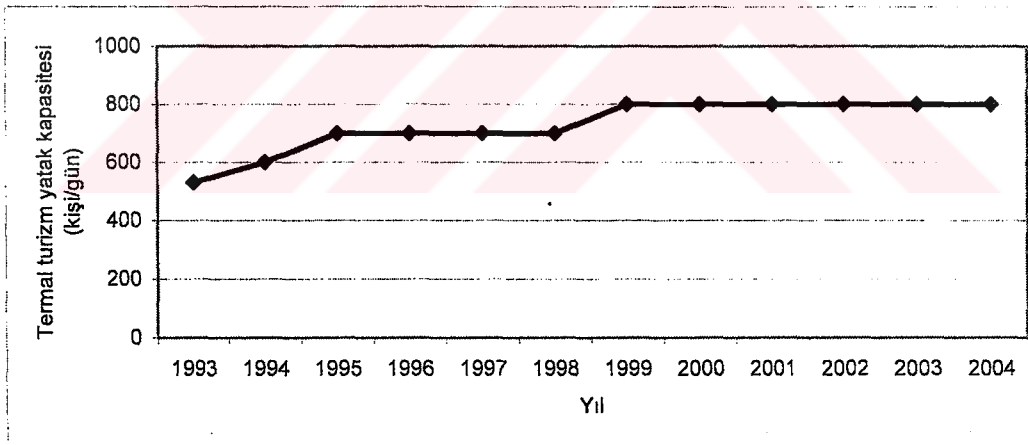
Şekil 2.8. Seraların ısıtıcılığında jeotermal enerjinin kullanımının yıllara göre gelişimi

Şekil incelendiğinde, konutların ısıtılmasında 2003 ve 2004 yıllarında jeotermal enerji kullanımının en yüksek seviyelere ulaştığı görülmektedir. 1999 yılında, bina girişlerine kullanıcı eşanjörleri bağlandığı ve bazı alanların değişik nedenlerle kullanıma kapatıldığı için bir azalma olmuştur. 2000 yılından sonra artmaya devam etmiştir. Jeotermal enerji ile konut ısıtması 2004 yılında 250000 m²'nin üstüne çıkmıştır.

1999 yılında seralarda jeotermal enerji ile ısıtmada büyük artış gözlenmektedir. Bu artış her geçen yıl devam etmektedir. Simav'daki seralar, Eynal kaplıcaları (jeotermal bölgesi) çevresinde yer almaktadır. 1986 yılında kurulmaya başlanan seraların her biri 500 m²'lik yüzölçümüne sahiptir. Burada deneme amacıyla kurulmuş olan iki seradan birinin mülkiyeti özel idareye, diğerinin mülkiyeti ise Simav Belediyesi'ne aittir. Bu miktar Ekim 2004'de 105 bin m²'nin üzerine çıkmıştır.

Simav'da jeotermal enerjiye dayalı seracılık hızla artmakta olup, bölge ekonomisine önemli katkı sağlamaktadır. Akdeniz ve Ege kıyılarında yaygın olarak yapılan seracılık tarımı, Simav ve çevresinde de hızla gelişerek bölgenin ekonomik kalkınmasına ve istihdam sorununa önemli ölçülerde katkı sağlayabitecektir.

Sera ve konutların jeotermal enerji ile çok ucuza ısıtılması ilçe merkezine olan göçleri hızlandırmıştır. Özellikle, çevredeki kırsal yerleşimlerden olan göçlerin artması konut fiyatlarının hızla yükselmesine neden olmuştur. Ayrıca, yurt dışında çalışan işçilerin de ilçe merkezinde konut satın almaya yönelmeleri bu yükselmeyi daha da hızlandırmıştır. Diğer yandan daha önce büyük kentlere göç etmiş bazı aileler de Simav'a geri dönmeye başlamışlardır. Gerçekten de konutlarda devamlı sıcak suyun bulunması, ısınma harcamalarının düşük olması ve hava kirliliğinin azalması, ilçede yaşayan insanlara rahat bir yaşama ortamı sunmaktadır. İlçenin jeotermal enerji merkezi ile ısıtılmaya başlanması, çevredeki yerleşim yerleri için de iyi bir örnek olmuştur. Bunun yanında, Çitgöl ve Naşa belde belediyeleri bu yöndeki çalışmalara devam etmektedir.



Şekil 2.9. Simav- Eynal termal tesislerinin yatak kapasitesinin yıllar itibariyle gelişimi

Şekil incelendiğinde Eynal termal tesislerinde yatak kapasitesinin son yıllarda artış göstermediği görülmektedir. Doluluk oranının %96'larda seyrettiği bu tesisin kapasitesini ve diğer sosyal etkinliklerini hızla arttırarak, insan ihtiyaçlarına son teknolojik gelişmelerle cevap verebilmesi sağlanmalıdır. Mevcut tesislerin reorganizasyonu ve çevre düzenlemesi yapılarak jeotermal akışkanlara dayalı sağlık tesislerinin (turizm, fizik tedavi, rehabilitasyon merkezi vb.) bölgeye kazandırılması, artan insan ihtiyaçlarını karşılayabilecektir. Böylece, termal turizm bölgenin sosyo-ekonomik kalkınmasında daha etkili olacaktır.

Termal tesisler Simav ekonomisine önemli ölçülerde katkı sağlamaktadır. Tesislerin kapasitelerini arttırarak değişik amaçlı (günübirlik, dinlenme, sağlık vb.) turizm hizmetleri verebilmeleri ve her düzeyde ekonomik geliri olan kitlelere hitap edebilmeleri sağlandığında, bu katkı daha da artacak, bölgenin ekonomik gelişmesinde önemli rol oynayacaktır. Simav'da jeotermal akışkanlardan termal turizm amaçlı olarak da faydalanılmaktadır. Kaplıca ve sağlık turizmine yönelik olarak da faaliyet gösteren Eynal Termal Tesisleri'nin 2004 yılı itibariyle yatak kapasitesi günlük 800 kişidir. Tesislerin doluluk oranı %96 olup, bir kişinin günlük konaklama masrafı 15 YTL'dir (2004 yılı ortalaması) [24]. İlçeye gelen yerli ve yabancı turistlerin çeşitli ihtiyaçlarını gidermek için yaptıkları alışverişler de göz önüne alındığında termal turizminin bölge ekonomisine yaptığı katkılar daha da artacaktır.



3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tuğcu (1997), yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjinin Dünya ve Türkiye'deki rezervleri üzerinde durmuştur. Jeotermal enerjinin Türkiye açısından ne kadar önemli bir potansiyel oluşturduğunu açıklamış ve Türkiye'de jeotermal enerji ile kentlerin ısıtılabilmesine tipik bir örnek olan Simav merkezi ısıtma sistemine değinmiştir [44].

Atayılmaz (2000), ülkemizde enerjinin en önemli kısmının konutların ısıtılmasında harcandığını belirtmiştir. Ayrıca, ısı yalıtımının hayatımızdaki önemine değinmiştir. Bu çalışmada, ısı yalıtımının önemi ve ülkemizdeki durumu da belirtilmiştir. Bunun yanında, yeni TS 825 standardı ile binalardaki ısı yalıtım kuralları incelenmiş, eski standartlara ve Avrupa standartlarına göre farkları belirtilip, ülkemiz şartlarına uygunluğu araştırılmıştır [45].

Avcı (2000), jeotermal enerji ile ısıtma konusunu ele almıştır. Çalışmada, jeotermal sahanın tanımı, oluşumu ve kullanım alanları anlatılmıştır. Jeotermal enerji ile ısıtmanın diğer sistemlerle karşılaştırılması yapılmış, ayrıca jeotermal enerji ile soğutma ve elektrik üretimi konularına da değinmiştir.

Çalışmada, Dünya'daki ve Türkiye'deki jeotermal sahalar belirtilmiş ve jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sistemleri incelendikten sonra, Balıkesir'in Sındırgı ilçesindeki jeotermal merkezi ısıtma sistemi hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra jeotermal enerjiyle ısıtma tesisatı ve proje hazırlama teknik esasları anlatılmış ve bir konutun ısıtılması yapılarak örneklendirilmiştir [46].

Masalıcı (2000), günümüzde artan alternatif enerji kaynaklarının yanında ülkece çok zengin olduğumuz fakat yeterince faydalanamadığımız jeotermal enerji konusuna değinmiştir. Çalışma da, jeotermal enerjinin diğer enerji kaynaklarına göre ucuz ve ulusal oluşuna, günümüzde bizlere dayatılmak istenen dışa bağımlı enerji kullanımının önüne geçilmesi için iyi bir fırsat olacağı açıklanmıştır [47].

Sunu (2000), jeotermal enerjinin kullanım alanları arasında kaplıcalar, balık çiftlikleri, elektrik elde edilmesi, seracılık ve konut ısıtılmasının yer aldığını belirtmiştir. Ayrıca, jeotermal enerji gerek ucuz, gerek çevre dostu, gerekse de ülkemizde potansiyelinin çok büyük olması sebebiyle çok önemli bir enerji kaynağı olduğunu ve konut ısıtılması konusunda çok önemli hedefler ve projeler yapılabileceğini belirtmiştir.

Bu çalışmada, jeotermal enerjinin tanımı, elde edilişi, mevcut rezervuarlar ve potansiyeller, kullanım alanları, jeotermal enerjili konut ısıtma sistemleri ve bu sistemlerde

kullanılan elemanlarla sistemlerin yük ve maliyet analizleri incelemiş, gerekli hesaplamalar yapılmış ve jeotermal enerjinin çevreye etkisi araştırılmıştır [48].

Cerci (2003), Türkiye-Denizli'deki 11.4 MW tek çevrim jeotermal santralin performansı, büyük tesis bileşenleriyle beraber gerçek tesis çalışma verileri alınarak ekserji analizi ile değerlendirmiştir. Çalışmada, jeotermal santral çalışması, yer altı sıvısının akışını izlenerek tanımlanmakta ve büyük tesislerde jeoakışkanının ekserjileri hesaplanarak veriler tablolarla sunulmuştur. Ayrıca, buhar boşaltımı esnasında kuyu başından ekserji kaybı ölçülerek, ekserji akış diyagramları çizilmiştir. Yeraltı sıvısından buharın ayrışması, separatörden tuzlu suyun ayrışması, türbin, jeneratör ve kompresör verimlilikleri ve çevreye buharın boşalması yüzünden büyük ekserji kayıpları meydana geldiğini belirtmiştir. En büyük ekserji kaybı Menderes nehrine tuzlu suyun boşalımı esnasında meydana gelmiştir ve toplam enerji girdisinin %46.9'a eşit olduğu hesaplanmıştır.

Ayrıca, tesisin ikinci yasa verimliliği %20.8 olarak hesaplanmış ve diğer jeotermal santraller ile verimliliği karşılaştırılıp, tesis verimliliğinin düşük olduğu ve bu yüzden performansı artırmak için alternatif dizaynlar araştırılmıştır [49].

Hepbaşlı ve Çanakçı (2003), Türkiye, Alp-Himalaya tektonik kemerin Akdeniz bölgesinde bulunmakta ve jeotermal kaynakların bolluğu açısından Dünya'da ilk yedi ülke arasında yer aldığını ancak, bu kayıtların kullanım potansiyelinin payı sadece %2 olduğu belirtmişlerdir. Çalışmada, Türkiye'deki atmosfer kirliliğini azaltmak ve enerji stoğunu arttırmak için jeotermal enerji üzerinde oldukça büyük çalışmalar yürütülebileceği açıklanmıştır. Ayrıca, Türkiye'deki bölge ısıtma uygulamalarının gelecekteki durumlarını incelemiş ve yüksek sıcaklık bölge uygulamalarının bir örneği İzmir-Balçova jeotermal bölge ısıtma sistemi açıklanmıştır.

Son zamanlarda İzmir-Balçova jeotermal bölge ısıtma sisteminin toplam kurulu kapasitesi direkt kullanım için 800 MWt'a ulaştığı belirtilmiştir. Son üç yılda %5'lik bir azalma gösteren şehirde, 1981'den beri jeotermal bölge ısıtma sistemlerine bağlanan konutlarda %23'lük bir yıllık ortalama büyüme elde edilmiştir. Mevcut uygulamalardan Türkiye'de jeotermal enerji, sera gazının yayılmasını azaltma yönünde önemli bir katkı yaptığı ve fosil yakıtlar gibi diğer enerji kaynaklarından daha ucuz olduğu belirtilmiştir [34].

Gökçen ve Ark. (2004), son zamanlarda jeotermal enerjiden güç üretimi Alp-Himalaya tektonik kemerin Akdeniz bölgesinde bulunan ve jeotermal kaynakların bolluğunda Dünya'da ilk yedi ülke arasında yer alan Türkiye, büyük öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca,

güneş, jeotermal ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmanın ve bu enerji kaynaklarından en verimli ve etkili yararlanma yolları araştırmışlardır. Ayrıca, güç üretimi için Türkiye’de jeotermal enerji potansiyeli araştırılmış ve Türkiye’de şu anda çalışan tek termal santrali olan, 20.4 MWe kullanım kapasitesi ile Denizli-Kızıldere santrali incelenmiştir.

Çalışmada toplanan veriler baz alındığında, güç üretimi için Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyelinin 764.81 MWe olması gerektiğine karar verilmiştir. Türkiye’nin elektrik üretimi 2010 yılı itibariyle Germencik, Kızıldere, Tuzla ve diğer alanların bir kaçında 500 MWe ve 2020 yılı itibariyle 1000 MWe olacağı düşünülmüştür. Denizli-Kızıldere jeotermal alanının 200 MWe kapasiteye sahip olduğu tahmin edilmiştir. 2001’de 89597 MWh’lik bir elektrik enerjisi üretildiği ve aynı yıl 10.6 MWe bir elektrik gücü elde edildiği belirtilmiştir. Mevcut uygulamalar Türkiye’deki jeotermal enerjinin umut verici bir alternatif olduğunu ve sera gazlarının yayılmasını azaltma yönünde önemli bir katkı sağlayabileceğini belirtmişlerdir [50].

Hepbaşı ve Özgener (2004), yenilenebilir enerjinin sadece Türkiye için değil, Dünya içinde geleceğin anahtar kaynağı olduğu belirtmişlerdir. Çalışmada, Türkiye’de, toplam enerji ağının bir parçası olan yenilenebilir enerji kaynaklarının oldukça yüksek bir kısmına sahip olduğu açıklanmıştır. Türkiye, Alp-Himalaya tektonik kemerin Akdeniz’le ilişkin bölgesinde olduğu belirtilmiş ve ülkemizin jeotermal kaynakların bolluğu açısından Dünya’daki ilk yedi ülke arasında bulunduğu değinilmiştir. Bu potansiyelin kullanım payı sadece %2-3 civarında olduğu açıklanmıştır.

Bu çalışmada Türkiye’deki jeotermal enerjinin tarihsel gelişimi ve kullanımı incelenmiştir. Jeotermal enerjiyi direk kullanan Dünya’daki ilk beş ülke arasında yer alan Türkiye’de, jeotermal enerji, elektrik üretimi ve doğrudan kullanımda faydalandığı açıklanmıştır. Jeotermal kaynakların direk kullanımı son 36 yılda bina ısıtılmasında, sera ısıtmada, endüstriyel kullanımda ve turizm amaçlı kullanımda hızla geliştiğine değinilmiştir. Denizli şehri yakınlarında, 2001’de 20.4 MWe kapasite ve 89597 MWh elektrik enerjisi üretimi ile kurulmuş bir jeotermal santrale sahip olduğu ve son zamanlarda toplam kurulu kapasitenin; direk kullanım için 820 MWt’a ulaştığı belirtilmiştir. Jeotermal enerji ile ısıtılan seraların toplam alanının 81 MWt ısıtma kapasitesi ile 35 ha’nın üzerine çıktığı açıklanmıştır [39].

Işık ve Kıratlı (2004), dünya’da enerji ihtiyacının hızla artışının geleneksel enerji kaynakları dışında yeni enerji kaynaklarının araştırılmasına neden olduğunu belirtmişlerdir. Enerji üretiminde en büyük maliyeti ise ilk yatırım giderlerinin oluşturduğunu bu nedenle de,

enerji sektöründe üretim yapan işletme sayısı fazla olmadığını belirtmiştir. Çalışmada, Kütahya-Simav ilçesinde jeotermal enerji ve kok kömürü ile konut ve sera ısıtılmasında birim ısıtma giderleri belirlenmiş ve bu giderlerin yıllara göre değişimi incelenmiştir [51].

Kaygusuz ve Kaygusuz (2004), Türkiye, ithal edilen yakıtlarda enerji ihtiyacının yarısından fazlasını karşılayan bir ülke olduğunu ve hava kirliliğinin ülkemizde önemli bir sorun olduğu belirtmişlerdir. Bu çalışma da, jeotermal enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin temiz ve sürekli enerji geleceği için çekici bir çözüm olacağına değinilmiştir.

Ayrıca, jeotermal enerjinin başlıca kullanım alanlarının; ısıtma, sıcak su stoğu, sera ısıtması, endüstriyel kullanım, ısı pompaları ve elektrik üretimi olduğuna açıklanmıştır. Türkiye'de merkezi ısıtma sistemi uygulamalarının başladığını ve jeotermal bölge ısıtma ve dağıtım ağlarının, jeotermal bölge ısıtma sistem parametrelerine göre dizayn edildiği belirtilmiştir.

Çalışmada, teknik ve ekonomik olarak ülkemizdeki jeotermal bölge ısıtma sistemi yatırımlarının önemli bir avantaj oluşturduğu açıklanmıştır. Türkiye'de yaklaşık olarak 61000 konut jeotermal akışkanla ısıtılmakta olduğu belirtilmiştir. Toplam 665 MWt konut ısıtması ve 565000 m² sera ısıtılmasında faydalandığı ve kanıtlanmış jeotermal ısıtma kapasitesi, var olan jeotermal kuyulardaki verilere göre 3132 MWt olduğu açıklanmıştır. Günümüzdeki uygulamalar jeotermal enerjinin, diğer fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında Türkiye için daha ucuz ve temiz olduğuna değinilmiştir [52].

Köse (2004a), ülkemizde kış aylarında, konut ısıtmadan kaynaklanan hava kirliliğinin en yoğun biçimde yaşandığı illerin başında Kütahya geldiği belirtmiştir. Isıtmada kullanılan yerli linyit kömürleri ve uygun olmayan yakma sitemlerinin kullanımı bu kirliliğinin temel öğeleri olduğu açıklanmıştır. Ayrıca, özellikle Kütahya ve çevresinde ısıtma amaçlı kullanılan linyit kömürlerinin kükürt ve uçucu madde içeriğinin yüksek olması, kazan/yanma/operatör üçgeninde uygun bir çözüm gerektirmekte olduğu belirtilmiştir. Katı yakıtların yapısal emisyon kontrolü ve yüksek yanma verimleri ile yakılabilmesi özelliğine sahip olan akışkan yataklar, en uygun yakma sistemi olarak tüm Dünya'da kullanıldığı işaret edilmiştir.

Bu çalışmada, Kütahya bölgesinde evsel ısıtmanın bir veya birkaç merkezi sistemden oluşturulabileceği senaryosundan hareketle, bir dolaşımli akışkan yataklı yakma sisteminde, ısınmada kullanılan yakıtların emisyon davranışı incelenerek, hava kirliliğinin yoğun olarak

yaşandığı bölgelerde yakma sistemi üzerine yapılan anket çalışması ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılarak çözüm önerileri getirilmiştir [53].

Köse (2004b), yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki en büyük problemlerden birisi kısa ve uzun dönemlerin her ikisinde enerji düzeyinin büyük değişkenliği olduğu belirtmiştir. Ayrıca, jeotermal enerji, doğada yüksek oranda bulunmakta olduğunun ve bu kaynağın hava şartlarına bağlı olmadığı ve bu yüzden en kararlı yenilenebilir enerji kaynakları arasında olduğu açıklamıştır. Çalışmada, jeotermal enerji Türkiye'nin, gelecekteki enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir rol oynayacağı konusuna değinilmiştir. Türkiye, Avrupa'da en yüksek ikinci jeotermal enerji potansiyeline sahip olmasına rağmen jeotermal enerjiden elektrik üretiminde oldukça geride kaldığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada Kütahya-Simav bölgesinde elektrik üretimi için mevcut jeotermal kaynakların uygulanabilirliğinin araştırılması ve elektrik üretimde jeotermal enerji kullanımı incelenmiştir. Yüksek sıvı yüzdesindeki ve daha düşük sıcaklıklarda olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi için tasarlanan santralde ikili çevrim kullanılmıştır. Bu santralde, kaynama noktası sıcaklığı sudan daha düşük olan ikincil sıvı olarak R134a seçilmiş ve ikinci çevrimde jeotermal enerjinin yerine kullanılmıştır. Santralin termal verimliliği %12.93 ölçülmüştür [54].

Köse ve Arslan (2004), zengin kömür rezervleri ile tanınan Kütahya ili coğrafi konumu itibarıyla oldukça uzun bir ısıtma periyoduna sahip olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca, Tunçbilek ve Seyitömer'de bulunan iki adet termik santralde elektrik üretimi yapıldığına değinmişlerdir. Konutlarda ısınma amaçlı olarak genellikle kömür kullanılmakta olduğu ve kömürün gerek bileşimi gerekse verimsiz kullanılmasından dolayı hava kirliliği açısından Kütahya'nın, Türkiye'de ilk sırada bulunduğu belirtilmiştir. Isıtma devreleri genellikle 90/70 °C'lik sıcaklık devresi ele alınarak projelendirilmekte, fakat kullanım esnasında bu değerlerden sapıldığı görülmekte, gelişen teknoloji nedeniyle düşük sıcaklık devresi olarak adlandırılan 75/60 °C ve 50/40 °C gibi sıcaklık devrelerinin kullanımının yaygınlaşmakta olduğu açıklanmıştır.

Bu çalışmada ayrıca, kömürün verimli kullanılmasını arttırmak için ele alınan örnek bir ısıtma sistemi üzerinde sıcaklık devresi optimizasyonu yapılarak, alışlagelen 90/70 °C'lik sıcaklık devresi ile karşılaştırılması yapılmıştır [55].

Köse ve Ark. (2004a), insanlığın gerek bugünü, gerekse yarınları için vazgeçemeyeceği iki faktör olan enerji ve çevrenin birbiri ile çelişmesi, enerji üretimi ve tüketimi arttıkça çevre kirliliğinin de artması her iki konunun birlikte ele alınarak sorunların çözümlenmesini zorunlu kılmakta olduğu belirtilmişlerdir.

Çalışmada, ülkemiz için önemli bir potansiyel teşkil eden jeotermal enerjinin artan ölçülerde kullanılması; enerji sorununun çözümüne, ülke ekonomisine ve çevre kirliliğinin azalmasına önemli ölçüde katkı sağlayacağı konusuna değinilmiştir. Jeotermal enerji kaynakları açısından Türkiye'nin zengin sayılabilecek illerinden birisi olan Kütahya'da, mevcut kaynaklardan halen sağlık turizmi ve ısınma amaçlı olarak sınırlı miktarda yararlanılmakta olduğu açıklanmıştır. Kütahya'da, sera ve konut ısıtması, elektrik üretimi ve diğer uygulamalar için önemli bir potansiyel olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, jeotermal enerjinin ülkemizdeki mevcut durumu ve potansiyeli ile Kütahya il sınırları içerisindeki jeotermal enerji kaynaklarının kullanım alanları ve jeotermal kaynağın entegre sistemlerde kullanılabilme olasılığı incelenmiştir [42].

Köse ve Ark. (2004b), sektörlerin (konut, sanayi, ulaşım, tarım) gereksinim duyduğu doğrudan kullanılabilir enerji ürünlerinin (ısı, elektrik enerjisi vb.) sürekli, kaliteli, ucuz ve çevreyle uyumlu bir biçimde üretilmesi, dağıtılması ve kullanıma sunulması gerektiğini belirtmiştir. Konutların gereksinim duyduğu ısının; yanma odasında yanma süreci ile yakıttan doğduğunu ve ilgili sistem içinde (kazan) iş yapma potansiyeli kazandığını açıklamıştır. Yanma sistemleri ile ısıtma akışkanı ve iş akışkanı üreteçlerinin sistem yapıları, tasarımı, üretimi ve optimizasyonunda temel esasın; yakıtların ayrıntılı biçimde irdelenmesi ve analiz edilmesi gerektiğini üzerinde durulmuştur. Ancak bu şekilde yakıt kullanımı ile çevre ilişkisinde verimli bir sonuç elde edileceği işaret etmiştir.

Ayrıca, Kütahya'da hava kirliliğine etki eden sebeplerin başında, yakıtlar ve yakma sistemleri geldiği ve özellikle konut sektörünün yapısal olarak emisyon zengini olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada; Kütahya emisyon yoğunluğu olan bölgelerdeki konutlarda yakıt, yakma sistemleri ve bina özellikleri üzerine anket çalışması yapılarak, en yaygın kullanılan yakıtlar belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar ile alınan numunelerin analizleri yapılmış ve çevre kirliliğinin önlenmesi, temiz ve verimli yanma sağlanması için öneriler getirilmiştir [56].

Özgener ve Ark. (2004), enerji ve ekserji değerlendirmesi ele almışlar ve sistem analizlerinin performans değerlendirmesi ve optimizasyonu için jeotermal enerji bölge ısıtma sistemlerini açıklamışlardır. Ayrıca, Türkiye-İzmir'deki Balçova jeotermal bölge ısıtma sistemlerinde çok yönlü bir durum çalışması yürütülmüş ve analiz için gerçek termal veriler toplanmıştır. Gerçek sistem veri kullanımı, bölge ısıtma performansı, enerji ve ekserji etkilerinin bir değeri ve sistemdeki ekserji kayıpları bu şekilde ölçülmüştür. Balçova jeotermal bölge ısıtma sisteminde enerji kayıpları ölçülmüş ve ekserji akış diyagramı kullanılmıştır. Üstelik enerji ve ekserji akış diyagramlarının her ikisi karşılaştırılmıştır.

Çalışmada, Balçova jeotermal bölge ısıtma sisteminde, toplam enerji girdisi için pompalardaki sıvı kayıplarının yer aldığı; sistemdeki enerji kayıpları, sıcaklık değıştirici kayıplar, tekrar enjekte edilen termal suyun ekserjisi ve sistemin sıcak su dağıtım kayıplarının sırasıyla %1.64, %8.57, %14.84 ve %28.96 olduğu gözlenmiştir. Sistem performans analizi ve gelişimi için toplam Balçova jeotermal bölge ısıtma sisteminde enerji ve ekserji verimliliklerinin her ikisi araştırılmış ve sırasıyla %41.9 ve %46 olduğuna karar verilmiştir [57].



4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

Bu çalışmada, binaların ısıtılmasında jeotermal enerjiden faydalanılmasının ekonomik olup olmadığı incelenmektedir. Günümüzde genellikle doğal gaz, kalorifer yakıtı, kömür ve jeotermal enerji ile konut ısıtılması yapılmaktadır. Bunlardan doğal gaz ve jeotermal enerji, kömürle ısıtmadan daha az kullanılmaktadır.

Kütahya- Simav ilçesinde Simav Belediyesi kayıtlarına göre 2004 yılında jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtılan konut ve sera alanları Çizelge 4.1'de verilmiştir [24].

Çizelge 4.1. Simav'da jeotermal enerji, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtılan toplam konut ve sera alanları

Enerji kaynağı	Isıtılan alan (m ²)		
	Konut	Sera	Toplam
Jeotermal enerji	261230	105276	366506
Kömür	660000	-	660000
Kat kaloriferi	30000	-	30000
Toplam	951230	105276	1056506

Çizelgede görüldüğü gibi, ilçede toplam konut alanının %69'u kömür kullanarak ısıtılırken, %27'si jeotermal enerji ve %3'ü kat kaloriferi ile ısıtılmaktadır. Toplam 105276 m² olan sera alanının tamamı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Toplam ısıtma alanlarının yaklaşık %34'ünde jeotermal enerji kullanılırken, %62'si kömür ile ısıtılmakta ve %3'ü de kat kaloriferi ile ısıtılmaktadır.

Çalışmada, Simav bölgesinde konutlar yaklaşık 90-110 m² arasında değiştiğinden, 100 m² dairesel ve 4 katlı bir konut örnek alınmıştır (EK-1). Bu örnek konutun; Tunçbilek linyit kömürü, Soma linyit kömürü, Seyitömer linyit kömürü, kalorifer yakıtı ve jeotermal enerji olmak üzere beş farklı enerji kaynağı ile ısıtılabilmesi için gerekli ilk yatırım ve yıllık ısınma giderleri belirlenmiştir. Örnek alınan konut ve dairenin genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Konutun genel özellikleri:

Bina eni	: 8 m
Bina boyu	: 12.5 m
Bina yüksekliği	: 16 m
Daire sayısı	: 4
Isı yalıtımına ilişkin özellikleri	: Çift camlı, pencere ve kapıları plastik doğrama

Bina durumu	: Serbest ve bitişik nizam
Bölgenin rüzgar durumu	: Rüzgârlı
Yer	: Simav

Dairenin genel özellikleri:

Daire büyüklüğü	: 100 m ²
Bir dairede ısıtılacak alanlar	: 4 oda, mutfak ve banyo
Dış pencere sayısı	: 8
Dış kapı sayısı	: 4
Havalandırma pencere sayısı	: 3

Binada jeotermal enerji ile ısıtma için kalorifer tesisatının kurulduğu ve üst katta yalıtım yapıldığı varsayılmıştır. Buna göre, ısı geçirgenlik katsayıları dikkate alınmış ve ısı kaybı hesabı EK-2’de verilmiştir. Bu hesaplardan da görüldüğü gibi, materyal seçilen binanın toplam ısı kaybı yaklaşık 55952 kcal/h dolayındadır. Ayrıca, daire içinde ısıtılmayan mahallerin (WC, koridor, giriş) ısı kayıpları hesap edilerek diğer ısıtılan mahallere eklenmiştir. Ele alınan örnek konutun ısıtılan bölge sıcaklıkları ve ısıtılmayan bölge sıcaklıkları aşağıda verilmiştir [23].

Isıtılan bölge sıcaklıkları:

Oturma odaları	: 22 °C
Yatak odaları	: 20 °C
Banyo	: 26 °C
Mutfak	: 18 °C

Isıtılmayan bölge sıcaklıkları:

İşıklık	: 10 °C
Bitişik daire	: 15 °C
Apartman girişi	: 8 °C

Isıtılması düşünülen daire, 100 m²’lik betonarme bir yapıdır. Bu yapının ısıtılması için kullanılan enerji kaynakları aşağıda verilmiştir.

1. Jeotermal enerji
2. Kömür ile ısıtma
 - Soma linyit kömürü
 - Tunçbilek linyit kömürü
 - Seyitömer linyit kömürü

3. Kalorifer yakıtı (Kal-yak)

4.2. Metot

Seçilen örnek konut, her biri 100 m² dairesel ve dört katlı bir konut olup jeotermal enerjili ısıtma sistemi ile ısıtılmaktadır. Aynı konuta kat kaloriferi ve kömür kazanlı ısıtma sistemi kurulması halinde, bu sistemlerin birbirine göre ilk yatırım ve yıllık ısınma giderleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmayı yaparken jeotermal enerji, kömür ve kalorifer yakıtlı kat kaloriferi ile ısıtma sisteminin ekonomik ömrü 10'ar yıl alınmıştır. Yukarıda belirtilen beş farklı alternatifin karşılaştırılmasında aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır.

1. Kıyaslama süresi olarak 10 yıl alınmıştır. Jeotermal enerji sisteminin ömrü bina ömrüne eşittir. Ancak, 10 yılda kendini amorti etmesi öngörülmüş ve 10 yıldan sonraki yıllar için tahmin yürütmek oldukça güç olacağından ve güvenilir olmadığından 10 yıllık bir kıyaslama daha uygun bulunmuştur.
2. Her bir enerji kaynağı için yıllık tamir bakım gideri, toplam yakıt bedelinin %10'u kadar alınmıştır.
3. Çalışmada 1 ABD \$ = 1.3 YTL (Mart-2005) olarak alınmıştır.
4. Çalışmada örnek alınan konutun yalıtımlı ve birinci kattaki 100 m²'lik bir daire için 12001 kcal/h ısıya ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır (EK-2).
5. Tüm alternatifler için hurda değerler ihmal edilmiştir.
6. İlk yatırım maliyetlerinin hesaplanmasında, işçilik giderleri toplam tesisat maliyetinin yaklaşık %20'si kadar alınmıştır [58].
7. Kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artış oranları için tahmin yöntemlerine göre iki ayrı varsayım hazırlanmıştır. Her iki varsayım için analizler yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır. Bu varsayımlar aşağıda verilmiştir.

Varsayım 1: Geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakacak fiyatlarına göre, 1995 yılı baz alınarak TÜFE cinsinden hesaplanan fiyat endeksleri ile aynı dönemde gerçekleşen enflasyon oranlarına ait endeksler kullanılarak hesaplanan, reel fiyat değişim oranlarının gelecek 10 yıl içinde de geçerli olacağı kabul edilmiştir. Bu amaçla hesaplanan endeksler ve reel değişim oranları (RDO) Çizelge 4.2'de, hesaplanan değerler için enflasyon oranları ve endekslerin değişimi de Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

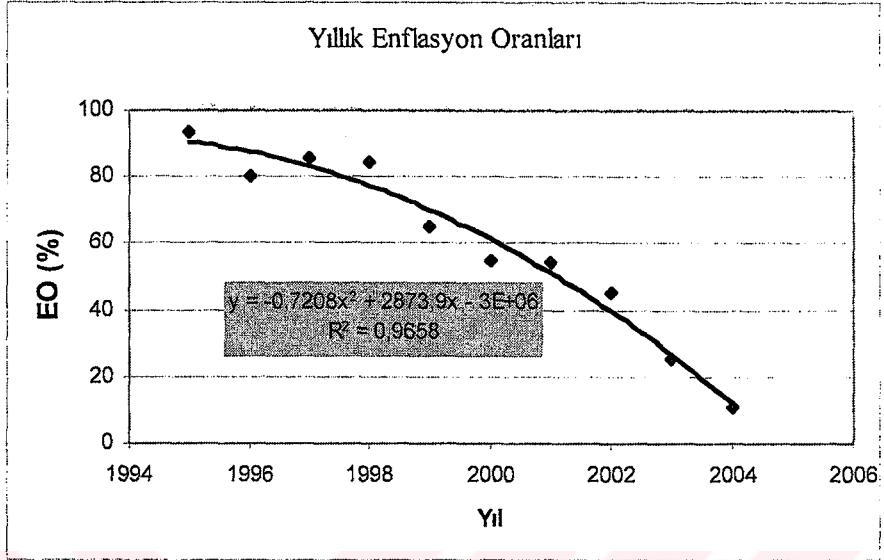
Çizelge 4.2. 1995 – 2004 yılları arası yakacak fiyat artış oranları

Yıl	Enerji Kaynağı													
	Jeotermal Enerji ⁽¹⁾		Oduun ⁽²⁾		Kömür (YTL/ton) ⁽²⁾				Kömür (YTL/ton) ⁽²⁾				Kalorifer yakıtı ⁽²⁾	
	Endeks (YTL/m ² -ay)	Endeks	(YTL/ton)	Endeks	Soma Linyit	Endeks	Tunçbilek Linyit	Endeks	Seyitömer Linyit	Endeks	(YTL/l)	Endeks		
1995	0.008	100	5.7	100	6.8	100	5.5	100	3.2	100	0.012	100		
1996	0.018	225	10.9	191	12.4	182	10.1	184	5.9	184	0.028	233		
1997	0.035	438	16.2	284	24.2	356	19.6	356	11.5	359	0.059	492		
1998	0.059	738	27.9	489	36.8	541	29.8	542	17.5	547	0.072	600		
1999	0.094	1175	42.0	737	54.1	796	43.8	796	25.8	806	0.174	1450		
2000	0.153	1913	58.1	1019	72.8	1071	58.9	1071	34.7	1084	0.206	1717		
2001	0.189	2363	89.2	1565	144.0	2118	116.6	2120	68.6	2144	0.488	4067		
2002	0.295	3688	153.2	2688	183.7	2701	148.7	2704	87.5	2734	0.668	5567		
2003	0.428	5350	181.6	3186	205.5	3022	164.5	2991	95.6	2988	0.750	6250		
2004	0.472	5900	211.8	3716	210.0	3088	170.0	3091	100.0	3125	0.960	8000		
BFDO ⁽³⁾	-	0.50	-	0.44	-	0.41	-	0.41	-	0.41	-	0.55		
RDO ⁽⁴⁾	0.02		-0.02		-0.04		-0.04		-0.04		0.05			

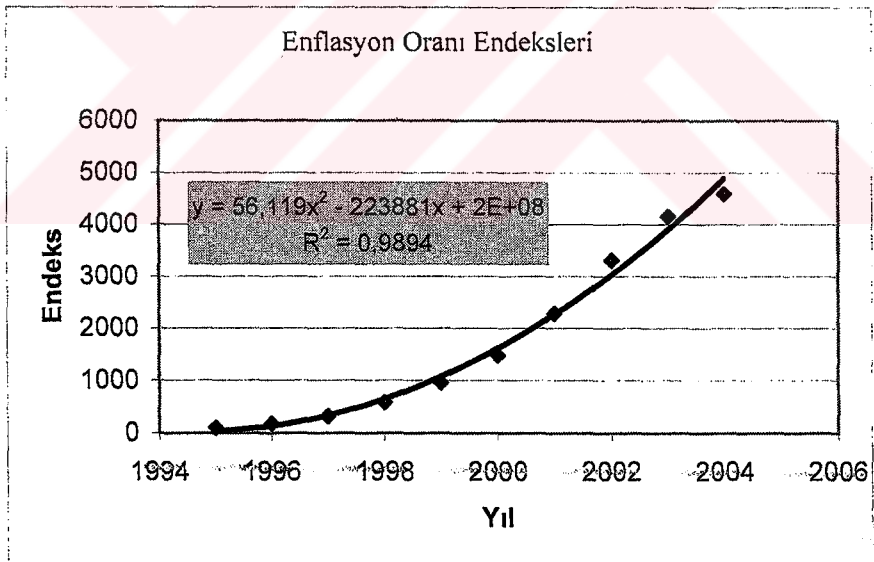
(1) : Simav Belediyesi Verileri dikkate alınarak hesaplanmıştır.

(2) : Devlet İstatistik Enstitüsü verileri [3] ve Simav'daki perakende kömür satış fiyatlarından hesaplanmıştır.

(3) : Birim fiyat değişim oranı (BFDO) olup geometrik değişim oranı olarak hesaplanmıştır $g=(L_n/L_0)^{(1/n)}-1$ [59].(4) : Reel değişim oranı olup ortalama genel enflasyon oranı ve BFDO dikkate alınarak hesaplanmıştır $d=(j-g)/(1+g)$ [59].



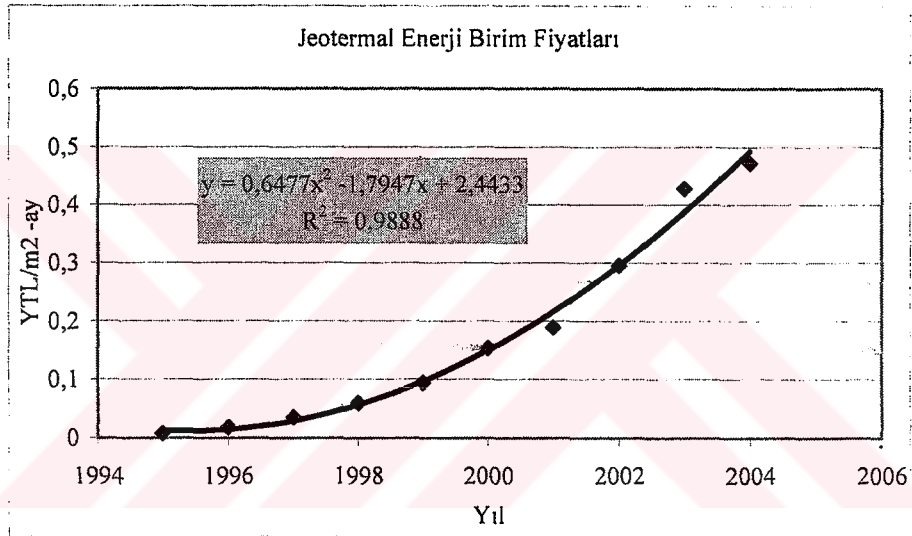
Şekil 4.1. Yıllara göre enflasyon oranları [3]



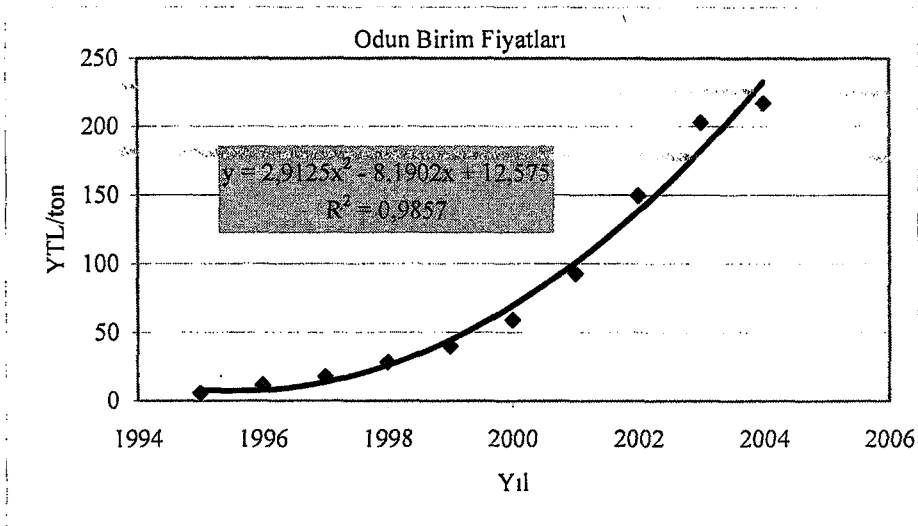
Şekil 4.2. Yıllara göre enflasyon oranı endeksleri

Çizelgede görüldüğü gibi, reel (gerçek) olarak birim jeotermal enerji bedeli ortalama yıllık %2 oranında artarken, birim odun bedeli yıllık %2 oranında azalmış, birim kömür bedelleri %4 oranında azalmış ve birim kalorifer yakıt bedeli ise %5 oranında artmıştır.

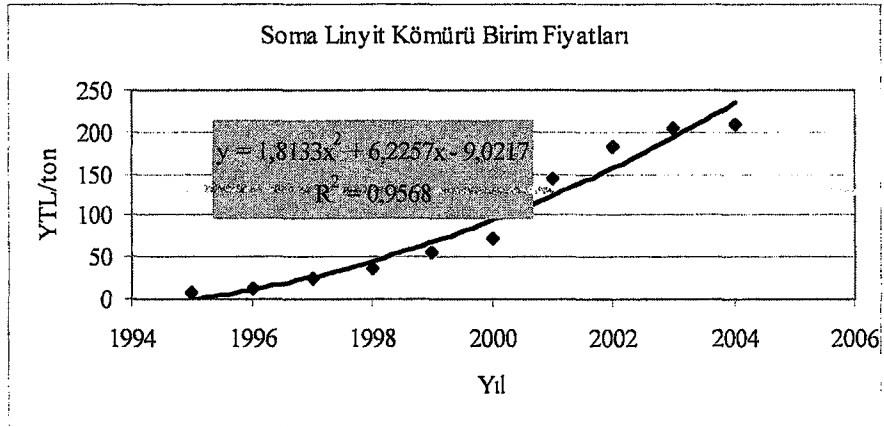
Varsayım 2: Geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakıt bedelleri cari fiyatları değerlerine ilişkin üstel regresyon eşitlikleri kullanılarak gelecek 10 yıla ait birim yakıt bedelleri tahminleri kullanılmıştır. Geçmiş 10 yıla ait üstel regresyonla elde edilen jeotermal enerji, odun, Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürü ve kalorifer yakıtı için gerçekleşen birim fiyatlar Şekil 4.3 . . . 4.8'de verilmiştir.



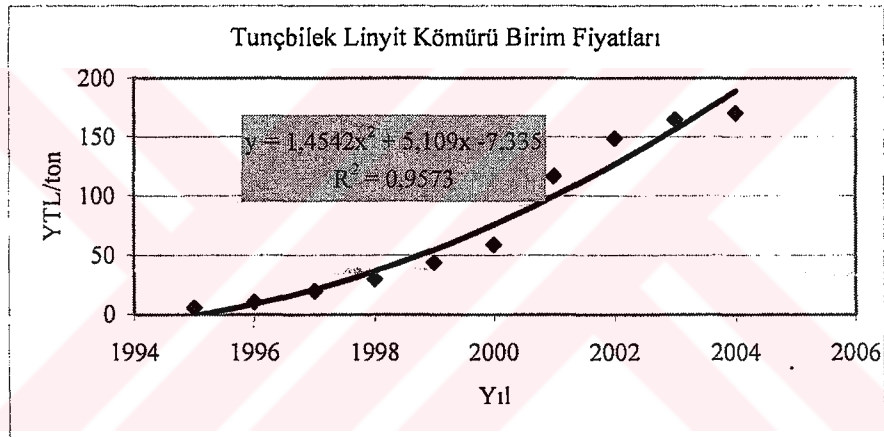
Şekil 4.3. Jeotermal enerji birim fiyatlarının yıllara göre değişimi



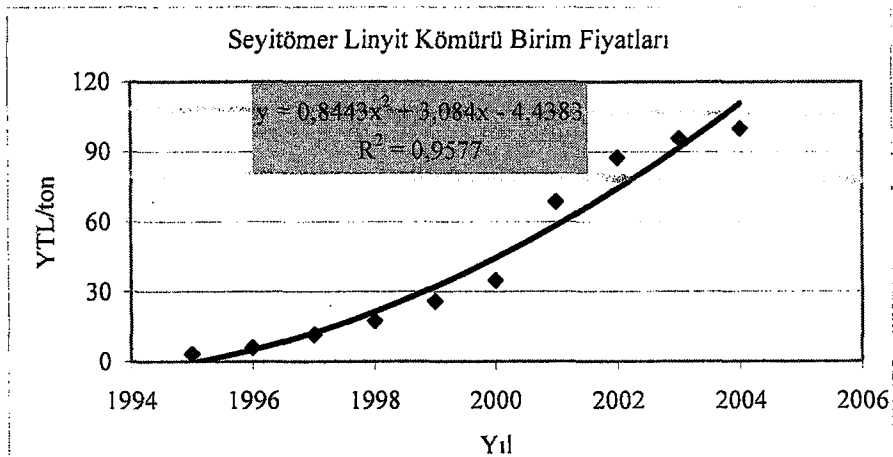
Şekil 4.4. Odun birim fiyatlarının yıllara göre değişimi



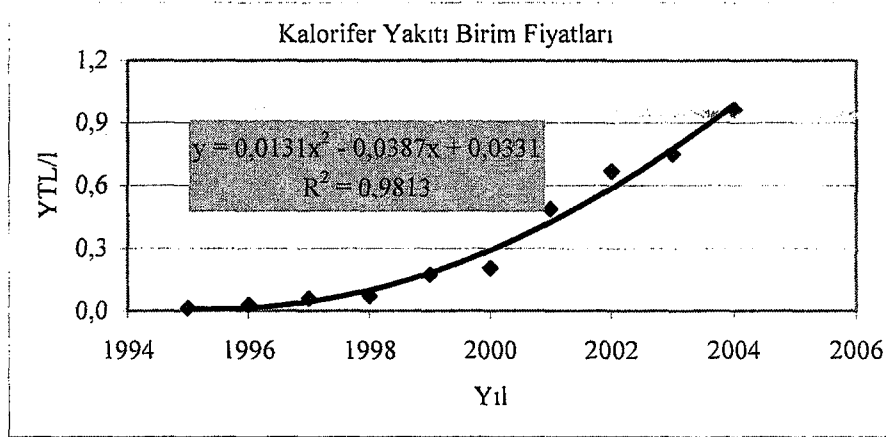
Şekil 4.5. Soma linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi



Şekil 4.6. Tunçbilek linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi



Şekil 4.7. Seyitömer linyit kömürü birim fiyatlarının yıllara göre değişimi



Şekil 4.8. Kalorifer yakıtı birim fiyatının yıllara göre değişimi

Şekiller incelendiğinde enerji kaynakları olan; jeotermal enerji, Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürleri ve kalorifer yakıtı için geçmiş yıllara ait fiyat değişimleri, bunlara bağlı olarak belirlenen regresyon eşitlikleri ve regresyon eşitliği iyilik katsayıları (regresyon katsayıları) (R^2) görülmektedir.

Gelecek 10 yıldaki (2005-2014 yılları arası), yıllık ısıtma maliyetlerinin hesaplanmasında, 2004 yılı yakacak fiyatları ve kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artış oranları dikkate alınmıştır. Kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyat artışlarının hesaplanmasında her iki varsayımda yer alan yakacak birim fiyatları kullanılmıştır.

Gelecek yıllara ait yakacak fiyatlarının tahminlerinde, geçmiş 10 yıla ait gerçekleşen yakacak fiyatlarından yararlanılmıştır. Bu amaçla, 1995 yılını temel alan 1995–2004 yılları arasında jeotermal enerji, odun, kömür ve kalorifer yakıtı gibi yakacak fiyat artış oranları kullanılmıştır.

4.2.1. Isıtma sistemlerinin ilk yatırım giderleri

Materyal olarak seçilen binanın ısıtılması için gerekli olan ilk yatırım giderinin hesaplanmasında, sistemde kullanılan tüm elemanlar ve bunların ABD \$'ı bazında satın alma bedelleri dikkate alınmıştır. Jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminde yıllık tamir bakım ve yakacak masrafları yok denecek kadar azdır. Ancak, ısıtılan konutun büyüklüğüne göre birim alan başına (m^2) Simav Belediyesi'ne abonman ücreti ödenmektedir. Bunlara ek olarak, jeotermal enerji ile ısıtma için ilk katılım bedeli 300 \$/daire ve bağlama ücreti 24 \$/daire

alınarak ilk yatırım bedeli bulunmuştur. Bulunan bu değerler Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Jeotermal enerjili ile ısıtma için gerekli olan ilk yatırım maliyeti [58]

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim maliyeti (ABD \$ / birim)	Toplam Maliyet (ABD \$)
Eşanjör (60000 kcal/h)*	1	1075	1075
Panel radyatör	40 m	45	1800
Boylar (125 L)	4	202	808
Sıcak su pompası	1	176	176
Fiber vana 2”	6	29	174
Çek valf 2”	4	16	64
Termostatik vana	1	62	62
Kapalı genleşme deposu	1	32	32
Termometre	3	6	18
Emniyet ventili	1	4	4
Manometre	2	4	8
Pislik tutucu	2	4	8
Diğer ekipmanlar	-	180	180
Tesisat Maliyeti			4409
KDV (% 18)			794
İşçilik maliyeti (% 20)			882
Toplam Tesisat maliyeti		\$/bina	6084
		\$/daire	1521
Simav Belediyesi	Katılım payı (3 \$/m ²)	100 m ²	300
Abonelik şartları	Bağlama ücreti	\$/daire	24
Toplam yatırım maliyeti		1845 \$/ daire	
		2399 YTL/daire	

*Simav ilçesinde halen 4 katlı konut için yaygın kullanılan eşanjör tipidir.

Çizelge incelendiğinde, jeotermal enerji ile ısıtmanın 1845 \$/daire olduğu görülmektedir. Toplam yatırım maliyeti, Simav Belediyesi abonelik şartları ve tesisat maliyetinden oluşmaktadır. Abonelik şartları, katılım payı ve bağlama ücretini içermekte olup daire başına 324 \$’dır. Toplam tesisat maliyeti, konut için 6084 \$’dır. Bu tesisat maliyeti, malzeme bedeli ve işçilik giderinden oluşmaktadır. İşçilik gideri toplam malzeme bedelinin %20’si kadar olup 882 \$’dır.

Çizelge 4.4. Kömür ile ısıtma sistemi için gerekli olan ilk yatırım maliyeti [58]

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim maliyeti (ABD \$ / birim)	Toplam Maliyet (ABD \$)
Panel radyatör	40 m	45	1800
Kazan (60000 kcal/h)	1	1351	1351
Boylar (125 L)	4	202	808
Sıcak su pompası	1	176	176
Fiber vana 2"	6	29	174
Açık genişleme deposu	1	100	100
Diğer ekipmanlar	-	100	100
Çek valf 2"	4	16	64
Termostatik vana	1	62	62
Termometre	3	6	18
Manometre	2	4	8
Pislik tutucu	2	4	8
Emniyet ventili	1	4	4
Toplam Tesisat Maliyeti			4673
KDV (% 18)			841
İşçilik maliyeti (% 20)			934
Toplam yatırım maliyeti		6448 \$/bina	
		1612 \$/daire	
		2096 YTL/daire	

Çizelge de görüldüğü gibi, kömür ile ısıtma sisteminde, jeotermal enerji sisteminde bulunan eşanjörün yerine kazan yer almaktadır. Kömür ile ısıtma yapılabilmesi için gerekli olan tesisat maliyetinin 100 m²'lik bir daire için 1612 \$ olduğu görülmektedir. Toplam tesisat maliyeti, gerekli olan malzeme bedeli ve işçilik giderinden oluşmaktadır. Toplam işçilik bedelinin 934 \$ olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. Kat kaloriferi ile ısıtma sistemi için ilk yatırım maliyeti [58]

Malzeme	Miktarı (Adet)	Birim fiyatı (ABD \$ / birim)	Toplam maliyet (ABD \$)
1/2"Kromajlı radyatör musluğu	20	60	1200
Kat kalorifer kazanı	1	1000	1000
PKKP 600 Tipi radyatör	10 m	90	900
Yakıt deposu (1500 l'lik)	1	400	400
Radyatör konsolu ve parçaları	30	3	90
Denge deposu	1	81	81
1" Siyah boru	25 m	3	75
1 /2" Radyatör rekoru	20	3	60
1/2" Siyah boru	20	2	40
1.1/4" Siyah boru	10 m	4	40
1.1 /4" Şiber vana ve rekoru	2	17	34
3/4" Siyah boru	14 m	2	28
Mazot filtresi ve adaptörleri	1	15	15
Mazot deposu seviye göstergesi	1	5	5
Toplam Tesisat Maliyeti			3968
KDV (%18)			714
İşçilik maliyeti (%20)			794
Toplam yatırım maliyeti		5476 \$/daire	
		7119 YTL/daire	

Çizelge incelendiğinde, 100 m²'lik bir daire için toplam tesisat maliyetinin 3968 \$ ve toplam yatırım maliyetinin de daire başına 5476 \$ olduğu görülmektedir. Bu tesisat maliyeti gerekli malzeme ve işçilik bedelinden oluşmaktadır. Gerekli işçilik bedeli 794 \$'dır.

4.2.2. Yıllık maliyetlerin hesaplanması

Yıllık maliyetler, yıllık sabit giderler ve yıllık değişken giderlerden oluşmaktadır. Yıllık değişken giderler; yıllık yakacak gideri, enerji gideri, işgücü gideri ve tamir-bakım giderlerinden oluşmaktadır.

Yıllık sabit giderlerinin belirlenmesinde ise, ilk yatırımın amortisman ve faiz giderleri ile vergi sigorta ve koruma giderlerinden oluşan diğer sabit giderler dikkate alınmıştır. Yıllık amortisman giderinin hesaplanmasında doğru hat amortisman yöntemi kullanılmıştır. Yıllık faiz giderinin hesaplanmasında; nominal faiz oranı ve genel enflasyon oranı dikkate alan reel faiz oranı kullanılmıştır. Nominal faiz oranı ve genel enflasyon oranı için ülkemizde son yıllarda gerçekleşen değerler dikkate alınmıştır. Diğer sabit giderlerin hesaplanmasında, ilk yatırım bedelinin yaklaşık %2'si esas alınmıştır. Reel faiz oranı ve yıllık giderlerin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır [59].

$$g = \left(\frac{L_n}{L_0}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (4.1)$$

$$d = \frac{1+i}{1+g} - 1 = \frac{i-g}{1+g} \quad (4.2)$$

$$YIG = YDG + YSG \quad (4.3)$$

$$YDG = YYG + YEG + YIG + YTBG \quad (4.4)$$

$$YSG = AG + FG + DSG \quad (4.5)$$

$$AG = \frac{P-S}{n} \quad (4.6)$$

$$FG = \left(\frac{P+S}{2}\right)d \quad (4.7)$$

$$DSG = 0.02 P \quad (4.8)$$

Eşitliklerde;

g = Yıllık genel enflasyon oranı (ondalık),

L_n = n . periyot fiyatı (YTL),

L_0 = Başlangıç fiyatı (YTL),

i = Yıllık piyasa veya nominal faiz oranı (ondalık),

d = (RFO) Gerçek (reel) faiz oranı (ondalık) olup, gelecek ilk 5 yıl için yıllık ortalama

%10, ikinci 5 yıl için %8 olarak kabul edilmiştir.

YIG = Yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YDG = Yıllık değişken gider (YTL/yıl),

YSG = Yıllık sabit gider (YTL/yıl),

YYG = Yıllık yakıt gideri (YTL/yıl),

YEG = Yıllık enerji gideri (YTL/yıl)

YIG = Yıllık işgücü gideri (YTL/yıl),

$YTBG$ = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl),

AG = Amortisman gideri (YTL/yıl) olup, doğru hat amortisman yöntemiyle

hesaplanmıştır.

FG = Faiz gideri (YTL/yıl),

P = Yatırım şimdiki değeri (YTL) olup, 2004 yılı yatırım bedelleri %10 arttırılarak 2005 yılı için ayarlanmıştır.

S = Hurda değeri (YTL),

n = Yatırım ömrü (yıl),

DSG = Diğer sabit giderler (YTL/yıl) olup vergi, sigorta ve koruma giderinden oluşur.

Jeotermal enerji ile ısınma gideri hesaplanması:

Jeotermal enerji ile ısınma için yıllık ısınma gideri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_j = (BT + EG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (4.9)$$

Eşitlikte;

YIG_j = Jeotermal enerji ile yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

BT = Belediye tarifesi olup, birim tarife bedeli (YTL/m²-ay) esas alınarak hesaplanmıştır. Yaz dönemine rastlayan haziran, temmuz ve ağustos aylarında birim tarife bedelinin %50'si alınmıştır [24].

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl) olup, yıllık elektrik tüketimi jeotermal enerji için aşağıdaki eşitlikte hesaplanmıştır.

$$YEG = (BET) (BEB) (YÇS) \quad (4.10)$$

Eşitlikte;

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),

BET = Birim elektrik tüketimi (kWh/h) olup, her bir pompa için 0.15 kWh/h'tır [24].

BEB = Birim elektrik bedeli (YTL/kWh) olup, 2004 yılı için 0.16 YTL/kWh'tır [3]. Diğer yıllar için her yıl %5 oranında artış dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$YÇS$ = Yıllık çalışma süresi (h/yıl) olup, 2880 h/yıl olarak alınmıştır.

$YTBG$ = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl) olup, yıllık yakıt giderinin %10'u olarak alınmıştır.

Kömür ve kat kaloriferi ile ısınma gideri hesaplanması:

Jeotermal enerji dışındaki diğer enerji kaynakları için yıllık yakıt tüketimi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır [60].

$$B_y = \frac{Q_k Z_g Z_y}{2H_u \eta_u} \quad (4.11)$$

Eşitlikte;

B_y = Yıllık yakıt tüketimi (ton/yıl),

Q_k = Kazanın ısı kapasitesi (kcal/h),

Z_g = Günlük çalışma süresi (h/gün),

Z_y = Yıllık çalışma süresi (gün/yıl),

H_u = Yakıtın alt ısı değeri (kcal/ton) olup, yakıt cinsine göre Çizelge 4.6'da verilmiştir [60].

η_u = Kazanın verimi olup, kömür ve kat kaloriferi için kazan verimleri Çizelge 4.6'da verilmiştir [60].

Enerji kaynakları alt ısı değeri, kazan verimi ve birim enerji başına ısınma bedeli yönünden karşılaştırılması Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Enerji kaynaklarının alt ısı değerleri ve kazan verimleri (Aralık-2004)

Enerji kaynağı	Birim fiyat (YTL/ton)*	Isı değeri (H_u) (kcal/kg)	Kazan Verimi (η_u)
Soma linyit kömürü	210	5500	0.65
Tunçbilek linyit kömürü	170	5000	0.65
Seyitömer linyit kömürü	100	3700	0.65
Odun	212	2500	0.65
Kalorifer yakıtı	960	9700	0.80

* Simav'da perakende kömür satış fiyatları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge incelendiğinde, enerji kaynakları; Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürü için birim fiyatlar sırasıyla 210, 170 ve 100 YTL/ton, kalorifer yakıtının birim fiyatı ton başına 960 YTL'dir. Bunun yanında, Soma linyit kömürünün ısı değeri 5500 kcal/kg

iken, Seyitömer linyit kömürünün ısı değeri 3700 kcal/kg olduğu görülmektedir. Kazan verimleri ise kömür için 0.65, kalorifer yakıtı için 0.80'dir.

Enerji kaynakları ile ısınma için (4.11) eşitliği ile hesaplanan yıllık yakıt tüketimi değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Enerji kaynakları yıllık yakıt tüketim değerleri

Enerji kaynağı	Z_g (h/gün)	Z_y (gün/yıl)	H_u (kcal/kg)	η_u	B_y (ton/daire)
Soma linyit kömürü ⁽²⁾	16	180	5500	0.65	5.6
Tunçbilek linyit kömürü ⁽²⁾	16	180	5000	0.65	6.2
Seyitömer linyit kömürü ⁽²⁾	16	180	3700	0.65	8.4
Kalorifer yakıtı ⁽³⁾	16	180	9700	0.80	2.2
Jeotermal enerji	16 ⁽¹⁾	180	-	-	-

⁽¹⁾ Halen 24 h/gün kullanım söz konusudur.

⁽²⁾ Kömür kazan için kazan ısı kapasitesi, $Q_k = 55952$ kcal/h-bina dikkate alınmıştır.

⁽³⁾ Kat kaloriferi için kazan ısı kapasitesi $Q_k = 12001$ kcal/h-daire (1.kat) dikkate alınmıştır.

Çizelge incelendiğinde, 100 m² büyüklüğünde bir daireye düşen yakıt miktarlarının; Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürü için sırasıyla 5.6, 6.2 ve 8.4 ton/yıl olduğu görülmektedir. Kömür ile ısıtma için her yıl tutuşturucu olarak yaklaşık 1 ton/daire odun kullanılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, 100 m² daireyi kat kaloriferi ile ısıtmak için 6 aylık yakıt miktarı da 2.2 ton kalorifer yakıtı (kal-yak) olarak hesaplanmıştır.

Kalorifer kazanını yakmak için kaloriferci ücreti de 350 YTL/ay olarak alınmış ve her yıl %10 oranında artış yapılacağı kabul edilmiştir. Bu verilere göre, Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürü için yıllık ısınma gideri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_k = (YKG + YOG + YEG + YİG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (4.12)$$

Eşitlikte;

YIG_k = Kömürle yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YKG = Yıllık kömür gideri (YTL/yıl),

YOG = Yıllık odun gideri (YTL/yıl),

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),

YİG = Yıllık işgücü (kaloriferci) gideri (YTL/yıl),

YTBG = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl)'dir.

Kat kaloriferi ile ısınma için yıllık ısınma gideri ise aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$YIG_f = (YYG + YEG + YTBG) + (AG + FG + DSG) \quad (4.13)$$

Eşitlikte;

YIG_f = Kat kaloriferi ile yıllık ısınma gideri (YTL/yıl),

YYG = Yıllık yakacak gideri (YTL/yıl),

YEG = Yıllık elektrik gideri (YTL/yıl),

YTBG = Yıllık tamir bakım gideri (YTL/yıl)'dir.

Gelecek 10 yıllık dönemde yatırım alternatiflerinin karşılaştırılmasında aşağıda belirtilen, net şimdiki değer (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktar (YEM) yöntemleri kullanılmıştır [59].

$$NŞD = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t} - C_o \quad (4.14)$$

$$YEM = A_t - C_o (A/P, i, n) \quad (4.15)$$

Eşitliklerde:

NŞD = Net şimdiki değer (YTL),

A_t = t. periyodundaki nakit akışı (YTL),

C_o = Projenin ilk yatırım bedeli (YTL),

YEM = Yıllık eşdeğer miktar (YTL/yıl)

(A/P, i, n) = Sermaye geri dönüş faktörüdür.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Yıllık Maliyetler

Varsayım 1'e göre, 2005-2014 yılları arasında yakacak fiyatlarının her yıl sabit olarak artacağı düşünülmektedir. Bu oran, jeotermal enerji (Simav) için gelecek 10 yılda her yıl %2 oranında artış, odun fiyatlarında %2 azalma, Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömür fiyatlarında her yıl %4 azalma ve kalorifer yakıtı fiyatlarında ise her yıl %5 bir artış şeklinde olacaktır. Bu oranlar sabit yakacak fiyat artışı olacağı kabul edilerek, yakacak fiyatları hesaplanmış ve bu hesaplanan değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. 2005–2014 yılları arasında varsayım 1'e göre yakacak birim fiyatları

Yıl	Enerji Kaynağı Birim Fiyat Artışları					
	Jeotermal enerji (YTL/100 m ² -ay)	Odun (YTL/ton)	Kömür (YTL/ton)			Kalorifer yakıtı (YTL/ton)
			Soma Linyit	Tunçbilek Linyit	Seyitömer Linyit	
2005	48	208	202	163	96	1008
2006	49	204	194	157	92	1058
2007	50	200	186	150	88	1111
2008	51	196	178	144	85	1167
2009	52	192	171	139	82	1225
2010	53	188	164	133	78	1286
2011	54	184	158	128	75	1351
2012	55	180	151	123	72	1418
2013	56	177	145	118	69	1489
2014	58	173	140	113	66	1564

Çizelge incelendiğinde, 100 m²'lik bir daireyi jeotermal enerji ile ısıtmak için aylık birim ısınma bedelinin 48 YTL'den, her yıl %2 artarak 2014 yılında 58 YTL/ay olduğu görülmektedir. Ayrıca, Soma linyit, Seyitömer linyit ve Tunçbilek linyit kömürleri için birim maliyetler her yıl %4 azalarak 2014 yılı itibarıyla sırasıyla 140 YTL, 113 YTL ve 66 YTL olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında, kalorifer yakıtı fiyatının da 2005 yılında 1008 YTL/ton iken her yıl sabit %5 oranından artarak 2014 yılında 1564 YTL/ton olduğu hesaplanmıştır.

Varsayım 2'ye göre, 1995–2004 yılları arasındaki yakacak fiyatlarındaki artış oranları dikkate alınarak excel paket program yardımıyla bulunan üstel regrasyon eşitliği kullanılarak gelecek yıllara ait fiyatlar belirlenmiştir. 2005–2014 yılları arasında yakacak fiyat artış oranları

ve buna göre kıyaslama süresi boyunca yakacak birim fiyatları, elde edilen denklemler yardımıyla Çizelge 5.2’de olduğu gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. 2005–2014 yılları arasında varsayım 2’ye göre yakacak birim fiyatları

Yıl (x_i)	Enerji Kaynağı Birim Fiyat Artışları (y_i)					
	Jeotermal enerji (YTL/ 100 m ² -ay)	Odun (YTL/ton)	Kömür (YTL/ton)			Kalorifer yakıtı (YTL/ton)
			Soma Linyit	Tunçbilek Linyit	Seyitömer Linyit	
2005	61	289	279	225	132	1226
2006	74	353	327	263	154	1491
2007	89	422	378	305	178	1783
2008	104	498	434	349	204	2101
2009	121	580	492	396	232	2445
2010	140	669	555	447	261	2816
2011	159	764	621	500	292	3212
2012	180	865	691	556	325	3635
2013	202	972	764	615	359	4084
2014	226	1086	841	677	395	4559

Çizelgede görüldüğü gibi, yakacak birim fiyat artışları, kıyaslama süresi boyunca hesaplanmıştır. Bu varsayımda yakacak gerçek fiyat artış oranları geçmiş yılların verilerinden regresyonla elde edildiğinden gelecek yıllardaki enflasyonlardan bağımsızdır. Bu varsayımlarda her bir enerji kaynağı için üstel regresyon analizi ile gelecek yıllardaki değerler tahmin edilmiştir. Çizelgede 100 m²’lik bir daireyi jeotermal enerji ile ısıtmak için aylık birim ısınma bedelinin 2005 yılında aylık 61 YTL iken, artış üstel olarak hesaplandığında 2014 yılında aylık 226 YTL olduğu görülmektedir. Soma linyit kömürünün ton fiyatı 2005 yılında 279 YTL iken, Seyitömer linyit kömürü ton fiyatı ise 132 YTL olacağı hesaplanmıştır.

5.2. Alternatiflerin Karşılaştırılması

Ele alınan 100 m²’lik dairenin ısıtılması için ilk yatırım ve yıllık yakacak maliyetleri belirlendikten sonra her bir enerji kaynağı için bu değerler aşağıda karşılaştırılmıştır.

100 m² dairenin, jeotermal enerji ile ısıtılması için eşitlik (4.9) ile 2005–2014 yılları arasında ısınma giderleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Jeotermal enerji ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri

100 m ² daire jeotermal enerji ile ısıtma														
Varsayım 2														
Yıl	Varsayım 1							Varsayım 2						
	Giderler (YTL/yıl)							Giderler (YTL/yıl)						
	Sabit			Değişken				Sabit			Değişken			
	AG	FG	DSG	BT	YEG	YTBG	Toplam	AG	FG	DSG	BT	YEG	YTBG	Toplam
2005	264	132	53	506	26	51	1031	264	132	53	641	26	64	1180
2006	264	160	53	516	27	52	1071	264	160	53	779	27	78	1360
2007	264	176	53	526	29	53	1099	264	176	53	930	29	93	1544
2008	264	193	53	536	30	54	1130	264	193	53	1095	30	109	1744
2009	264	213	53	547	32	55	1163	264	213	53	1273	32	127	1961
2010	264	209	53	558	33	56	1173	264	209	53	1465	33	147	2171
2011	264	226	53	569	35	57	1204	264	226	53	1671	35	167	2415
2012	264	244	53	581	36	58	1236	264	244	53	1890	36	189	2676
2013	264	264	53	592	38	59	1270	264	264	53	2123	38	212	2954
2014	264	285	53	604	40	60	1306	264	285	53	2369	40	237	3248

Çizelge incelendiğinde 100 m²'lik daireyi, jeotermal enerji ile ısıtmak için her iki varsayımda hesaplanmış yıllık giderler görülmektedir. Varsayım 1'de 2005 yılında yıllık maliyet 1031 YTL iken, 2014 yılında 1306 YTL olarak hesaplanmıştır. Varsayım 2'de yıllık maliyetler üstel regresyon analizi ile hesaplanmış ve 2005 yılında 1180 YTL iken, 2014 yılında 3248 YTL olduğu görülmektedir. Ayrıca, 2010 yılında varsayım 1'e göre jeotermal enerji ile ısınma bedeli 1173 YTL iken, varsayım 2'de ise 2171 YTL olarak hesaplanmıştır. Her iki varsayım incelendiğinde varsayım 1'nin daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

100 m² dairenin; Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürleri ile ısıtılması için yıllık yakıt tüketimi eşitlik (4.11) ile 6 ay (180 gün) için sırasıyla yılda 5.6, 6.2 ve 8.4 ton olarak hesaplanmıştır. Tutuşturucu olarak da yılda ortalama 1 ton odun kullanılacağı düşünülmüştür. Yıllık tamir bakım gideri, yıllık yakıt giderinin %10'u olarak alınmıştır. Buradan eşitlik (4.12) ile her yıl için Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürleri ile yıllık ısınma giderleri hesaplanmakta ve her iki varsayım için 2005–2014 yılları arasında hesaplanan değerler Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir.

100 m² dairenin; kat kaloriferi ile ısıtılması için yıllık yakıt tüketimi eşitlik (4.2) ile 6 ay (180 gün) için yılda 2.2 ton kal-yak olarak hesaplanmıştır. Kat kaloriferinde yıllık tamir bakım gideri, yıllık yakıt giderinin %10'u olarak alınmıştır. Buradan eşitlik (4.13) yardımıyla her yıl için kat kaloriferi ile yıllık ısınma gideri hesaplanmış ve her iki varsayım için hesaplanan değerler Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Soma linyit kömürü ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri

100 m ² daire Soma linyit kömürü ile ısınma																		
Varsayım																		
Yıl	1							2										
	Giderler (YTL/yıl)							Giderler (YTL/yıl)										
	Sabit			Değişken				Sabit			Değişken							
	AG	FG	DSG	YKG	YOG	YİG	YEG	YTBG	Toplam	AG	FG	DSG	YKG	YOG	YİG	YEG	YTBG	Toplam
2005	231	115	46	1129	208	525	17	134	2405	231	115	46	1562	289	525	17	185	2971
2006	231	139	46	1084	204	578	18	129	2428	231	139	46	1830	353	578	18	218	3412
2007	231	153	46	1040	200	635	19	124	2448	231	153	46	2119	422	635	19	254	3879
2008	231	168	46	999	196	699	20	119	2478	231	168	46	2428	498	699	20	293	4382
2009	231	185	46	959	192	769	21	115	2517	231	185	46	2757	580	769	21	334	4923
2010	231	182	46	921	188	846	22	111	2546	231	182	46	3107	669	846	22	378	5480
2011	231	197	46	884	184	930	23	107	2602	231	197	46	3477	764	930	23	424	6091
2012	231	213	46	848	180	1023	24	103	2669	231	213	46	3867	865	1023	24	473	6742
2013	231	230	46	814	177	1125	26	99	2748	231	230	46	4278	972	1125	26	525	7433
2014	231	248	46	782	173	1238	27	96	2840	231	248	46	4709	1086	1238	27	580	8164

Çizelge 5.5. Tunçbilek linyit kömürü ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri
100 m² daire Tunçbilek linyit kömürü ile ısınma

Varsayım																		
1								2										
Yıl	Giderler (YTL/yıl)								Giderler (YTL/yıl)									
	Sabit				Toplam	Değişken				Sabit				Toplam	Değişken			
	AG	FG	DSG	YKG		YOG	YİG	YEG	YTBG	AG	FG	DSG	YKG		YOG	YİG	YEG	YTBG
2005	231	115	46	1012	208	525	17	122	2276	231	115	46	1394	289	525	17	168	2786
2006	231	139	46	971	204	578	18	117	2304	231	139	46	1633	353	578	18	199	3196
2007	231	153	46	933	200	635	19	113	2329	231	153	46	1890	422	635	19	231	3627
2008	231	168	46	895	196	699	20	109	2364	231	168	46	2165	498	699	20	266	4093
2009	231	185	46	859	192	769	21	105	2408	231	185	46	2458	580	769	21	304	4594
2010	231	182	46	825	188	846	22	101	2441	231	182	46	2769	669	846	22	344	5109
2011	231	197	46	792	184	930	23	98	2501	231	197	46	3099	764	930	23	386	5675
2012	231	213	46	760	180	1023	24	94	2572	231	213	46	3446	865	1023	24	431	6279
2013	231	230	46	730	177	1125	26	91	2655	231	230	46	3811	972	1125	26	478	6920
2014	231	248	46	701	173	1238	27	87	2751	231	248	46	4194	1086	1238	27	528	7599

Çizelge 5.6. Seyitömer linyit kömürü ile 2005-2014 yılları arasında yıllık ısınma giderleri
100 m² daire Seyitömer linyit kömürü ile ısınma

		Varsayım															
		1							2								
Yıl	Giderler (YTL/yıl)																
	Sabit							Değişken							Toplam		
	AG	FG	DSG	YKM	YOM	YİG	EG	BOG	AG	FG	DSG	YKM	YOM	YİG		EG	BOG
2005	231	115	46	806	208	525	17	101	231	115	46	1106	289	525	17	140	2469
2006	231	139	46	774	204	578	18	98	231	139	46	1295	353	578	18	165	2824
2007	231	153	46	743	200	635	19	94	231	153	46	1498	422	635	19	192	3196
2008	231	168	46	713	196	699	20	91	231	168	46	1715	498	699	20	221	3599
2009	231	185	46	685	192	769	21	88	231	185	46	1947	580	769	21	253	4031
2010	231	182	46	658	188	846	22	85	231	182	46	2193	669	846	22	286	4474
2011	231	197	46	631	184	930	23	82	231	197	46	2453	764	930	23	322	4965
2012	231	213	46	606	180	1023	24	79	231	213	46	2727	865	1023	24	359	5488
2013	231	230	46	582	177	1125	26	76	231	230	46	3015	972	1125	26	399	6044
2014	231	248	46	558	173	1238	27	73	231	248	46	3318	1086	1238	27	440	6634

Çizelge 5.7. Kat kaloriferi ile 2005–2014 yılları arasında yıllık ısıtma giderleri

100 m ² daire kat kaloriferi ile ısıtma														
Varsayım 1							Varsayım 2							
Yıl	Giderler (YTL/yıl)						Giderler (YTL/yıl)							
	Sabit			Değişken			Toplam	Sabit			Değişken			Toplam
	AG	FG	DSG	YYG	YEG	YTBG		AG	FG	DSG	YYG	YEG	YTBG	
2005	783	392	157	2218	28	222	3798	783	392	157	2112	28	211	3682
2006	783	474	157	2328	29	233	4004	783	474	157	2696	29	270	4409
2007	783	522	157	2445	30	244	4181	783	522	157	3280	30	328	5100
2008	783	574	157	2567	32	257	4370	783	574	157	3922	32	392	5860
2009	783	631	157	2696	34	270	4570	783	631	157	4622	34	462	6689
2010	783	622	157	2830	35	283	4710	783	622	157	5379	35	538	7514
2011	783	672	157	2972	37	297	4918	783	672	157	6194	37	619	8462
2012	783	726	157	3120	39	312	5137	783	726	157	7067	39	707	9477
2013	783	784	157	3276	41	328	5368	783	784	157	7997	41	800	10561
2014	783	846	157	3440	43	344	5613	783	846	157	8985	43	898	11712

Çizelgelerde de görüldüğü gibi, her iki varsayım için Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürleri ve kat kaloriferi ile ısınma için yıllık sabit ve yıllık değişken giderler hesaplanmıştır. Soma linyit kömürü ile ısınma 2005 yılında varsayım 1'e göre 2405 YTL iken varsayım 2'de 2971 YTL olarak hesaplanmıştır. Seyitömer linyit kömürü ile ısınma 2010 yılında varsayım 1 için 2257 YTL iken, Tunçbilek linyit kömürü ile ısınma 2441 YTL'dir. Kat kaloriferi ile ısıtmada ise 2005 yılında varsayım 1 için 3798 YTL iken, 2014 yılında 5613 YTL olacağı hesaplanmıştır. Ayrıca, kat kaloriferi için yıllık ısıtma maliyeti varsayım 1'de 2009 yılında 4570 YTL iken, varsayım 2'de 6689 YTL olduğu görülmektedir.

Bu şekilde her iki varsayım için her bir enerji kaynağının ilk yatırım ve yıllık ısınma giderleri hesaplanmıştır. Tüm bu veriler ekonomik analiz modelinde detaylı olarak değerlendirilmekte ve hangi enerji kaynağının daha ekonomik olduğu belirlenmektedir.

5.3. Isınma Giderlerinin Karşılaştırılması

Materyal olarak seçilen konutun 100 m²'lik dairesinin ısıtılmasında farklı enerji kaynakları olan jeotermal enerji, Soma linyit kömürü, Tunçbilek linyit kömürü, Seyitömer linyit kömürü ve kat kaloriferi ile ısıtma için 2005–2014 yılları arasında her bir varsayım için hesaplanan ısıtma giderleri Çizelge 5.8'de verilmiştir. Bu enerji kaynakları için net şimdiki değer (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktarı (YEM) yöntemi kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Hesaplamalar yapılırken faiz oranı %10 olarak alınmıştır.

Çizelge 5.8. Farklı enerji kaynakları ile yıllara göre her iki varsayım için yıllık ısınma giderleri

Enerji Kaynağı	100 m ² daire için yıllara göre ısınma giderleri (YTL/yıl)													
	Yıl Varsayımı	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014			
Jeotermal Enerji	1	1031	1071	1099	1130	1163	1173	1204	1236	1270	1306			
	2	1180	1360	1544	1744	1961	2171	2415	2676	2954	3248			
Soma Linyit Kömürü	1	2405	2428	2448	2478	2517	2546	2602	2669	2748	2840			
	2	2971	3412	3879	4382	4923	5480	6091	6742	7433	8164			
Tunçbilek Linyit Kömürü	1	2276	2304	2329	2364	2408	2441	2501	2572	2655	2751			
	2	2786	3196	3627	4093	4594	5109	5675	6279	6920	7599			
Seyitömer Linyit Kömürü	1	2050	2087	2121	2164	2216	2257	2324	2402	2492	2595			
	2	2469	2824	3196	3599	4031	4474	4965	5488	6044	6634			
Kat Kaloriferi	1	3798	4004	4181	4370	4570	4710	4918	5137	5368	5613			
	2	3682	4409	5100	5860	6689	7514	8462	9477	10561	11712			

Çizelge incelendiğinde, her iki varsayım için 2005-2014 yılları arasında 100 m² dairenin ısıtılmasında gerekli olan yıllık ısınma giderleri görülmektedir. Varsayım 1’de jeotermal enerji için 2005 yılındaki ısınma gideri 1031 YTL iken, 2014 yılında 1306 YTL olmaktadır. Varsayım 2 için 2005 yılında 1180 YTL olan yıllık ısınma gideri 2014 yılında 3248 YTL olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde 2005 yılı için 100 m² dairenin ısıtılmasında en ekonomik enerji kaynağının jeotermal enerji olduğu görülmektedir.

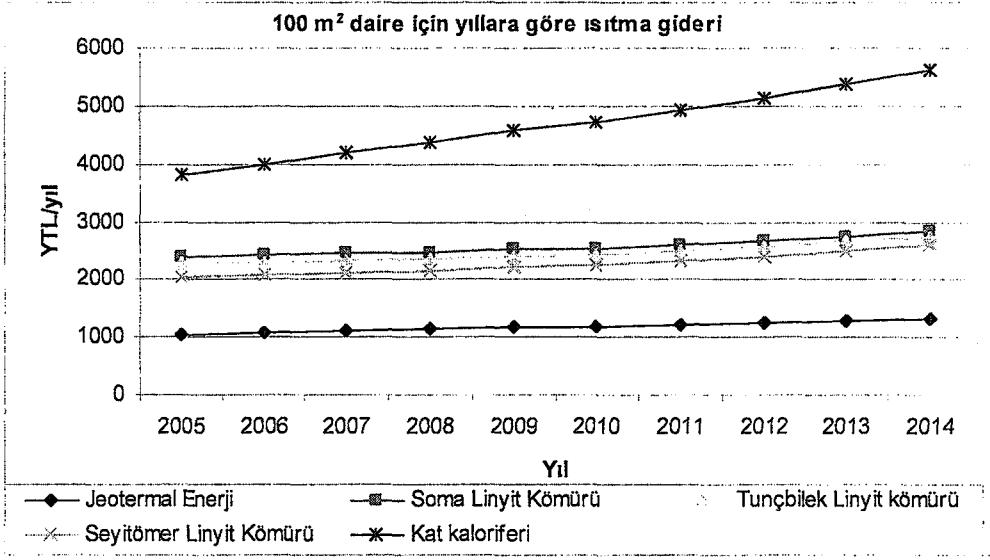
Net şimdiki değer ve yıllık eşdeğer yöntemleri ile alternatif enerji kaynaklarının her biri şimdiki değere indirgenmektedir. Geriye doğru düzenleme esas alındığı için negatif nakit akışı etkisindedir. Net şimdiki değer ve yıllık eşdeğer miktarı yöntemlerine göre hesaplanan değerler Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge incelendiğinde her bir alternatif enerji kaynağı için NŞD ve YEM yöntemlerine göre hesaplanmış değerler görülmektedir. Bu değerlerde varsayım 1 ve 2’de jeotermal enerjinin en ekonomik enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Varsayım 1’de, kıyaslama süresi boyunca yakacak fiyatlarının jeotermal enerji, kömür ve kalorifer yakıtı için sabit oranda artacağı öngörülmekte ve buna bağlı olarak şu sonuçlar elde edilmiştir.

NŞD yöntemine göre 10 yıllık bir zaman diliminde Çizelge 5.9’da görüldüğü gibi her bir alternatif enerji kaynağının şimdiki değere indirgenmesiyle jeotermal enerji, Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürü ve kat kaloriferi için sırasıyla 7745, 17121, 16368, 15047 ve 30520 YTL değerleri elde edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde de en düşük değer jeotermal enerji ile ısıtma ve bundan sonra sırasıyla; Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit, Soma linyit kömürleri ve kat kaloriferi olduğu görülmektedir. Varsayım 1’e göre hesaplanan enerji kaynaklarının yıllık giderleri Şekil 5.1’de verilmiştir. YEM yöntemine göre de en düşük değere sahip olan enerji kaynağının yine jeotermal enerji, bundan sonra sırasıyla; Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit, Soma linyit kömürleri ve kat kaloriferi ile ısıtma olduğu Çizelge 5.9’da görülmektedir.

Çizelge 5.9. Her iki varsayım için farklı enerji kaynaklarının ısıtma giderlerinin net şimdiki değerleri (NŞD) ve yıllık eşdeğer miktarları (YEM)

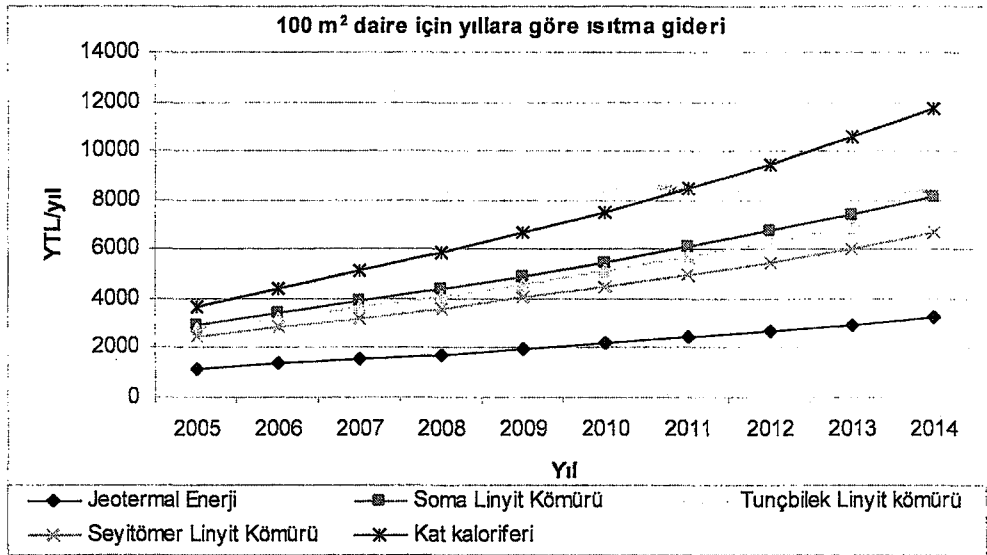
Varsayım	Enerji Kaynağı	100 m ² daire için yıllara göre ısıtma giderleri (YTL/yıl)													Sıra
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	NŞD (%10)	YEM (%10)	Endeks (%)	
1	Jeotermal Enerji	1031	1071	1099	1130	1163	1173	1204	1236	1270	1306	7745	1689	100	1
	Soma Linyit Kömürü	2405	2428	2448	2478	2517	2546	2602	2669	2748	2840	17121	3161	187	4
	Tunçbilek Linyit kömürü	2276	2304	2329	2364	2408	2441	2501	2572	2655	2751	16368	3038	180	3
	Seyitömer Linyit Kömürü	2050	2087	2121	2164	2216	2257	2324	2402	2492	2595	15047	2823	167	2
	Kat kaloriferi	3798	4004	4181	4370	4570	4710	4918	5137	5368	5613	30520	6240	369	5
2	Jeotermal Enerji	1180	1360	1544	1744	1961	2171	2415	2676	2954	3248	13183	2574	100	1
	Soma Linyit Kömürü	2971	3412	3879	4382	4923	5480	6091	6742	7433	8164	33164	5771	224	4
	Tunçbilek Linyit kömürü	2786	3196	3627	4093	4594	5109	5675	6279	6920	7599	30950	5411	210	3
	Seyitömer Linyit Kömürü	2469	2824	3196	3599	4031	4474	4965	5488	6044	6634	27165	4795	186	2
	Kat kaloriferi	3682	4409	5100	5860	6689	7514	8462	9477	10561	11712	45076	8608	334	5



Şekil 5.1. Farklı enerji kaynakları ile konut ısıtılmasında varsayım 1 için yıllık ısıtma giderleri

Şekil 5.1’de görüldüğü gibi, en ekonomik enerji kaynağının 2005-2014 yılları arasında jeotermal enerji ısıtmadır. Bundan sonra, Seyitömer linyit kömürü ile ısıtmanın ikinci ekonomik enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Ancak, Soma linyit, Tunçbilek linyit ve Seyitömer linyit kömürü ile ısıtma jeotermal enerjiye göre daha yüksek değerlere sahiptir. Şekilden de görüldüğü gibi kat kaloriferi ile ısıtma diğer enerji kaynaklarına göre çok daha yüksek değerlere sahiptir.

Varsayım 2’de yakacak fiyatları regrasyon denklemi ile üstel olarak elde edilmekte ve geçmiş 10 yılın yakacak fiyatları baz alınarak gelecek 10 yıldaki yakacak birim fiyatları tahmin edilmiştir. NŞD yöntemine göre Çizelge 5.12’de görüldüğü gibi her bir enerji kaynağının şimdiki değere indirgenmesiyle jeotermal enerji, Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürü ve kat kaloriferi için sırasıyla 13183, 33164, 30950, 27165 ve 45076 YTL değerleri elde edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, 10 yıllık bir zaman diliminde en ekonomik enerji kaynağı jeotermal enerji olduğu ve bundan sonra sırasıyla; Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit ve Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi ile ısıtma olduğu görülmektedir. YEM yöntemine göre en düşük değere sahip olan enerji kaynağı yine jeotermal enerji ve bundan sonra sırasıyla; Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit, Soma linyit kömürleri ve kat kaloriferi olduğu Çizelge 5.9’da görülmektedir. Varsayım 2’ye göre hesaplanan enerji kaynaklarının yıllık giderleri Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Farklı enerji kaynakları ile konut ısıtılmasında varsayım 2 için yıllık ısıtma giderleri

Şekil incelendiğinde, 2005-2014 yılları arasında en ekonomik enerji kaynağının jeotermal enerji olduğu görülmektedir. Bundan sonra, Seyitömer linyit kömürünün diğer ekonomik enerji kaynağı olduğu ancak, jeotermal enerji ile diğer enerji kaynakları arasında yıllık giderler arasındaki fark giderek artmaktadır. Bu yönüyle de jeotermal enerji 10 yıllık bir dönem de ne kadar ekonomik olduğu görülmektedir. Konut ısıtmasında 10 yıllık bir dönem de kat kaloriferi ile ısıtma en pahalı yöntem olduğu söylenebilir. NŞD yöntemine göre değerler bugüne indirildiğinde yıllık giderler açısından jeotermal enerjinin en ekonomik enerji kaynağı olduğu ve bundan sonra ikinci en ekonomik enerji kaynağının ise Seyitömer linyit kömürü ile ısıtma olduğu görülmektedir.

Jeotermal enerji ile ısıtmanın, kömür ve kalorifer yakıtı ile ısıtmaya göre 6 aylık bir dönem dikkate alındığında daha düşük toplam değere sahip olduğu görülmektedir. Jeotermal enerjide bir yıllık tahsilat bedeli belediyeler tarafından mecbur tutulduğu için ısınma maliyeti 12 ay olarak alınmıştır. Ancak, Simav Belediyesi tarafından 2004 yılında başlatılan bir uygulama ile yaz aylarında (3 ay) aylık ücretin yarısı alınmaktadır. Bu yaz ayı tarifesi de hesaplamalara dahil edilmiştir. Kömür ve kalorifer yakıtı ise kış mevsiminin 6 ay kadar sürdüğü varsayılarak ısınma giderleri hesaplanmakta ve hesaplanan değerler Çizelge 5.10'da verilmiştir.

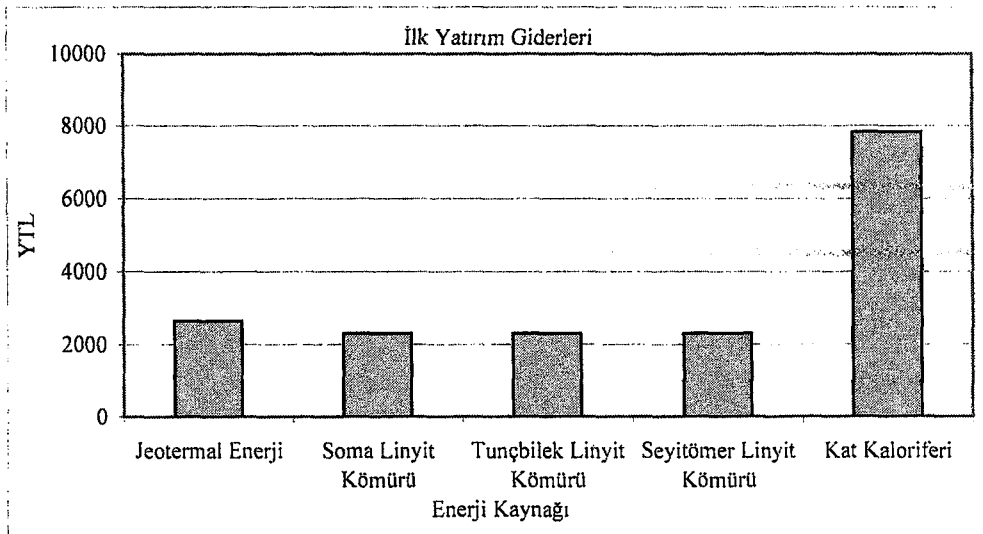
Çizelge 5.10. 100 m²'lik daire için ilk yatırım ve 2005 yılında ısınma giderleri

Enerji Kaynağı	Isıtma Süresi			İlk Yatırım Gideri (YTL) *	100 m ² Daire İçin Isıtma Gideri			
	h/gün	gün/yıl	h/yıl		Varsayım 1		Varsayım 2	
					YTL/yıl	YTL/h	YTL/yıl	YTL/h
Jeotermal ** Enerji	16	180	2880	2639	1031	0.36	1180	0.41
Soma Linyit Kömürü	16	180	2880	2306	2405	0.84	2971	1.03
Tunçbilek Linyit Kömürü	16	180	2880	2306	2276	0.79	2786	0.97
Seyitömer Linyit Kömürü	16	180	2880	2306	2050	0.71	2469	0.86
Kat Kaloriferi	16	180	2880	7831	3798	1.32	3682	1.28

* 2004 yılında yapılan ilk yatırım bedelleri %10 arttırılarak 2005 yılı için ayarlanmıştır.

** Jeotermal enerji ile konut ısıtması halen 24 h/gün ve 12 ay/yıl kullanım söz konusudur.

Çizelge incelendiğinde, farklı enerji kaynakları ile 100 m²'lik bir daireyi ısıtmak için gerekli yıllık ısınma ve ilk yatırım giderleri görülmektedir. Enerji kaynaklarının ilk yatırım giderleri Şekil 5.3'de verilmiştir. Çizelgede varsayım 1 için; jeotermal enerji, Soma linyit, Tunçbilek linyit, Seyitömer linyit kömürü ve kat kaloriferi ile birim ısıtma giderleri sırasıyla 0.36, 0.84, 0.79, 0.71 ve 1.32 YTL/h, varsayım 2 için 0.41, 1.03, 0.97, 0.86 ve 1.28 YTL/h olarak hesaplanmış ve hesaplanan bu değerler Şekil 5.3, 5.4 ve 5.5'de verilmiştir.

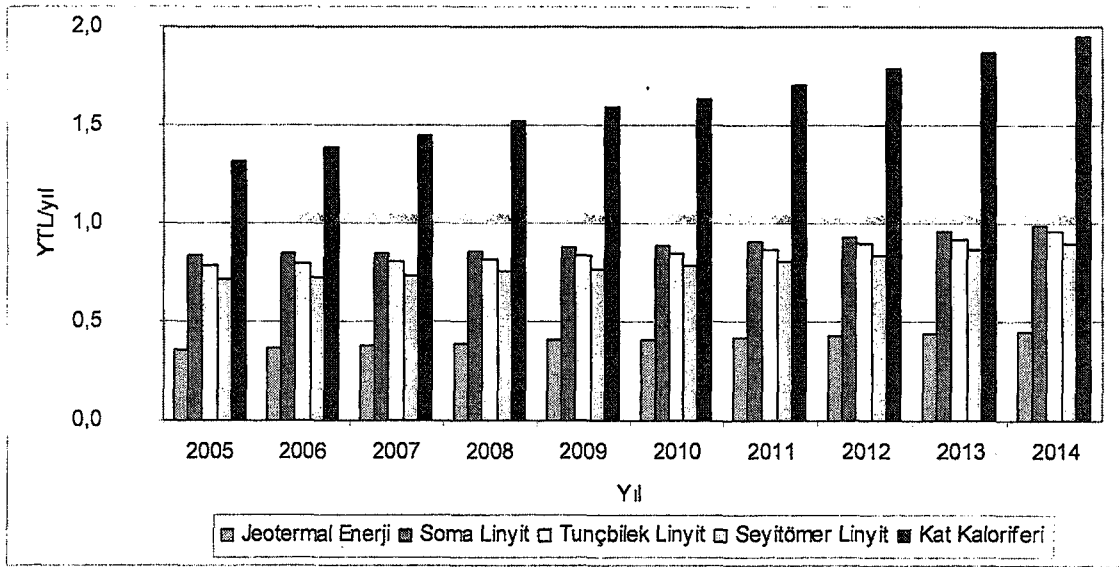


Şekil 5.3. 100 m²'lik daire için ilk yatırım giderleri

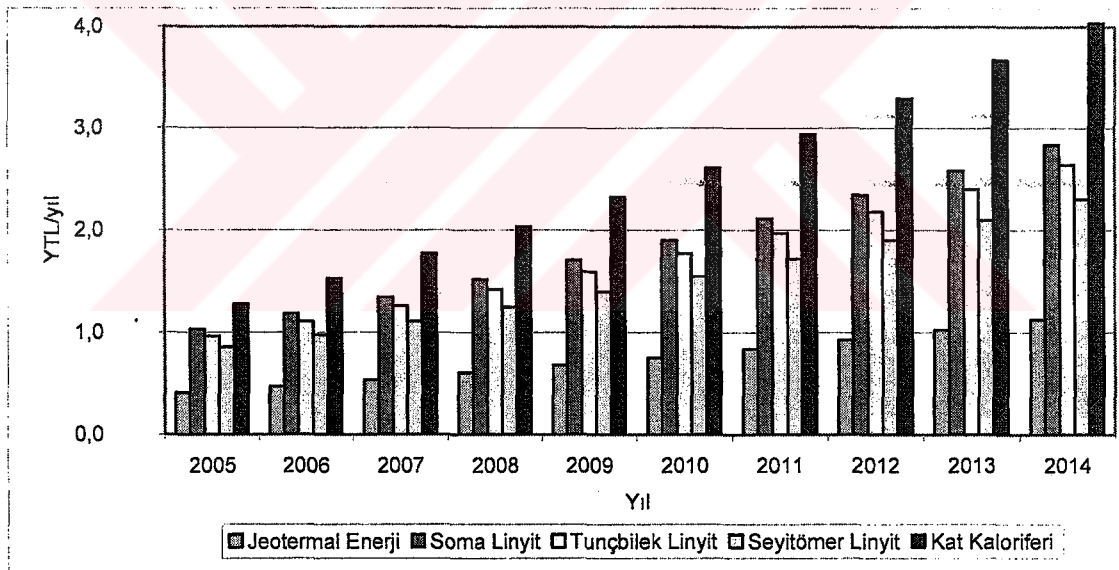
Gelecek 10 yıllık dönemde, jeotermal enerji, Soma linyit, Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit ve kat kaloriferi kullanılarak ısıtılan konutların her iki varsayım için birim ısınma giderleri Çizelge 5.11’de, birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimleri ise Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Her iki varsayım için 100 m²’lik daire için birim ısınma giderleri

Yıl	Varsayım 1									
	Enerji Kaynağı (YTL/h-100 m ²)									
	Jeotermal Enerji	Değişim (%)	Soma Linyit	Değim (%)	Tunçbilek Linyit	Değim (%)	Seyit-ömer Linyit	Değim (%)	Kat Kaloriferi	Değim (%)
2005	0.36	100.0	0.84	100.0	0.79	100.0	0.71	100.0	1.32	100.0
2006	0.37	102.8	0.84	100.0	0.80	101.3	0.72	101.4	1.39	105.3
2007	0.38	105.6	0.85	101.2	0.81	102.5	0.74	104.2	1.45	109.8
2008	0.39	108.3	0.86	102.4	0.82	103.8	0.75	105.6	1.52	115.2
2009	0.40	111.1	0.87	103.6	0.84	106.3	0.77	108.5	1.59	120.5
2010	0.41	113.9	0.88	104.8	0.85	107.6	0.78	109.9	1.64	124.2
2011	0.42	116.7	0.90	107.1	0.87	110.1	0.81	114.1	1.71	129.5
2012	0.43	119.4	0.93	110.7	0.89	112.7	0.83	116.9	1.78	134.8
2013	0.44	122.2	0.95	113.1	0.92	116.5	0.87	122.5	1.86	140.9
2014	0.45	125.0	0.99	117.9	0.96	121.5	0.90	126.8	1.95	147.7
Ort.	0.41	112.50	0.89	106.07	0.86	108.23	0.79	110.99	1.62	122.80
Yıl	Varsayım 2									
	Enerji Kaynağı (YTL/h-100 m ²)									
	Jeotermal Enerji	Değim (%)	Soma Linyit	Değim (%)	Tunçbilek Linyit	Değim (%)	Seyit-ömer Linyit	Değim (%)	Kat Kaloriferi	Değim (%)
2005	0.41	100.0	1.03	100.0	0.97	100.0	0.86	100.0	1.28	100.0
2006	0.47	114.6	1.18	114.6	1.11	114.4	0.98	114.0	1.53	119.5
2007	0.54	131.7	1.35	131.1	1.26	129.9	1.11	129.1	1.77	138.3
2008	0.61	148.8	1.52	147.6	1.42	146.4	1.25	145.3	2.03	158.6
2009	0.68	165.9	1.71	166.0	1.60	164.9	1.40	162.8	2.32	181.3
2010	0.75	182.9	1.90	184.5	1.77	182.5	1.55	180.2	2.61	203.9
2011	0.84	204.9	2.11	204.9	1.97	203.1	1.72	200.0	2.94	229.7
2012	0.93	226.8	2.34	227.2	2.18	224.7	1.91	222.1	3.29	257.0
2013	1.03	251.2	2.58	250.5	2.40	247.4	2.10	244.2	3.67	286.7
2014	1.13	275.6	2.83	274.8	2.64	272.2	2.30	267.4	4.07	318.0
Ort.	0.74	180.24	1.86	180.10	1.73	178.56	1.52	176.51	2.55	199.30



Şekil 5.6. Varsayım 1 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi



Şekil 5.7. Varsayım 2 için enerji kaynaklarının birim ısınma giderlerinin yıllara göre değişimi

Çizelge ve Şekillerde görüldüğü gibi, birim ısıtma giderleri arasında, enerji kaynağı ve yıllara göre önemli değişimler söz konusudur. Her iki varsayımda da görüldüğü gibi, enerji kaynaklarından jeotermal enerji ile ısınma en ucuz ısınma şekli olup, kullanımı da diğer enerji kaynaklarına göre daha ekonomiktir.

Varsayım 1 için, 2005 yılında 100 m^2 için 0.36 YTL/h olan jeotermal enerji birim ısınma bedeli, 2014 yılında %25 oranında artarak 0.45 YTL/h değerine yükselirken, Soma linyit kömüründe bu artış %17.9 olmuştur. 2005 yılında 0.79 YTL/h iken Tunçbilek linyit kömürü ile

birim ısınma bedeli %21.5 artarak 2014 yılında 0.96 YTL/h değerine yükselirken, 2014 yılında Seyitömer linyit kömürü ile birim ısınma bedeli 0.90 YTL/h olarak bulunmuştur. Bu değerlerden de görüldüğü gibi Simav yöresinde jeotermal enerji ile konut ısıtmasında Soma linyit, Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit ve kat kaloriferine göre önemli ölçüde ekonomik avantajlar söz konusudur. 10 yıllık ortalama birim ısıtma bedelleri dikkate alındığında, Soma linyit kömürü için 0.89 YTL/h, Tunçbilek linyit kömürü için 0.86 YTL/h, Seyitömer linyit kömürü için 0.79 YTL/h ve kat kaloriferi için 1.62 YTL/h olan birim ısınma giderleri, jeotermal enerji için ortalama %12.5 oranında artarak 0.41 YTL/h değerine düşmüştür.

Varsayım 2 için, jeotermal enerji ile birim ısıtma bedeli, 2005 yılında 0.41 YTL/h iken, 2014 yılında %175.6 artarak 1.13 YTL/h değerine yükselmiştir. Ancak, aynı konut Soma linyit kömürü ile ısıtılır ise 2005 yılında 1.03 YTL/h ve 2014 yılında da %174.8 artarak 2.83 YTL/h olacaktır. Yine aynı konutu, Seyitömer linyit kömürü ile ısıtılır ise 2005 yılında 0.86 YTL/h, Tunçbilek ile ısıtılırsa 0.97 YTL/h ve kat kaloriferi ile ısıtılırsa 1.28 YTL/h olur. Diğer bir ifadeyle gelecek 10 yıllık dönemde, Simav yöresinde jeotermal enerji konut ısıtılması en düşük değerlere sahip olduğu söylenebilir. Ve ortalama %80 oranında artarak 2014 yılında birim ısınma bedelinin 0.173 YTL/h olacağı tahmin edilmektedir. 2012 yılında jeotermal enerji ile ısınma 0.93 YTL/h iken, kalorifer yakıtı ile ısınma 3.29 YTL/h olmaktadır. 2005-2014 yılları arasında jeotermal enerji ile konut ısıtma; kat kaloriferi ve kömür ile ısıtmaya göre çok daha ekonomik olmaktadır. Artışların varsayılan şekilde devam etmesi jeotermal enerjinin ne kadar ekonomik olduğunu göstermektedir.

Simav, kış mevsimini yaklaşık 6 ay olarak geçirmektedir. Bu sürede ki kalorifer yakıtı ve kömür ile ısınma maliyeti, jeotermal enerji ile yapılan ısınma maliyetinden daha fazladır. Isınmada 12 ay boyunca jeotermal enerji kullanılsa bile kat kaloriferi ve kömür kullanım giderleri kadar masraflı olmamaktadır. Ancak, bu şartlarda bile jeotermal enerji ile ısınma daha ucuza gelmektedir. Jeotermal enerji ile ısınmada, 12 ay boyunca ısınma ücretini ödeme zorunluluğu vardır. Diğer ısınma sistemlerinde böyle bir zorunluluk yoktur. Ancak, yazın konut ısıtmasına gerek duyulmamaktadır. Sistemin yaz aylarında çalıştırılmaması jeotermal enerji için en büyük gideri oluşturan elektrik giderinin azalmasına neden olacaktır.

Yaz aylarında ısıtma yapılmamasına rağmen, aynı kış döneminde olduğu gibi yakıt bedeli ödenmektedir. Bu da diğer ısınma sistemlerine göre bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu dezavantaj, jeotermal enerji ile konut ısıtması günde 16 saat ve yılda 6 ay yaparak ortadan kaldırılabilir. Ancak, boylerlerin 24 saat ve 365 gün çalıştırılması gerekmektedir.

Isıtma sistemlerinde, kat ısıtmasının yanında sıcak su kullanımı da vardır. Jeotermal enerjide sıcak su kullanımı ortalama 60 °C civarında ve 24 saat boyunca kullanılmaktadır. Diğer enerji sistemlerinde ise bu durum kazan ateşinin belirli derecede yakılmasına, kat kaloriferinde ise sıcaklığı koruyabilecek belirli bir litre yakıtın yakılması ile elde edilebilir. 12 aylık verilen ısınma ücretinde, ısınmanın yanında 24 saat verilen sıcak su ücreti de bu bedele dahildir. Yani verilen bu ücret fazla gibi görünse de 12 ay boyunca sıcak su kullanımı yapılabilmektedir. Diğer enerji türleri ile böyle bir kullanımın bu fiyata sağlanması söz konusu değildir. Bu da jeotermal enerji ile ısınmanın bir avantajıdır.

Mevcut sistemlerde, binaların yalıtımlı olması, ısınmada avantaj sağlar. Kömür ve kata kaloriferi ile günlük 16 saat ısıtma yapılırsa, bina 8 saat kadar bir sürede soğur. Bu 8 saatin sonunda, sistem yeniden çalıştırılarak binanın kaybettiği ısı tekrar kazanılmaya çalışılır. Fakat jeotermal enerjide 24 saat sistem aynı sıcaklıkta çalıştığından, böyle bir durum söz konusu değildir. Durum böyle olunca, açılan pencere ve kapılar, diğer yakıt türleri ile yapılan ısıtmada maliyeti arttıracak, bu da binada mevcut ısının kaybolmasına sebep olacaktır. Bu yüzden bina iyi bir yalıtım sistemine sahip olmalıdır. Çünkü kazanın çalışmadığı saatlerde mevcut ısıyı koruyabilmelidir. Bu durum jeotermal enerji için bir avantaj oluşturmaktadır.

Jeotermal enerji ile ısınma belediye tarafından sağlanmakta ve bir aylık kullanım ücreti kullanma şekline göre değişmemektedir. Yani aylık ısınma ücretinin fiyatı bellidir. Günün her saati ısıtma yapıldığından, binanın mevcut ısı korunmaktadır. Bu ise kullanımda konfor ve rahatlık sağlamaktadır. Böylece daha ucuza, konforlu ve temiz bir ısınma elde edilirken, çevreye verilen zarar minimumdur. Yıllık fiyat artışlarına bakıldığında, kat kaloriferi ve kömür ile ısıtmanın jeotermal enerji ile ısıtmaya göre daha fazla olduğu görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, jeotermal enerji ile konut ısıtılmasının teknik ve ekonomik yönü incelenmiştir. Jeotermal enerjiden yararlanılarak yapılan bina ısıtmasının, çağdaş yaşam koşulları gözetildiğinde daha ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye’de son yıllarda çok sayıda jeotermal enerji alanı keşfedilmiştir. Bu çalışmada, bunlar hakkında da bilgi verilmiştir.

Ayrıca çalışmada, jeotermal enerji ile yapılan ısıtmanın bina ömrüne eşit olduğu göz önüne alınmadan, yalnızca 10 yıl için kıyaslama yapılmıştır. 30 yıllık bir dönem düşünülürse, jeotermal enerji ile ısıtmanın ne kadar ekonomik olacağı şüphesizdir. Zaten, çağdaş yaşam koşullarına uygunluk açısından düşünüldüğünde kömür, diğer ısıtma sistemlerine göre daha fazla hava kirliliği yarattığı ve maliyetinin yüksek olması bakımından ısınmada tercih edilir bir seçenek olmaması gerekir.

Bugün yurt geneline bakıldığında konutların ısıtılması genellikle, fuel-oil, doğal gaz, kömür ve jeotermal enerji ile yapılmaktadır. Jeotermal enerji, doğal bir enerji kaynağı olduğundan dışarıya bir bağımlılığı yoktur. Artan petrol fiyatları ve nakliye masrafları göz önüne alınırsa, jeotermal enerji dışındaki yakıt türleri ile konutların ısıtılması oldukça pahalıya mal olmaktadır. Bu enerji ile ısıtma yapılan konutlarda, 24 saat ısınma ve sıcak su kullanımı mevcuttur. Çalışmada elde edilen verilere göre jeotermal enerji ile konutların ısıtılması oldukça ucuza mal olmaktadır.

Çalışmada, reel fiyat artış oranları kullanılarak elde edilen varsayım için jeotermal enerji ile yapılan ısınma maliyeti; Soma linyit kömürü ile ısınmanın %42’sine, Tunçbilek linyit kömürü ile ısınmanın %45’ine, Seyitömer linyit kömürü ile ısınmanın %50’sine ve kat kaloriferi ile ısınmanın %27’sine eşittir. Excel paket program yardımıyla bulunan üstel regresyon eşitliği kullanılarak elde edilen diğer bir varsayım için jeotermal enerji ile yapılan ısınma maliyeti; Soma linyit kömürü ile ısınmanın %39’una, Tunçbilek linyit kömürü ile ısınmanın %42’sine, Seyitömer linyit kömürü ile ısınmanın %48’ine ve kat kaloriferi ısınmanın %32’sine eşittir. Yıllık maliyetler açısından, jeotermal enerji; kömür ve kat kaloriferine göre daha düşük değerlere sahiptir. Ancak, ilk yatırım maliyetleri açısından değerlendirildiğinde kömür ile ısıtmanın, jeotermal enerji ve kat kaloriferine göre daha ekonomik olduğu görülmektedir. Jeotermal enerjinin ısıtmada kullanımı, ekonomik ve temiz olması açısından oldukça konforludur. Çevreye atılan bir atık (kül, is vb.) olmadığı için temiz bir yaşam alanı kazanılmaktadır.

Bu çalışmada, 100 m²'lik bir yapının ısıtılabilmesi için değişik ısıtma metotlarının ilk yatırım giderleri ve yıllık işletme giderleri hesaplanmaktadır. İlk yatırım giderleri açısından en ekonomik enerji kaynağı; kömür ile ısıtma, ikinci alternatif enerji kaynağı ise jeotermal enerji ile merkezi ısıtma, son alternatif ise kat kaloriferi ile ısıtmadır. Yıllık işletme giderleri kıyaslandığında ise en ekonomik enerji kaynağının jeotermal enerji ile ısıtma olduğu sonucuna varılmıştır. Bundan sonra sırasıyla; Seyitömer linyit, Tunçbilek linyit, Soma linyit kömürü ve kat kaloriferi diğer alternatif enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. Yıllık yakacak fiyatlarının, geçmiş 10 yıllık eğilimle artacağı düşünüldüğünde 10 yıllık bir sürede, jeotermal enerji merkezi ısıtma sistemi, kömür ve kat kaloriferi ile ısıtmaya göre daha ekonomik olmaktadır.

Son yıllarda jeotermal enerjiye karşı yapılan yatırımlar jeotermal enerjinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bugün, Türkiye'nin en büyük jeotermal merkezi ısıtma sistemleri İzmir Balçova ve Kütahya-Simav'da bulunmaktadır. Türkiye çapında birçok belediye bu enerjiden yararlanmak için yatırım projeleri hazırlamaktadır. Bu projelerde konut ısıtılmasının yanında seraların da ısıtılması hedeflenen amaçlar arasındadır. Ayrıca, jeotermal enerji ile birçok kaplıca tesisi insanlarımızı sağlığı yönünden hizmet vermekle beraber turizm gelirimize de önemli katkı sağlamaktadır.

Simav-Eynal sahasında bulunan jeotermal akışkanın sıcaklığı merkezi ısıtma için oldukça yüksektir. Jeotermal akışkanın enerjisinden tam olarak yararlanılmadığı için bu yörede kurulacak entegre tesis ile elektrik üretiminin yanı sıra, atık ısı ile Simav ilçesinin ısıtılması, endüstriyel kullanım, sera ve termal tesislerin ısıtılması yapılabilecektir. Ucuz ve temiz bir enerji olan jeotermal kaynakların öncelikli olarak devreye alınması, bu kaynağın bulunduğu yörelerimize ve ülkemize önemli ölçüde ekonomik ve sosyal katkı sağlayacaktır.

Ayrıca, Simav'da bulunan jeotermal enerji merkezi ısıtma sisteminin yıllık 6 ay, günlük 16 saat çalıştırılması; hem maliyetlerin azalmasını hem de doğal zenginliğin gereksiz yere kullanılmasını engellemiş olacaktır. Bu şekilde yaz aylarında ki gereksiz kullanımlar azaltılmış ve kuyuların ömrü de artmış olacaktır. Zaten yaz aylarında konut ısıtılmasına gerek duyulmamakta ve sistem gereksiz yere çalıştırılmaktadır.

Simav'da jeotermal enerji ile konut ve sera ısıtılmasında en büyük gider elektriktir. Belediye çalışanları ile yapılan görüşmelerde, kış aylarında (6 ay) yaklaşık 25000-30000 YTL/ay olan elektrik gideri, yılın diğer 4 ayında 7000-8000 YTL/ay ve yaz aylarında ise 2 aylık dönem de 3000-4000 YTL/ay arasında olduğu açıklanmıştır. Görüldüğü gibi bir yılda aylık ortalama 15000-18000 YTL arasında elektrik gideri olmaktadır. Jeotermal enerji merkezi

ısıtma sistemi yıllık 6 ay ve günlük 16 saat çalıştırılması ile elektrik gideri azalacak ve elektrik giderinin azalması ile metrekare ücretlerinin de azalmasına neden olacaktır. Ayrıca, kuyu başında sistemin kendi elektriğini üretmesi için küçük bir santral kurulması düşünülebilir. Kurulabilecek bu santralin uygunluğu araştırılmalıdır. Sistem daha da geliştirilerek, Simav ilçesinin elektrik ihtiyacı karşılanabilir.

Bu önemli avantajların ardından Türkiye’de jeotermal enerji ile konut ısıtılmasının daha ucuza sağlanabileceğini söyleyerek, bu enerji alanlarına sahip bölgelerde yatırımların yapılması teşvik edilmelidir. Böylece hem kendi insanımıza en iyi hizmet sunulmuş, hem de ülkemizin doğal kaynakları değerlendirilmiş olacaktır. Türkiye, jeotermal enerji zenginliği açısından dünyanın yedinci ülkesi olup, bu enerjisinin ısı ve elektriksel kullanımını geliştirmek zorundadır. Bunun için, jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi sağlanmalıdır. Türkiye’de, toplam 170 jeotermal alana karşılık açılan kuyu sayısı 200 olup, dünya standartlarına göre çok azdır. Ülkemizde jeotermal potansiyelinin ortaya konulması için jeotermal sondaj kuyularının sayısı arttırılmalıdır. Yeni sahaların bulunması, kapasite çalışmalarının devamı ve reenjeksiyon amacıyla M.T.A, üniversiteler ve özel kuruluşlara araştırma-geliştirme, uygulama projeleri ve yatırımlar için destek sağlanması büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Kellegöz, M. ve Özkan, İ., 2004, Dünyamızda enerji kullanımının dünü ve bugünü, II.Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [2] Ulutaş, B., 2004, Türkiye'deki enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve tüketim yerlerine göre en uygun dağılımı, II.Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [3] Devlet İstatistik Enstitüsü Web Sitesi, <http://www.die.gov.tr> (16.02.2005).
- [4] http://vizyon2023.tubitak.gov.tr/teknolojiongorusu/paneller/enerjivedogalkaynaklar/raporlar/enerji_son_surum.pdf (16.02.2005).
- [5] Göksu, E., 1986, Enerji Kaynakları I, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [6] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2005, www.enerji.gov.tr (16.02.2005).
- [7] Mertoğlu, O., Canlan, A., Bakır, N., Dokuz, I. and Kaya, T., 2000, Geothermal direct use application in Turkey: Technology and economics, Proceedings World Geothermal Congress, May 28-June 10, Kyushu - Japan, 3505-3510.
- [8] Türkiye Jeotermal Enerji Derneği Web Sitesi, www.jeotermalenerjiderneği.com.tr (16.02.2005).
- [9] Kaygusuz, K. and Türker, M., 2002, Biomass energy potential in Turkey, Renewable Energy, p 661-678.
- [10] BP., 2000, Amoco Alive Statistical Review of World Energy.
- [11] Devlet Planlama Teşkilatı Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001, Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/enerjiha/oik620.pdf> Ankara, (16.02.2005).
- [12] Culp, A. W., 1991, Principles of energy conversion, Mc Graw-Hill Inc, Singapore.
- [13] Türk Kültürü Dergisi, 1991, Türk Kültürünü Araştırma Enstitüsü Yayınları, sayı 390, Ankara, 1995'den naklen, Doğanay H., Enerji Kaynakları, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yay. No.707. Erzurum.
- [14] Akkuş, F. ve Şimşek S., 1982, Jeotermal enerji ve Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Dergisi, No: 27, Ankara.
- [15] Erişen, B., 1987, Jeotermal enerji kullanımı ve Türkiye'deki durumu, Jeomorfoloji Dergisi, Sayı: 15, Türkiye Jeomorfoloji Derneği Yayınları, Ankara.
- [16] Erişen, B. ve Diğerleri, 1985, Simav-Eynal (Kütahya) jeotermal alanı, Eynal-2, Eynal-3, kuyu bitirme raporu, Ankara.
- [17] Geothermal Education Office, Steam Press Journal, 1993.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [18] Eşder, T., 1990, Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi, Bilim Teknik Dergisi Tubitak Yayınları.
- [19] Şamilgil, E., 1992, Jeotermal enerji, Yıldız Teknik Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Yayınları, Sayı:262, İstanbul.
- [20] Orme Jeotermal, 1999, Türkiye'deki jeotermal enerji uygulamalarının ekonomisi ve jeotermal enerji teknolojilerindeki gelişmeler, Ankara.
- [21] Orme Jeotermal, 1996, Ucuz ısınma, temiz hava için jeotermal merkezi ısıtmanın Dünya'da ve Türkiye'deki durumu ve ekonomisi Yayın No 94/02, Ankara.
- [22] Simav Belediyesi, 1993, Jeotermal merkezi ısıtma sistemi, Yatırım Teknik ve Ekonomik Fizibilite Raporu, Orme Jeotermal, Ankara.
- [23] Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları, 2002, MMO Yayınları, Yay no:259/2, Ankara.
- [24] Anonim, 2004, Simav Belediyesi Eynal Kaplıcaları İşletme Müdürlüğü Verileri, Simav/ Kütahya.
- [25] Şamilgil, E., 1973, Dünya'da ve Türkiye'de jeotermal enerji, Makine Mühendisleri Odası Mühendislik ve Makine Dergisi Enerji Özel Sayısı, Ankara.
- [26] Mertoğlu, O., 2000, Türkiye'de jeotermal enerji uygulamaları ve gelişimi, Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, s:1-9.
- [27] Kaya, A., 1994, Jeotermal enerji ile ısıtma, MTA Ege Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- [28] Erul, G., 2000, Jeotermal enerji kullanım alanları ve reenjeksiyon, Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi s:278-290.
- [29] Şamilgil, E., 1986, Jeotermal uygulamalarda çevre sorunları, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yer Bilimleri Dergisi c.5, s. 91.
- [30] Gemici, Z. ve Bahadır, A.E., 2001, Enerji üretim sistemleri ve iklim değişikliği, 7. Uluslar arası köjenarasyon ve çevre konferansı bildiriler kitabı, İstanbul s.204
- [31] Hutter, G., 2000, The Status of World geothermal power generation 1995-2000, Proceedings World Geothermal Congress, May 28-June 10, Kyushu - Japan, 23-37.
- [32] Yeşil Enerji, 2000, Türkiye jeotermal enerji bülteni, Ağustos, s:2.
- [33] Lund, W.J. and Feeston, H.D, 2000, World-Wide Direct Uses Of Geothermal Energy.
- [34] Hepbaşı, A. and Çanakçı, C., 2003, Geothermal district heating applications in Turkey: a case study of İzmir-Balçova, Energy Conversion and Management 44 (2003) 1285-1301.

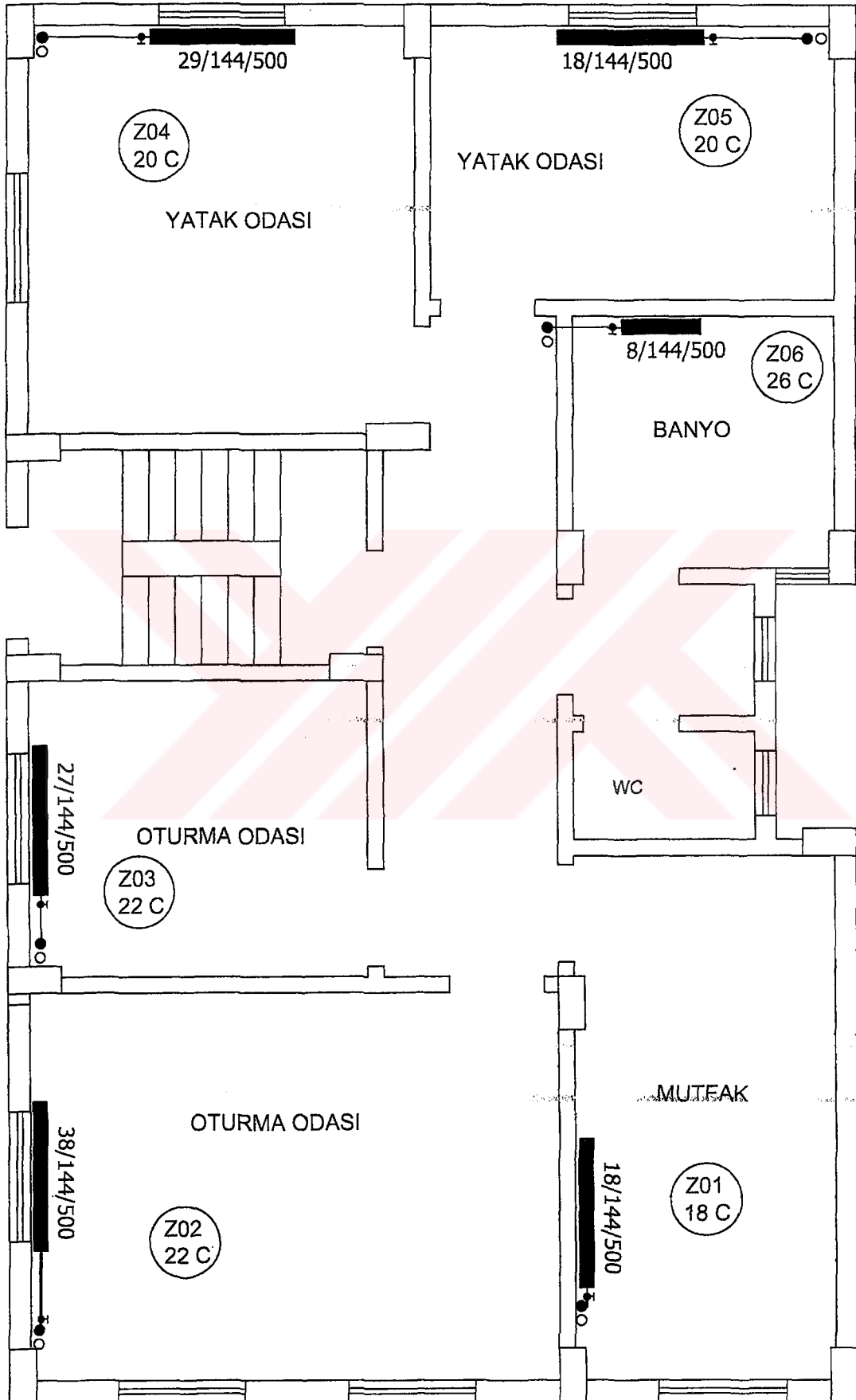
KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [35] Acar, H. I., 2003, A review of geothermal energy in Turkey, *Energy Sources*, cilt 25 s:1083-1088.
- [36] Mertoğlu, O., Bakır, N. and Kaya, T., 2003, Geothermal applications in Turkey, *Geothermics*, 32: (2003) 419-28.
- [37] Akkuş, I., Aydoğdu, Ö. ve Sarp, S., 2002, Ülkemiz enerji gereksiniminin karşılanmasında jeotermal enerjinin yeri, IV. UTES Bildiriler Kitabı, İstanbul, Cilt II, s.619-628.
- [38] Batık, H., Koçak, A., Akkuş, İ., Şimşek, S., Mertoğlu, O., Dokuz, İ. and Bakır, N., 2000, Geothermal energy utilization development in Turkey-present geothermal situation and projections, *Proceeding World Geothermal Congress, Japan*.
- [39] Hepbaşlı, A. and Özgener, L., 2004, Development of geothermal energy utilization in Turkey: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8 (2004) 433-460.
- [40] Popovski, K., 1988, *Geothermal Energy, FAO/REUR Technical Series 3, Present Status of the Use of Geothermal Energy in European Agriculture: FAO/CNRE Bulletin, No:21*
- [41] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), 2005, <http://www.mta.gov.tr>
- [42] Köse, R., Tuğcu, A. ve Yamık, A., 2004a, Kütahya'da jeotermal enerji kullanımının irdelenmesi, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [43] Özav, L., 1995, Türkiye'de jeotermal enerji ile kentlerin ısıtılabilirliğine örnek, *Simav Türk Kültürü Dergisi*, Ankara.
- [44] Tuğcu, A., 1997, Jeotermal enerji ile kent ısıtmasında Simav örneği, Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Lisans Tezi, Kütahya.
- [45] Atayılmaz, H. B., 2000, Binalarda zorunlu ısı yalıtım kurallarının uygulanabilirliğinin incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [46] Avcı, M., 2000, Jeotermal kaynaktan yararlanılarak ısıtma ve soğutma yapabilmek için uygun sistemin seçimi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- [47] Masalcı, D. D., 2000, Seferihisar jeotermal sahasından Balçova'ya sıcak su taşınmasının ekonomik analizi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- [48] Sunu, S., 2000, Jeotermal enerji ile konut ısıtılması, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.

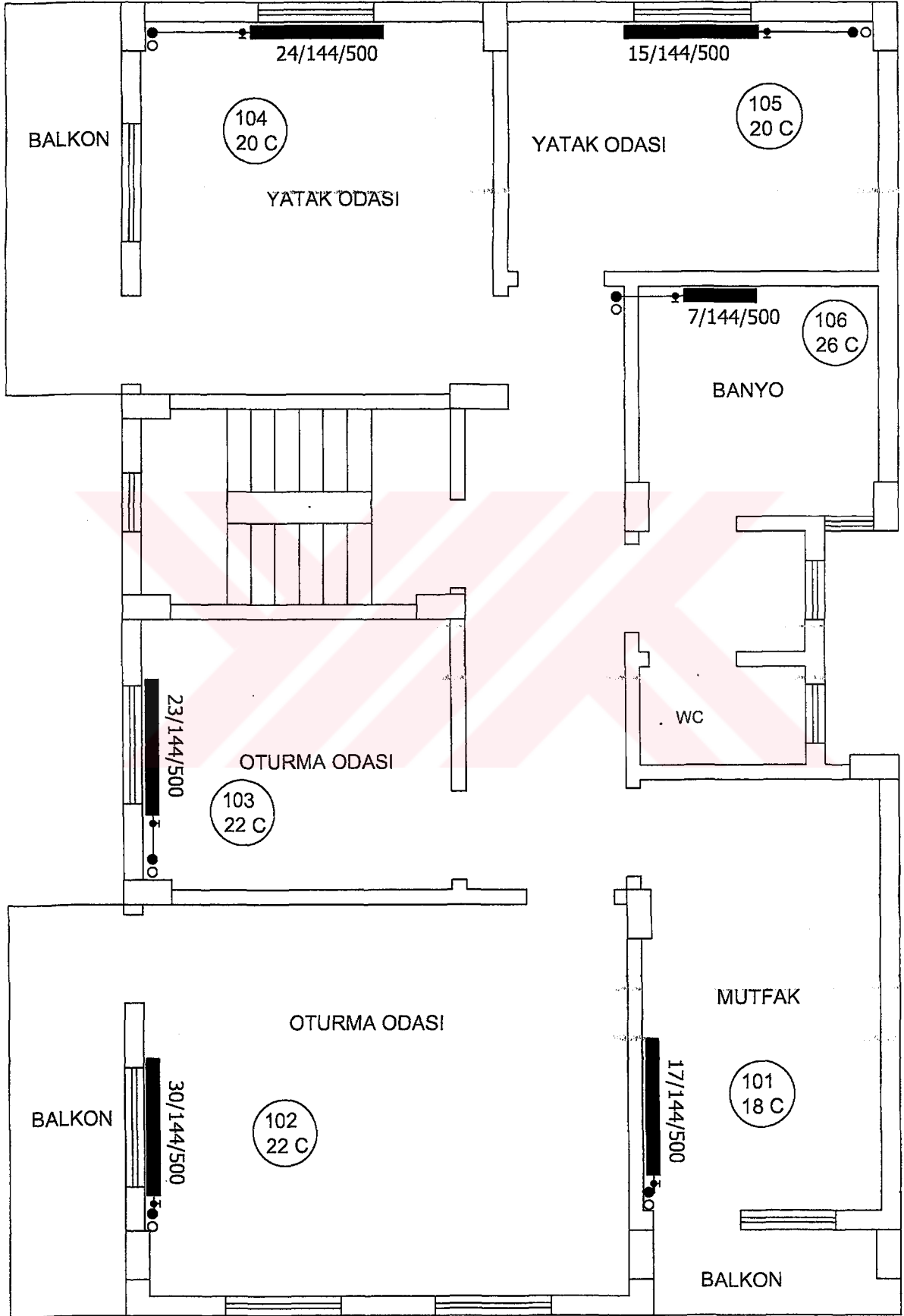
KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [49] Cerci, Y., 2003, Performance evaluation of a single-flash geothermal power plant in Denizli, Turkey, *Energy* 28 (2003) 27–35.
- [50] Gökçen, G., Öztürk, H. K. and Hepbaşlı, A., 2004, Overview of Kızıldere geothermal power plant in Turkey, *Energy Conversion and Management*, 45 (2004) 83–98.
- [51] Işık, A. ve Kıratlı, N., 2004, Simav yöresinde jeotermal enerji ve kok kömürüyle sera ve konut ısıtmasının ekonomik analizi, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [52] Kaygusuz, K. and Kaygusuz, A., 2004, Geothermal energy in Turkey the sustainable future, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8 (2004) 545–563.
- [53] Köse, R., 2004a, Kütahya da ısınma amaçlı kullanılan yakıtların akışkan yataklı yakma sisteminde emisyon davranışının incelenmesi, II.Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [54] Köse, R., 2004b, A research on the generation of electricity energy from the geothermal resources in Simav region, Turkey, *Renewable Energy*, 30 (2005): 67-79.
- [55] Köse, R. ve Arslan, O., 2004, Kütahya yöresinde ele alınan örnek bir bina için ısıtma devresi optimizasyonu, II.Ulusal Ege enerji sempozyumu ve sergisi, Kütahya.
- [56] Köse, R., Erbaş, O. ve Topal, H., 2004b, Enerji – çevre ilişkisinde yakıt seçiminin önemi ve Kütahya örneği, II.Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi, Kütahya.
- [57] Özgener, L., Hepbaşlı, A. and Dinçer, İ., 2004, Energy and exergy analysis of geothermal district heating systems: an application *Building and Environment*.
- [58] Selahattin Tuzcu, 2004, Sözlü görüşme, Makine Mühendisi, Simav/Kütahya.
- [59] Işık, A., 2000, Mühendislik Ekonomisi, Bizim Büro Basımevi, İkinci baskı, Simav/Kütahya, 276 s.
- [60] Kural, O. ve Özcan, A.N., 1982, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*. Cilt:5. Say:1, s:18.

EK-1 Yaklaşık 100 m² lik Bir Daireye Ait Kat Planı



ZEMİN KAT PLANI Ö:1/50



1. 2. 3. NORMAL KAT PLANI Ö:1/50

EK-2 Bina Isı Kaybı Hesabı Çizelgesi

ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ												Sayfa		1		
ŞAHİN APARTMANI												Kat		Zemin		
Yapı bileşeni			Alan hesabı					Isı kaybı hesabı				Artırımlar				
İşaret	yön	kalın- lık	uzun- luk	yük/ gen	toplam alan	mik- tar	çıkari- lan alan	A	K	ΔT	Qo	Zd	Zw	Zh	Z	Qh
		cm	m	m	m ²	adet	m ²	m ²	kcal/ m ² h ⁰ C	°C	kcal/h	%	%	%	1+%	kcal/h
Z 01 MUTFAK (18 °C)																
ÇCP3	G	-	1,00	1,20	1,20	1	➤	1,20	2,20	30	79					
BK3	G	-	0,80	2,10	1,68	1	➤	1,68	4,30	30	217					
DDko	G	-	0,40	2,40	0,96	1	➤	0,96	2,81	30	81					
DDki	G	-	6,75	0,40	2,70	1	➤	2,70	2,81	30	228					
DD	G	24,0	7,25	2,80	20,30	1	6,54	13,76	1,46	30	603					
Dö3	-	24,0	2,50	4,25	10,63	1	-	10,63	0,53	12	68					
											1275	20	-	-5	1,15	1466
Qs=2,00*9,96*0,70*0,84*30*1,00																351
																1817
Z 02 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
BK3	GB	-	0,80	2,10	1,68	1	➤	1,68	4,30	34	246					
ÇCKP3	GB	-	1,20	1,40	1,68	3	➤	5,04	2,20	34	377					
DDko	GB	-	0,40	2,40	0,96	3	➤	2,88	2,81	34	275					
DDki	GB	-	9,60	0,40	3,84	1	➤	3,84	2,81	34	367					
DD	GB	24,0	9,60	2,80	26,88	1	13,44	13,44	1,46	34	667					
Dö4	-	15,0	5,05	3,95	19,95	1	-	19,95	1,97	16	629					
											2561	20	-	-5	1,15	2945
Qs=2,00*23,69*0,70*0,84*34*1,00																947
																3892
Z 03 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
ÇCP3	KB	-	1,20	1,40	1,68	1	➤	1,68	2,20	34	126					
DDki	KB	-	3,90	0,40	1,56	1	➤	1,56	2,81	34	149					
DD	KB	24,0	8,35	2,80	23,58	1	3,24	20,14	1,46	34	1000					
İD1	-	13,0	5,75	2,80	16,10	1	-	16,10	1,86	15	449					
Dö4	-	15,0	5,60	2,75	15,40	1	-	15,40	1,97	16	485					
											2209	20	-	5	1,25	2761
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																249
																3010
Z 04 YATAK ODASI (20 °C)																
BK3	K	-	0,85	2,10	1,78	1	➤	1,78	4,30	32	246					
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	2	➤	3,36	2,20	32	237					
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	➤	1,92	2,81	32	173					
DDki	K	-	7,55	0,40	3,02	1	➤	3,02	2,81	32	272					
DD	K	24,0	7,55	2,80	21,14	1	10,09	11,05	1,46	32	516					
Dö4	-	15,0	3,70	3,85	14,24	1	-	14,24	1,97	14	393					
											1836	20	-	5	1,25	2295
Qs=2,00*17,79*0,70*0,84*32*1,00																669
																2964
Z 05 YATAK ODASI (20 °C)																
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	1	➤	1,68	2,20	32	118					
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	➤	1,92	2,81	32	173					
DDki	K	-	6,60	0,40	2,64	1	➤	2,64	2,81	32	237					

DD	K	24,0	6,60	2,80	18,48	1	6,24	12,24	1,46	32	572						
İD1	-	12,5	2,50	2,80	7,00	1	-	7,00	1,86	-6	-78						
Dö4	-	15,0	2,75	3,85	10,59	1	-	10,59	1,97	14	292						
											1314	20	-	5	1,25	1642	
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																	
234																	
1876																	
Z 06 BANYO (26 °C)																	
ÇCP3	-	-	0,50	0,50	0,25	1	↘	0,25	2,20	38	21						
DDko	-	-	0,40	2,40	0,96	1	↘	0,96	2,81	38	103						
DDki	-	-	3,30	0,40	1,32	1	↘	1,32	2,81	38	141						
DD	-	24,0	2,55	2,80	7,14	1	2,53	4,61	1,46	38	256						
Dö3	-	24,0	2,55	2,50	6,38	1	-	6,38	0,53	20	68						
											588	20	-	-	1,20	705	
Qs=2,00*1,80*0,70*0,84*38*1,00																	
80																	
786																	
Zemin Kat için Toplam Isı Kaybı (kcal/h)																	
14345																	



ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ													Sayfa		2	
ŞAHİN APARTMANI													Kat		1	
Yapı bileşeni			Alan hesabı					Isı kaybı hesabı				Artırımlar				
İşaret	yön	kalin- lık	uzun- luk	yük/ gen	toplam alan	mik- tar	çıkari- lan alan	A	K	ΔT	Qo	Zd	Zw	Zh	Z	Qh
		cm	m	m	m ²	adet	m ²	m ²	kcal/ m ² h ⁰ C	°C	kcal/h	%	%	%	1+%	kcal/h
101 MUTFAK (18 °C)																
ÇCP3	G	-	1,00	1,20	1,20	1	▲	1,20	2,20	30	79					
BK3	G	-	0,80	2,10	1,68	1	▲	1,68	4,30	30	217					
DDko	G	-	0,40	2,40	0,96	1	▲	0,96	2,81	30	81					
DDki	G	-	6,75	0,40	2,70	1	▲	2,70	2,81	30	228					
DD	G	24,0	7,25	2,80	20,30	1	6,54	13,76	1,46	30	603					
											1207	20	-	-5	1,15	1388
Qs=2,00*9,96*0,70*0,84*30*1,00																351
																1740
102 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
BK3	GB	-	0,80	2,10	1,68	1	▲	1,68	4,30	34	246					
ÇCKP3	GB	-	1,20	1,40	1,68	3	▲	5,04	2,20	34	377					
DDko	GB	-	0,40	2,40	0,96	3	▲	2,88	2,81	34	275					
DDki	GB	-	9,60	0,40	3,84	1	▲	3,84	2,81	34	367					
DD	GB	24,0	9,60	2,80	26,88	1	13,44	13,44	1,46	34	667					
											1932	20	-	-5	1,15	2222
Qs=2,00*23,69*0,70*0,84*34*1,00																947
																3169
103 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
ÇCP3	KB	-	1,20	1,40	1,68	1	▲	1,68	2,20	34	126					
DDki	KB	-	3,90	0,40	1,56	1	▲	1,56	2,81	34	149					
DD	KB	24,0	8,35	2,80	23,58	1	3,24	20,14	1,46	34	1000					
ID1	-	13,0	5,75	2,80	16,10	1	-	16,10	1,86	15	449					
											1724	20	-	5	1,25	2155
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																249
																2403
104 YATAK ODASI (20 °C)																
BK3	K	-	0,85	2,10	1,78	1	▲	1,78	4,30	32	246					
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	2	▲	3,36	2,20	32	237					
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	▲	1,92	2,81	32	173					
DDki	K	-	7,55	0,40	3,02	1	▲	3,02	2,81	32	272					
DD	K	24,0	7,55	2,80	21,14	1	10,09	11,05	1,46	32	516					
											1443	20	-	5	1,25	1804
Qs=2,00*17,79*0,70*0,84*32*1,00																669
																2473
105 YATAK ODASI (20 °C)																
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	1	▲	1,68	2,20	32	118					
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	▲	1,92	2,81	32	173					
DDki	K	-	6,60	0,40	2,64	1	▲	2,64	2,81	32	237					
DD	K	24,0	6,60	2,80	18,48	1	6,24	12,24	1,46	32	572					
ID1	-	12,5	2,50	2,80	7,00	1	-	7,00	1,86	-6	-78					
											1022	20	-	5	1,25	1277
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																234
																1511
106 BANYO (26 °C)																
ÇCP3	-	-	0,50	0,50	0,25	1	▲	0,25	2,20	38	21					
DDko	-	-	0,40	2,40	0,96	1	▲	0,96	2,81	38	103					

DDki	-	-	3,30	0,40	1,32	1	▲	1,32	2,81	38	141					
DD	-	24,0	2,55	2,80	7,14	1	2,53	4,61	1,46	38	256					
											520	20	-	-	1,20	624
$Q_s=2,00*1,80*0,70*0,84*38*1,00$																80
																705
1.Kat için Toplam Isı Kaybı (kcal/h)																12001



ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ												Sayfa		3		
ŞAHİN APARTMANI												Kat		2		
Yapı bileşeni			Alan hesabı					Isı kaybı hesabı				Artırımlar				
İşaret	yön	kalın- lık	uzun- luk	yük/ gen	toplam alan	mik- tar	çıkarı- lan alan	A	K	ΔT	Qo	Zd	Zw	Zh	Z	Qh
		cm	m	m	m ²	adet	m ²	m ²	kcal/ m ² h ⁰ C	°C	kcal/h	%	%	%	1+%	kcal/h
201 MUTFAK (18 °C)																
ÇCP3	G	-	1,00	1,20	1,20	1	1,20	2,20	30	79						
BK3	G	-	0,80	2,10	1,68	1	1,68	4,30	30	217						
DDko	G	-	0,40	2,40	0,96	1	0,96	2,81	30	81						
DDki	G	-	6,75	0,40	2,70	1	2,70	2,81	30	228						
DD	G	24,0	7,25	2,80	20,30	1	6,54	13,76	1,46	30	603					
											1207	20	-	-5	1,15	1388
Qs=2,00*9,96*0,70*0,84*30*1,00																351
																1740
202 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
BK3	GB	-	0,80	2,10	1,68	1	1,68	4,30	34	246						
ÇCKP3	GB	-	1,20	1,40	1,68	3	5,04	2,20	34	377						
DDko	GB	-	0,40	2,40	0,96	3	2,88	2,81	34	275						
DDki	GB	-	9,60	0,40	3,84	1	3,84	2,81	34	367						
DD	GB	24,0	9,60	2,80	26,88	1	13,44	13,44	1,46	34	667					
											1932	20	-	-5	1,15	2222
Qs=2,00*23,69*0,70*0,84*34*1,00																947
																3169
203 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
ÇCP3	KB	-	1,20	1,40	1,68	1	1,68	2,20	34	126						
DDki	KB	-	3,90	0,40	1,56	1	1,56	2,81	34	149						
DD	KB	24,0	8,35	2,80	23,58	1	3,24	20,14	1,46	34	1000					
ID1	-	13,0	5,75	2,80	16,10	1	-	16,10	1,86	15	449					
											1724	20	-	5	1,25	2155
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																249
																2403
204 YATAK ODASI (20 °C)																
BK3	K	-	0,85	2,10	1,78	1	1,78	4,30	32	246						
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	2	3,36	2,20	32	237						
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	1,92	2,81	32	173						
DDki	K	-	7,55	0,40	3,02	1	3,02	2,81	32	272						
DD	K	24,0	7,55	2,80	21,14	1	10,09	11,05	1,46	32	516					
											1443	20	-	5	1,25	1804
Qs=2,00*17,79*0,70*0,84*32*1,00																669
																2473
205 YATAK ODASI (20 °C)																
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	1	1,68	2,20	32	118						
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	1,92	2,81	32	173						
DDki	K	-	6,60	0,40	2,64	1	2,64	2,81	32	237						
DD	K	-	6,60	2,80	18,48	1	6,24	12,24	1,46	32	572					
ID1	-	24,0	2,50	2,80	7,00	1	-	7,00	1,86	-6	-78					
											1022	20	-	5	1,25	1277
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																234
																1511
206 BANYO (26 °C)																
ÇCP3	-	-	0,50	0,50	0,25	1	0,25	2,20	38	21						
DDko	-	-	0,40	2,40	0,96	1	0,96	2,81	38	103						

DDki	-	-	3,30	0,40	1,32	1	▲	1,32	2,81	38	141					
DD	-	24,0	2,55	2,80	7,14	1	2,53	4,61	1,46	38	256					
											520	20	-	-	1,20	624
$Q_s=2,00*1,80*0,70*0,84*38*1,00$																80
																705
2.Kat için Toplam Isı Kaybı (kcal/h)																12001



ISI KAYBI HESABI ÇİZELGESİ												Sayfa		4		
ŞAHİN APARTMANI												Kat		3		
Yapı bileşeni			Alan hesabı					Isı kaybı hesabı				Artırımlar				
İşaret	yön	kalın- lık	uzun- luk	yük/ gen	toplam alan	mik- tar	çıkari- lan alan	A	K	ΔT	Qo	Zd	Zw	Zh	Z	Qh
		cm	m	m	m ²	adet	m ²	m ²	kcal/ m ² h ⁰ C	°C	kcal/h	%	%	%	1+%	kcal/h
301 MUTFAK (18 °C)																
ÇCP3	G	-	1,00	1,20	1,20	1	↘	1,20	2,20	30	79					
BK3	G	-	0,80	2,10	1,68	1	↘	1,68	4,30	30	217					
DDko	G	-	0,40	2,40	0,96	1	↘	0,96	2,81	30	81					
DDki	G	-	6,75	0,40	2,70	1	↘	2,70	2,81	30	228					
DD	G	24,0	7,25	2,80	20,30	1	6,54	13,76	1,46	30	603					
Ta3	-	14,0	2,50	4,25	10,63	1	-	10,63	2,64	24	673					
											1881	15	-	-5	1,1	2069
Qs=2,00*9,96*0,70*0,84*30*1,00																351
																2420
302 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
BK3	GB	-	0,80	2,10	1,68	1	↘	1,68	4,30	34	246					
ÇCKP3	GB	-	1,20	1,40	1,68	3	↘	5,04	2,20	34	377					
DDko	GB	-	0,40	2,40	0,96	3	↘	2,88	2,81	34	275					
DDki	GB	-	9,60	0,40	3,84	1	↘	3,84	2,81	34	367					
DD	GB	24,0	9,60	2,80	26,88	1	13,44	13,44	1,46	34	667					
Ta3	-	14,0	5,05	3,95	19,95	1	-	19,95	2,64	28	1475					
											3407	15	-	-5	1,15	3918
Qs=2,00*23,69*0,70*0,84*34*1,00																947
																4865
303 OTURMA ODASI (SALONLAR) (22 °C)																
BK3	KB	-	0,85	2,10	1,79	1	↘	1,78	4,30	34	260					
ÇCP3	KB	-	1,20	1,40	1,68	2	↘	3,36	2,20	34	251					
DDko	KB	-	0,40	2,40	0,96	2	↘	1,92	2,81	34	183					
DDki	KB	-	7,55	0,40	3,02	1	↘	3,02	2,81	34	289					
DD	KB	24,0	7,55	2,80	21,14	1	10,09	11,05	1,46	34	549					
Ta3	-	14,0	3,70	3,85	14,25	1	-	14,24	2,64	28	1053					
											2585	15	-	5	1,2	3102
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																249
																3351
304 YATAK ODASI (20 °C)																
BK3	KB	-	0,85	2,10	1,78	1	↘	1,78	4,30	32	245					
ÇCP3	KB	-	1,20	1,40	1,68	2	↘	3,36	2,20	32	237					
DDko	KB	-	0,40	2,40	0,96	2	↘	1,92	2,81	32	173					
DDki	KB	-	7,55	0,40	3,02	1	↘	3,02	2,81	32	272					
DD	KB	24,0	7,55	2,80	21,14	1	10,09	11,05	1,46	32	516					
Ta3	-	14,0	3,70	3,85	14,24	1	-	14,24	2,64	26	977					
											2419	15	-	5	1,2	2903
Qs=2,00*17,79*0,70*0,84*32*1,00																669
																3571
305 YATAK ODASI (20 °C)																
ÇCP3	K	-	1,20	1,40	1,68	1	↘	1,68	2,20	32	118					
DDko	K	-	0,40	2,40	0,96	2	↘	1,92	2,81	32	173					
DDki	K	-	6,60	0,40	2,64	1	↘	2,64	2,81	32	237					
DD	K	-	6,60	2,80	18,48	1	6,24	12,24	1,46	32	572					
İD1	-	24,0	2,50	2,80	7,00	1	-	7,00	1,86	-6	-78					
Ta3	-	14,0	2,75	3,85	10,59	1	-	10,59	2,64	26	727					
											1749	15	-	5	1,2	2099
Qs=2,00*6,22*0,70*0,84*34*1,00																234
																2332

306 BANYO (26 °C)																
ÇCP3	-	-	0,50	0,50	0,25	1	↘	0,25	2,20	38	21					
DDko	-	-	0,40	2,40	0,96	1	↘	0,96	2,81	38	103					
DDki	-	-	3,30	0,40	1,32	1	↘	1,32	2,81	38	141					
DD	-	24,0	2,55	2,80	7,14	1	2,53	4,61	1,46	38	256					
Ta3	-	14,0	2,55	2,50	6,38	1	-	6,38	2,64	20	337					
											857	15	-	-	1,15	986
Qs=2,00*1,80*0,70*0,84*38*1,00																80
																1066
3.Kat İçin Toplam Isı Kaybı (kcal/h)																17605
Bina (Z+3) İçin Toplam Isı Kaybı																55952 kcal/h