

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

139668

**JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMA ALANLARI
VE ÖZELİNDE BALÇOVA KONUT VE
İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ**

139668-

Makine Müh. Hakan SEZER

**F.B.E. Makine Mühendisliği Isı Proses
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Doğan ÖZGÜR

İSTANBUL, 2003

**TE. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
DOKÜMENTASYON MERKEZİ**

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ	iii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
1. GİRİŞ	7
1.1 Jeotermal Enerjinin Tanımı ve Özellikleri.....	8
2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ.....	11
2.1 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı.....	13
3. JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI	15
3.1 Türkiye'de Jeotermal Enerji Uygulamaları	15
3.2 Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi	17
3.3 Dünyada Jeotermal Enerji Uygulamaları.....	20
4. JEOTERMAL ENERJİ SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ.....	28
4.1 Jeotermal Enerjinin Üretimi ve Teknolojisi.....	28
4.2 Elektrik Enerjisi Üretimi.....	28
4.3 Isı Enerjisinin Üretimi	29
4.4 Maliyet.....	29
4.5 Jeotermal Enerji ve Çevre İlişkileri	31
4.6 Bölgesel Isıtma Sistemleri	32
5. JEOTERMAL ENERJİ PROSESİ DEĞERLENDİRME ESASLARI.....	36
6. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIM SORUNLARI ve YAPILMASI GEREKENLER	37
6.1 Jeotermal Enerji Kullanımına İlişkin Sorunlar ve Öneriler	37
7. JEOTERMAL ISITMA SİSTEMİ PROJE HAZIRLAMA ESASLARI.....	41
7.1 Açıklayıcı Bilgiler.....	41
7.2 Binanın iç sıcaklık dereceleri.....	41
7.3 Hesaplarda Kullanılan Isı Geçirme Katsayıları	42
7.4 Hesaplar	48
8. BİNA ALTI TESİSATI	60
9. EŞ ZAMAN FAKTÖRÜ USULÜNE GÖRE BALÇOVA SELÇUK APT.SICAK SU TESİSATI HESABI.....	65

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
EKLER	81
ÖZGEÇMİŞ.....	88



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Türkiye'nin jeotermal saha sıcaklıkları	12
Şekil 3.1 Batı Anadolu'nun tektoniği ve jeotermal alanlarının dağılımı	17
Şekil 3.2 Balçova alanında kuyu dağılımını gösterir kroki	19
Şekil 3.3 Lindal diyagramı	23
Şekil 3.4 Jeotermal enerjinin endüstriyel ve tarımsal uygulamaları için proses sıcaklıkları	25
Şekil 4.1 Enerji Kaynağı ile talep ve arz arasındaki ilişki	34



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Jeotermal enerji kullanım kapasiteleri	14
Çizelge 3.1 Jeotermal elektrik santrallerinin kurulu güçleri.....	26
Çizelge 4.1 Çeşitli ısıtma sistemlerinde ortalama maliyetler	30
Çizelge 7.1 Isı geçirme katsayıları.....	42
Çizelge 7.2 Rüzgar zammı.....	48
Çizelge 7.3 Tavsiye olunan Kat Yükseklik Arttırmaları	49
Çizelge 7.4 Hava Sızıntısı Zammı	51
Çizelge 7.5 Oda durumu katsayıları-R-	52
Çizelge 7.6 Bina durumu katsayıları	53
Çizelge 7.7 n katsayısı	56
Çizelge 7.8 Boylerde serpantin yüzeyleri cetveli (m ²)	57
Çizelge 7.9 Boyler kapasitesi hesaplanması	58
Çizelge 9.1 Isıtıcı plakalı eşanjör seçim kriterleri	66



ÖZET

Bu projede, enerji üretim, iletim, dağıtım ve etkin kullanım teknolojilerine yönelik politika araştırmaları ve izlenecek ulusal politikanın belirlenmesi amacıyla oluşturulan ilkeler çerçevesinde jeotermal enerji konusu ele alınmıştır.

Jeotermal enerji yer ısıl enerjisidir. Kaynağı ve kullanımını bakımından karmaşık ve yoğun bilgi birikimini gerektirir. Bu şekli ile arama, üretim, tesis kullanım şekilleri bakımından tamamen alt yapı yatırımdır. Arama ve üretim evresinde yapılacak ihmalkarlıklar çok büyük zararlara sebep olabilir.

Projede ayrıca jeotermal enerji kullanımıyla bina ısıtılması konusuna değinilmiş, Balçova semtinde örnek bir konut seçilerek, kullanım sıcak su tesisatı, bina altı tesisatı ve bina içi tesisatı hesaplanarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Balçova, jeotermal, enerji, bina tesisatı, üretim



ABSTRACT

In this project, energy production, transmission, distribution, effective usage technologies and the national politics principles about the geothermal energy are researched.

Geothermal energy is an underground thermal energy. It requires intensive and complicated knowledge for its usage and resource. Neglectfulness might cause great damages during the research and production phase.

Besides in the project it is mentioned about heating buildings with usage of geothermal energy. A sample house is chosen. Its hot water installation, underground building installation, interior building installation are calculated.

Key words: Balçova, geothermal, energy, building installation, production,



1. GİRİŞ

Çağımızda endüstrileşmenin, teknolojik gelişmenin ve yaşam standardının başlıca ölçü biriminin “enerji tüketimi” olduğu görülmektedir. Diğer yandan yaşadığımız çevrenin temiz kalması, bizden sonra gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma çabası ise zaman zaman birbiriyle çelişen iki gerçeği oluşturmaktadır. Bizlere düşen önemli bir görev, yaşam alanımızı Enerji / Ekonomi / Ekoloji (3E) üçgeni içinde tasarlamaktır. İşte bu açıdan dünyanın jeotermal potansiyel açısından en zengin 7 ülkesi arasında yer almamıza rağmen yalnızca % 2’ sini kullandığımız “Jeotermal Enerji” uygun bir çözüm oluşturmaktadır. Bu enerji, ısıtmanın yanı sıra soğutma, kimyasal madde üretimi, seracılık, endüstriyel ve tarımsal uygulamalarla yaşam kalitesini yükseltici, temiz, yenilenebilir bir enerji ürünüdür.

ASHRAE verilerine göre insan ömrünün %70- 80’ i kapalı hacimlerde geçmektedir. İnsanın mutlu, sağlıklı ve üretken olması konfor şartlarına bağlıdır. Toplam enerji tüketiminin %35’inin ısıtmada kullanıldığı göz önüne alınırsa ısı konforu, kentsel yaşamın başarısındaki en önemli faktörlerden biridir.

Bilindiği gibi fosil yakıtların kısıtlı, pahalı ve kirlenici olması, kent yaşamında insan konforu, finansman ve enerji kaynaklarının rasyonel kullanımı arasında uzlaştırıcı bir seçim yapma zorunluluğunu getirmektedir. İşte bu aşamada jeotermal enerjinin özel bir yeri vardır.

- 1) Yenilenebilir enerji kaynağıdır.
- 2) İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen süresi düşüktür.
- 3) Kentsel yaşamda konfor artırıcı özelliği vardır.
- 4) Rezervler, diğer fosil kaynaklara göre sonsuza yakındır.
- 5) Jeotermal enerji diğer türlere kolayca dönüşür. Gerekli tesis boyutu nükleer ve petrolün işlendiği tesislerden küçüktür.
- 6) Diğer enerji türlerinden ucuzdur.
- 7) Çevre kirlenmesine yol açmaz.
- 8) Jeotermal enerji meteorolojik koşullardan etkilenmez.
- 9) Jeotermal tesislerin bakımı ve korunması kolay ve ucuzdur.
- 10) İleri teknoloji gerektirmediğinden ülkeyi teknolojik ve politik yönden bağımsız kılar.
- 11) Ulusal bir kaynaktır.
- 12) Jeotermal kaynak belirleme şansı petrole göre daha yüksektir.
- 13) Korozyon ve kabuklaşma gibi olumsuz yönlerine rağmen teknolojik gelişmeler bu sorunu çözmektedir.

Böylece kent yaşamında soğutma dahil konfor artarken belediyelerin kısıtlı olanakları daha rasyonel ve üretken hale gelmektedir.

Jeotermal enerji interdisipliner bir uygulama alanıdır. Çevre / mimari / jeoloji / jeofizik / endüstri / yerel yönetimler / üniversiteler / makine enerji gruplar ile arakesitleri vardır(3).

1.1 Jeotermal Enerjinin Tanımı ve Özellikleri

Jeotermal enerji terim olarak “yer-ısı” enerjisi anlamında kullanılmaktadır. Aşağıda değişik kaynaklardan jeotermal enerji tanımlamaları:

- Yerin derinliklerinden yüzeye doğru iletilen ısı enerjisi.
- Yerkabuğu içinde magma, pluton ve radyoaktif elementlerin parçalanmasından doğan yüksek sıcaklıkların etkisiyle oluşan ve yerkabuğu derinliklerinden yeryüzüne doğru çıkan ısı akımıdır. Jeotermal akışkan ise yerkabuğundan çıkarılan veya fişkırarak kuru buhar, yaş buhar veya sudur. Bu akışkan, çözülmüş halde mineraller, tuzlar ve gazlar içerir.
- Jeotermal enerji yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen basınç altındaki sıcak su ve buhar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermemesine rağmen bazı teknik yöntemlerle ısısından yararlanılan, yerin derinliklerindeki “sıcak kuru kayalar” da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir.
- İhtiyaç duyulan yörelerde, ihtiyaçların hepsini karşılayabilen ekonomik, doğal veya yerin sığ derinliklerinden üretilebilen, yeterli ve yüksek sıcaklıklı su-buhar-gaz veya bunların karışımı olan ısı taşıyıcıların taşıdığı yer ısı enerjisiye Jeotermal enerji denir.

Dünyanın fiziksel yapısı incelendiğinde, derinliğe göre ortalama sıcaklıklar:

0-30 km Yerkabuğu 20-1000°C

30-2900 km Manto 1000°C

2900-5150 km Magma dış çekirdeği 1000-4000°C

5150-6370 km Magma iç çekirdeği 4000°C olmaktadır.

Jeotermal ısının yeryüzüne ulaşması, denizaltındaki katı kabuğa ve kara üstüne genellikle “kondüksiyon” yoluyla, nadiren de eriyik magmanın veya ısınmış sıvının konvektif akımları ile olmaktadır. Isının yerkabuğundan geçişi ise üç yolla gerçekleştirilmektedir.

- Mantonun doğal iletim yoluyla soğuması
- Uranyum ve toryum gibi radyoaktif elementlerin bozulması
- Kimyasal reaksiyonlar

Bu işlemlerin dünya çapında yarı ömrü uzunluklarının çok fazla olması nedeniyle yerkabuğu sıcaklığının halen yükselmekte veya düşmekte olduğunu belirlemek oldukça zordur. Yer kabuğunun pozisyonu ve kalınlığındaki değişimleri göz önüne alarak ortalama değerler şu şekilde belirlenebilir.

- Yarı akışkan olan manto ile yeryüzü arasındaki ince yerkabuğu içinde oluşan ortalama sıcaklık gradyanı: $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- Yer kabuğunun ortalama yoğunluğu: $2700 \text{ kg}/\text{m}^3$
- Özgül ısı kapasitesi: $1000 \text{ J}/\text{kg}^{\circ}\text{K}$
- Isı iletkenlik katsayısı: $2 \text{ w}/\text{m}^{\circ}\text{K}$
- Ortalama jeotermal ısı akısı: $0.06 \text{ w}/\text{m}^2$
- Yerkabuğunda, yüzey sıcaklığı üzerinde depolanmış jeotermal ısı: $10^{20} \text{ J}/\text{km}^2$
- Bu ısının binde biri 30 yıl içinde çıkarılsa idi, kullanılabilir ısı gücü: $100 \text{ MW}/\text{km}^2$ olacaktı.

Bu hesaplamalar jeotermal kaynakların önemli bir enerji kaynağı olduğunun vurgulanması için yapılmıştır. Bir jeotermal kaynağın varolması için gerekli koşullar:

- Isı kaynağı: Çeşitli jeolojik, magmatik ve tektonik olaylar sonucunda yeryüzüne yaklaşan magma, üzerindeki temel kaya katmanlarını ısıtarak bir ısı kaynağının oluşmasını sağlamalıdır.
- Hazne Kaya: Temel kayanın üzerinde gözenekli ve geçirgen katmanların bulunması gerekir. Yer altına sızan yağmur suları burada birikir.
- Örtü Kaya: Hazne kaya üzerinde geçirgenliği az olan bir örtü kaya katmanı bulunmaktadır. Bu katman hazne kayada biriken ve ısınan akışkanın yeryüzüne doğru taşınmasını önler.

Jeotermal biriktiricilerin bulunduğu alanlara Jeotermal alanlar denir. Jeolojik koşullar ve jeotermal akışkanın termodinamik durumuna bağlı olarak jeotermal alanlar değişik yapıda olabilirler.

- Kuru buhar alanları: Bunlar kuyubaşı basıncı atmosfer basıncından büyük olan ve aşırı ısınma derecesi $0-50^{\circ}\text{C}$ arasında değişen buharın elde edildiği alanlardır.
- Islak Buhar alanları: Biriktirici içerisinde sıcaklığı 100°C 'i geçen sıkıştırılmış su bulunan alanlara denir. Biriktiricideki sistem basıncı da yeterince büyük olduğundan içerideki suyun buharlaşması önlenmektedir.

- Sıcak su alanları: Sıcaklığı 60-100°C arasında değişen sıkıştırılmış su birikticilerin bulunduğu jeotermal alanlardır.

Jeotermal akışkanın oluşumu genellikle yağmur sularının yer kabuğu derinliklerine sızmasına bağlıdır. Biriktiricilerde toplanan suyun temel kaya tarafından yalnız ısı iletimi yoluyla ısıtılması yeterli değildir.

Magmadan gelen yüksek entalpili su buharı ve gazların biriken suya karışarak etkin bir ısıtmayı sağladığı görüşü de geçerlidir.

Jeotermal akışkana olan ısı transferi hazne kayanın katı kısımlarında ısı iletimi, gözeneklerde ise taşınımı yoluyla olmaktadır. Biriktiricilerin alt kesimlerinde su, üst kesimlerinde ise buhar ve gaz toplanmış olabilir. Sondaj kuyusu açarak biriktiriciye ulaşıldığında, sıkıştırılmış su basınç düşmesi nedeniyle buharlaşır. Buharlaşma sondaj kuyusu veya biriktirici içerisinde meydana gelebilir.

Jeotermal bölgeler üç sınıfa ayrılmaktadır:

- Hipertermal Bölgeler $G \geq 80^\circ\text{C}/\text{km}$
- Semitermal Bölgeler $40 \leq G \leq 80^\circ\text{C}/\text{km}$
- Normal Bölgeler $G \leq 40^\circ\text{C}/\text{km}$ ($G =$ Jeotermal sıcaklık gradyeni)

Prensip olarak bu bölgelerden ısı enerjisi, aşağıdaki yöntemlerle elde edilmektedir.

Doğal Jeotermal Çevrim: Su, yeryüzünden çeşitli yollarla derin "akifer"lere iner ve ısınarak kuru buhar veya sıcak su olarak döner.

Sıcak (Ateşli) Sistemler: Yarı eriyik olan magmanın oluşturduğu bu sistemler, lav olarak katılaşır. Bu kaynağı kullanarak enerji üreten ilk santral 1982'de Hawaii'de kurulmuştur(3Mwe).

Kuru kaya sistemleri: Kötü iletken olan kuru kayalar milyonlarca yıldır enerji depolamaktadırlar. Suni sondajlarla açılan deliklerden bu kayalara sıcak su pompalanarak ısı çıkartılmaktadır.

2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye, dünya üzerindeki jeotermal kuşak üzerindedir. Ülkemizin jeolojisinin genel özelliklerinden kaynaklanmış oluşumlar ile önemli jeotermal alanlar oluşmuştur. Bu alanlar genellikle paleozonik masiflerin kenarlarındaki kırık zonlarında bulunur.

Diğer yandan Türkiye'deki etkin "kuvaterner-üst tersiyer volkanizması"nın önemli ısı kaynağı oluşturması da önemli bir faktördür.

Jeotermal akışkanların ülkemizdeki durumunu üç kategoride inceleyebiliriz.

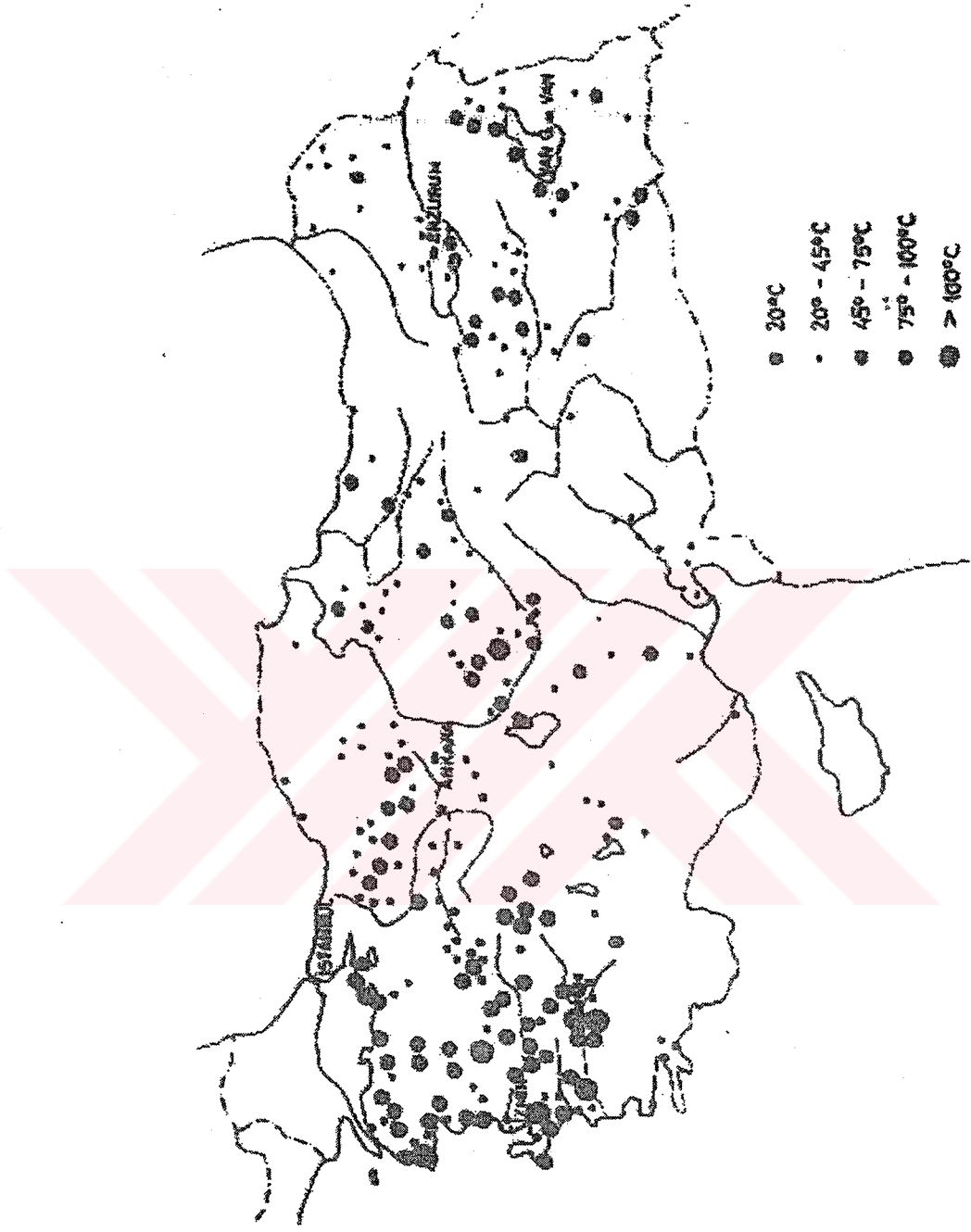
- Yüksek sıcaklıklı kaynaklar $T > 150^{\circ}\text{C}$
- Orta Sıcaklıklı kaynaklar $70 < T < 150^{\circ}\text{C}$
- Düşük sıcaklıklı kaynaklar $T < 70^{\circ}\text{C}$

Türkiye'de 40°C 'nin üzerinde jeotermal akışkan içeren 140 adet jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlardan;

- Aydın-Germencik ($200-232^{\circ}\text{C}$)
- Denizli-Kızıldere ($200-212^{\circ}\text{C}$)
- Çanakkale-Tuzla (173°C)
- Aydın-Salavatlı (171°C)

Sahaları elektrik üretimine uygundur. Diğer sahalar ise ısıtma ve diğer düşük sıcaklıklı endüstriyel kullanıma uygundur. (Eltez, 1999)

Yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkan içeren sahalar, genelde genç tektonik etkiler sonucu oluşan grabenlerden dolayı Türkiye'nin batısında yer almaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar ise volkanizmanın ve fay oluşumlarının etkisiyle Orta ve Doğu Anadolu'da ve Kuzey Anadolu fay hattı boyunca da yer almaktadır.



Şekil 2.1 Türkiye'nin jeotermal saha sıcaklıkları (Eltez, 1999)

Jeotermal enerjinin Türkiye'deki başlıca kullanım alanları; ısıtmacılık (konut,sera,termal tesis.), sağlık amaçlı termalizm ve elektrik üretimidir.

Jeotermal Merkezi ısıtmada teknik ve ekonomik olabirliği getiren en önemli parametreler; jeotermal sahanın büyüklüğü, jeotermal akışkanın sıcaklığı, muhtemel jeotermal potansiyel debisi, jeotermal alan ile şehir arasındaki mesafe ve şehir büyüklüğü ile konvansiyonel yakıt türlerine göre jeotermal enerjinin daha ucuza elde edilmesidir. (Tweidel, 1986)

2.1 Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanımı

Sahip oldukları sıcaklıklar ele alındığında jeotermal kaynaklarımızın daha çok merkezi ısıtmaya, endüstride proses ısısı olarak kullanıma ve buna entegre kaplıca maksatlı kullanımda değerlendirilmesine uygundur. Sadece 4 sahamız elektrik üretimine teknik ve ekonomik olarak uygunluk göstermektedir.

Türkiye'de yaklaşık 50.000 konut eşdeğeri 350 MW ısıtma değerine 190 adet kaplıca maksatlı kullanımda 285 MW dahil edildiği zaman jeotermalin doğrudan kullanım kapasitesi olan 635 MW' a ulaşıyoruz. Bu kapasite ile Türkiye jeotermal enerjinin doğrudan kullanım kapasitesi ile dünyada 6. sırada yer almaktadır.

Türkiye'deki ilk jeotermal ısıtma uygulaması 1964 yılında Gönen'de bir otelin ısıtılması ile başlamıştır. Şu anda Türkiye'de yaklaşık 50.000 konut eşdeğeri jeotermal ile merkezi olarak ısınmaktadır. Jeotermal ile Türkiye'de merkezi olarak ısıtılan yerler:

- Gönen (3.000 konut, devreye alma:1987)
- Simav (2.700 konut, devreye alma: 1991)
- Kırşehir (1.800 konut, devreye alma: 1994)
- Kızılcahamam (2.000 konut, devreye alma: 1995)
- Balçova (toplam 8.000 konut eşdeğeri, devreye alma: 1996)
- Narlıdere (800 konut, devreye alma: 1998)
- Sandıklı (1.000 konut, devreye alma: Mart 1998)
- Afyon (4.000 konut, devreye alma: 1996)
- Kozaklı (700 konut, devreye alma: 1996)

Sayılan bu sistemlere konut bağlantıları devam etmektedir. Birçok jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde reenjeksiyon (yeraltına geri verme) uygulanmaktadır.

1983 yılından bu yana Türkiye'deki jeotermal merkezi ısıtma uygulamalarındaki konut bağlantı miktarlarındaki yıllık artış oranı %23 civarındadır. (Mertoğlu, 1995)

Denizli-Sarayköy'de 1984 yılından beri faaliyet gösteren 20.4 MW kurulu güce sahip Kızıldere jeotermal elektrik santrali bulunmaktadır. Bu jeotermal elektrik santraline entegre olarak da dünya'da ilk ve tek uygulama olan sıvı karbondioksit ve kuru buz üretim (40.000 ton/yıl) tesisi bulunmaktadır ve Türkiye'nin meşrubatlarda kullanılan karbondioksit ihtiyacının yaklaşık %50'sini karşılamaktadır.

Elektrik üretimine teknik ve ekonomik olarak uygun olan diğer sahalarımız Aydın-Germencik, Salavatlı, Denizli-Sarayköy ve Çanakkale-Tuzla jeotermal sahalarıdır.

Teknik ve ekonomik uygunluk ile Pazar büyüklüğü açısından 2010 yılına kadar belirlenmiş hedefler aşağıdaki gibidir. (Özbalta ve Eltez, 1997)

Çizelge 2.1 Jeotermal enerji kullanım kapasiteleri (Eltez, 1997)

YILLAR	ELEKTRİK ÜRETİMİ	ISITMA (Konut Eşdeğeri)	KAPLICA VE DİĞER KULLANIMLAR
1998	20	50.000 (350MW)	285 MW
2010	500	500.000 (3500MW)	895 MW

Jeotermal enerji kaynağı olarak konut ısıtma teorik potansiyeli 5.000.000 konut olmasına rağmen, teknik ve ekonomik kullanılabilirlik ve Pazar açısından, yani enerjiyi tüketecek mevcut talep ve Pazar büyüklüğü yönünden ısıtılabilir konut kapasitesi 500.000 konuttur.

3. JEOTERMAL ENERJİ UYGULAMALARI

3.1 Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları

Türkiye’deki ilk ısıtma uygulaması, 1964 yılında Gönen Park Otelinin ısıtılması ile olmuştur. Bazı uygulamalar ise Afyon-Sandıklı, Simav-Eynal Oteli kuyu içişanjör kullanılarak , Yalova, Kızılcahamam, Balçova kaplıca tesislerinde, jeotermal akışkanın radyatörlerde direk olarak uygulanması ile olmuştur. Ancak bu uygulamaların bazılarında vazgeçilmiştir.

1976-1978 yıllarında Gönen Kaplıcaları İşletmesi A.Ş. ne ait olan Yıldız Otel ve Yeşil Otelin ısıtma uygulamaları yapılmıştır. 1981 yılında İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörün Türkiye’de ilk uygulaması sonucu otel-motel-TV salonu vb. yerler (250 oda eşdeğeri) 1982 yılından beri ısıtılmaktadır. Sistemin kurulu gücü 6 Mw’dır.

Balıkesir Sındırgı’da 2000 m² sera, jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Sistemin kurulu gücü 450.000 kcal/h olup Ekim 1986’dan beri işletilmektedir.

Dokuz Eylül Üniversitesi tıp fakültesi kapsamında yaklaşık 90.000 m³ hacmindeki, hastane ve fakülte binaları 2.2 Mw kapasite ile 1983 yılından bu yana Balçova jeotermal alanından ısıtılmaktadır. Yatırım kendisini fuel oil’e göre altı ayda geri ödemiştir.

Gönen’de 1400 konut, 56 adet tabakhane, 2000 m² sera ve 600 yataklı otellerin ısıtma, tabakhanelerin proses sıcak suyu sistemi yatırımı inşaat ve montajı Nisan 1987’ de başlamış ve Ekim 1987’de başarılı bir şekilde işletmeye alınmıştır. Toplam kurulu kapasite 14 milyon kcal/h’ dir.

Kozaklı ve Kızılcahamam’da yine 1000’er konut ve 10.000 m² sera ısıtması için, proje ve fizibilite raporu çalışmaları tamamlanmış ve yatırıma hazır hale gelmiştir.

Gediz kaplıca motelleri (200.000 kcal/h kapasiteli) 87°C’ deki jeotermal su ile Kasım 1987’den beri ısıtılmaktadır.

Havza Kaplıcası 1000 m² 54°C’deki su ile tabandan ısıtılmaktadır. Ekim 1988’de işletmeye alınan 60.000 kcal/h kapasitelidir.

Haymana’da iki adet cami 43°C’deki jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Toplam 60.000 kcal/h kapasiteli sistemler, Aralık 1988 ve Kasım 1989’da devreye alınmıştır.

Salihli termal tesislerinde 50 adet apart otelin jeotermal ısıtma sistemi 220.000 kcal/h kapasite ile Kasım 1989’dan beri işletilmektedir.

Türkiye'nin en büyük kapalı yüzme havuzunun (Balçova Termal Tesislerinde) jeotermal ısıtma sistemi 1.600.000 kcal/h kapasite ile Şubat 1987'de devreye alınmıştır.

Balçova Termal Tesisleri bünyesinde bulunan kaplıca tedavi merkezi jeotermal ısıtma sistemi 1.200.000 kcal/h kapasite ile Eylül 1989'da devreye alınmıştır.

Afyon Ömerli Termal tesislerinde 35 adet apart otel, restoran, kaplıca ve 5.000 m² seraya jeotermal ısıtma uygulanmış ve 2.200.000 kcal/h kapasite ile Kasım 1989'da işletmeye alınmıştır. Bu tesiste kabuklaşmayı % 100 önleyen özel sistem uygulanmıştır.

6500 konut kapasiteli Simav jeotermal merkezi ısıtma sisteminin, inşaat ve montajı Mart 1991'de başlamış, Eylül 1992'de işletmeye alınmıştır.

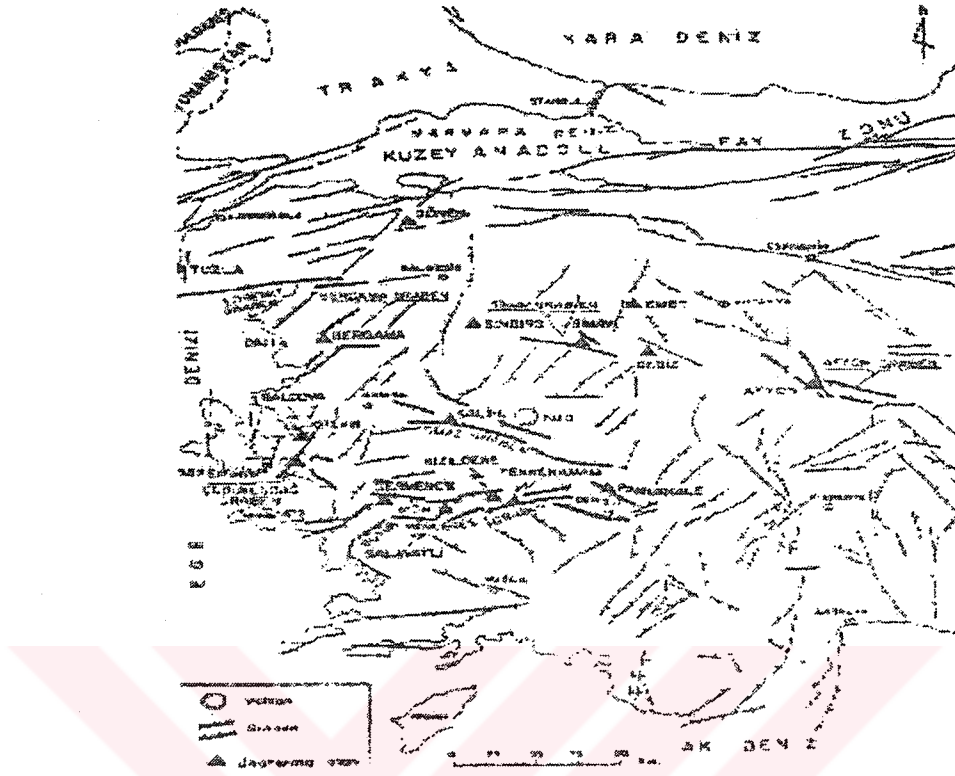
7000 konut kapasiteli Dikili jeotermal merkezi ısıtma, soğutma, sera ısıtması ile ilgili yatırım ve fizibilite raporunu takiben inşaat başlanmıştır.

3500 konut kapasiteli Kozaklı jeotermal sahasındaki ısıtma projesi de inşaat safhasındadır.

Ayrıca 22.500 konut kapasiteli Denizli, 6500 konut kapasiteli Gediz ilçesi, 11.000 konut kapasiteli Nevşehir ili, 2500/7000 kapasiteli Sındırgı ilçesi, 500/1000 konut kapasiteli Kütahya Çitgöl beldesi, 2000/5000 konut kapasiteli Armutlu ilçesi için yatırım ve teknik fizibilite raporları hazırlanmış olup inşaat aşamasına geçilecektir. Ayrıca yukarıdaki ısıtma projelerine ilaveten anılan yerlerde jeotermal enerji ile sera ısıtmacılığı ve termal uygulamalar da yapılacaktır.

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastaneleri ilave 110.000 m² jeotermal ısıtma sistemi montajı Aralık 1991'de başlamış olup sistem Kasım 1992'de devreye girmiştir. Sistem kapasitesi 6.900.000 kcal/h veya 9.3 Mw'tir.

Türkiye'nin en zengin jeotermal kaynakları ve jeotermal enerjiden istifade Batı Anadolu'dadır. Bu nedenle Batı Anadolu jeotermal kaynaklarının tanınması, görünür potansiyellerinin bilinmesi bilimsel ve uygulamacılar açısından önemlidir. (Özbalta ve Güngör, 1997)



Şekil 3.1 Batı Anadolu'nun tektoniği ve jeotermal alanlarının dağılımı(Eltez,1997)

3.2 Balçova Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi

Kurulu Sistem kapasitesi: Enerji kaynağı 5000 konut eşdeğeri ısıtma kapasitesinde (130°C 80 lt/sn jeotermal sıcak su)

Tesisat merkezi kapasitesi : 7500 konut eşdeğeri ısıtma

Şehir dağıtım şebekesi : 7500 konut eşdeğeri bağlanabilme kapasitesi

Enerji Kaynağı : Sistemin enerji kaynağı tesisat merkezine 8 ile 300 m arasında mesafede bulunan 2 adet jeotermal üretim kuyusundan üretilen jeotermal sıcak sudur.

Jeotermal tesisat merkezine 8 m. Mesafede bulunan BD2 kuyusu artezyenik üretim yapmaktadır. Buhar, gaz, sıcak su olarak yüzeye çıkan akışkanın ortalama su sıcaklığı 130°C'dir. Artezyenik üretim miktarı 40 lt/sn, kuyu derinliği 677 m'dir.

Jeotermal tesisat merkezine 300 m mesafede bulunan BD3 kuyusu artezyenik üretim

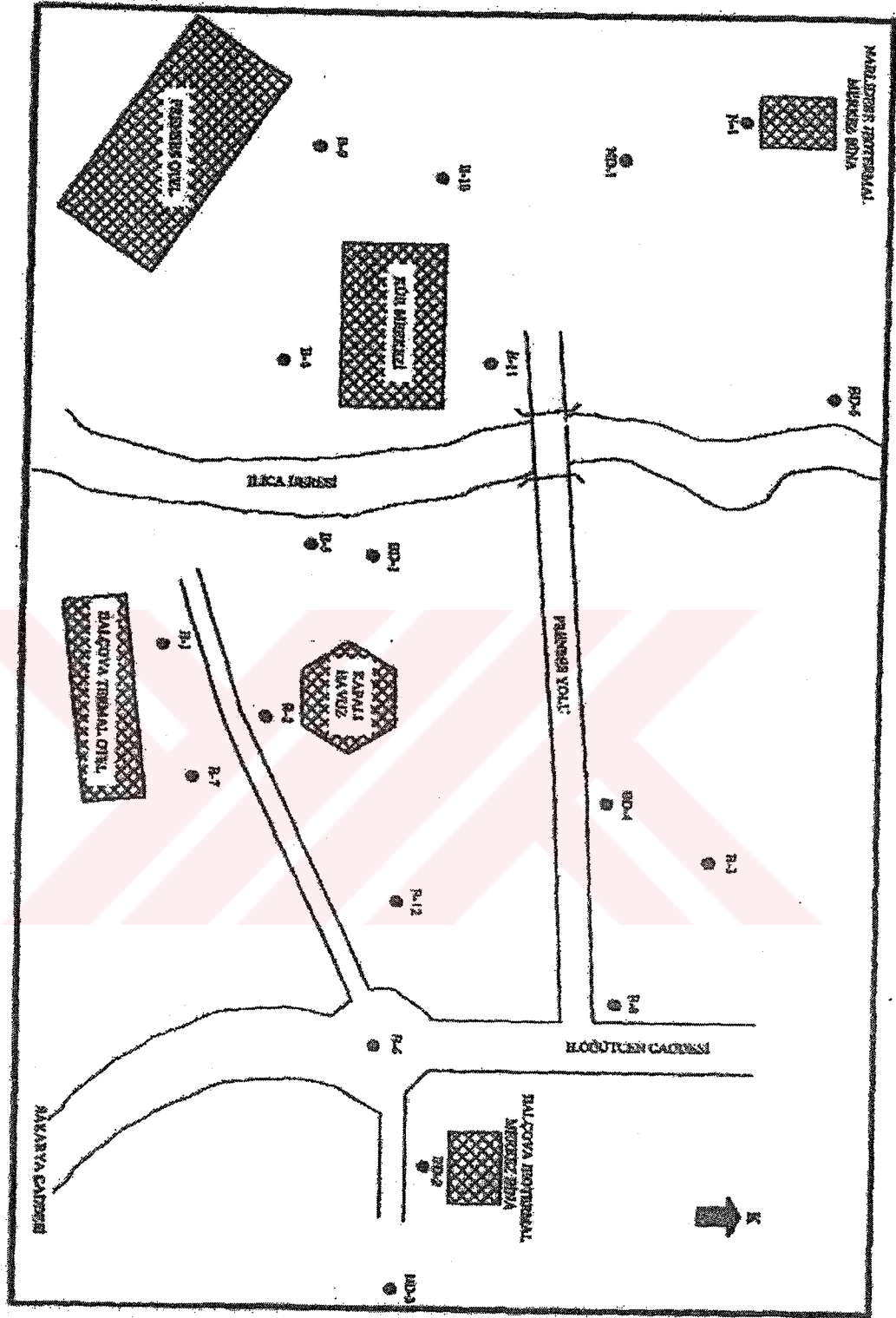
yapmamaktadır. Statik su seviyesi 12 m'dir. Kuyu derinliği 750 m'dir. Kuyudan kuyu içi pompası ile 40 lt/sn üretim yapılmaktadır. Akışkan sıcaklığı 130°C'dir.

Sistemin çalışması sırasında iş yükü öncelikle BD2 kuyusundan üretilen jeotermal sıcak su ile karşılanacaktır. Isı yükü BD2 ile karşılanamadığında BD3 kuyusu kuyu içi pompalı üretim devreye girecektir. Üretilen jeotermal akışkana korozyon ve kabuklaşma önleyici kimyasal işlem uygulanmaktadır.

Sistem Elemanları: Üretim kuyuları, reenjeksiyon kuyuları, kuyu içi pompası, kondenserli seperatör, jeotermal su terfi pompası (1 asil 1 yedek her ikisi de frekans konvertörü ile devir kontrollü), kimyasal madde dozaj grupları, ısı aktarma eşanjörleri (2 adet paralel, titanyum, $2 \times 25.000.000 = 50.000.000$ kcal/h kapasiteli), şehir sirkülasyon pompaları (2 asil, 2 yedek, 3 adedi frekans konvertörü ile devir kontrollü), kapalı genleşme tankı (azot gazı yastıklı, 2 adet paralel), temiz su deposu (toprağa gömülü 1 adet), temiz su hidroforu (membranlı paket tip), su yumuşatma cihazı (elektronik, otomatik rejenerasyon tertibatlı) jeotermal su taşıma ve reenjeksiyon boruları (içi AISI 316 paslanmaz çelik, izolasyonlu paket ısı borusu), temiz sıcak su dağıtım boruları, içi St 37, izolasyonlu ısı borusu toprağa direk gömülü montaj.

- Sıcaklık, basınç ve debi ölçer sensörler,
- Elektrik uyarıcılı vanalar,
- PLC kontrol ve otomasyon sistemi,
- Boru hattı kaçak izleme sistemi,
- Bina altı enerji kontrol ve basınç kırma istasyonu.

Tasarım: Sistem dış hava sıcaklığına bağlı olarak şehre ihtiyacı olan ısı enerjisini gönderebilecek şekilde tam otomatik çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem kışın ısıtma ve kullanım suyu temini, yazın soğutma ve kullanım sıcak suyu temini yapabilecek şekilde dizayn edilmiştir. 5000 konut eşdeğeri ısıtma kapasitesine karşılık, 1000 konut eşdeğeri soğutma yapabilecek kapasitededir.



Şekil 3.2 Balçova alanında kuyu dağılımını gösterir kroki (Doğan, 1996)

Türkiye’de Elektrik üretim potansiyeli:

Kızıldere Sahası: Bu sahada aramalar 1968 yılında başlamış ve 198°C rezervuar sıcaklığı tespit edilmiştir. Saha daha sonra açılan 20 kuyudan 200-212°C sıcaklıklı mermer rezervuarının bulunuşu ile elektrik üretimine uygun hale gelmiştir.1974 yılında MTA tarafından kurulan 500 kWe’lik pilot santralden deneme üretimi yapılmış ve çevredeki üç köye elektrik sağlanmıştır. 1984 yılında TEK tarafından kurulan 20 Mwe’lik santralde elektrik üretimi başlamıştır. Jeotermal akışkanda ergimiş halde bulunan %1.5 CO₂ gazının sanayinin ihtiyacını karşılamak amacı ile özel sektör tarafından 40.000 ton/yıl kapasiteli sıvı CO₂ (-25°C, 20 bar) üretim, dağıtım tesis ve sistemi 1986 yılından beri işletilmektedir. Bu halen dünyadaki tek uygulamadır.

Germencik Sahası: Kızıldere sahasının yaklaşık olarak 100 km batısındaki sahada, 1982 yılında yapılan ilk derin sondaj çalışmalarında, jeotermal rezervuar tespit edilmiştir. Sahada derinlikleri 285 ile 2398 m arasındaki 9 kuyuda 200-232°C rezervuar sıcaklığı ölçülmüştür. Bu sahada da iki rezervuar ortaya çıkarılmıştır. İkinci rezervuar Kızıldere sahasında olduğu gibi metamorfik kayalardan meydana gelmektedir. Sahada elektrik üretimi ile ilgili fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Sahanın 125 Mwe kapasiteli olduğu tahmin edilmiştir.

Diğer Sahalar: Çanakkale Tuzla sahasında 1982 yılında açılan 814 m derinliğindeki T-1 arama kuyusunda, 330-500 m arasında 173°C sıcaklığında jeotermal rezervuar belirlenerek, 113 ton/saat debide akışkan üretimi sağlanmıştır. Yeni tahminlere göre jeotermal elektrik beklentisinin, gelecek 20 yıl için 500 Mwe düzeyinde olabileceği anlaşılmaktadır.

3.3 Dünyada Jeotermal Enerji Uygulamaları

İlk çağlardan beri, sağlık amaçlı olarak yararlanılan doğal sıcak su kaynakları ilk defa 1827 yılında İtalya’da asitborik elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonra 1905 yılında İtalya’nın Larderello yöresinde yine ilk defa jeotermal buhardan elektrik üretimine başlanmış ve 1912 yılında gücü 250 kWe olan ilk turbo jeneratör kurulmuştur.

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 başlayan sığ sondajlara daha sonra elektrik elde edebilmek amacıyla devam edilmiş ve 1954 yılında 200 Mwe kapasiteli bir santral kurulmuştur. 1960’da Amerika’da 1961’de Meksika’da ve 1966’da Japonya’da santraller kurularak jeotermal enerjinin kullanımında önemli gelişmeler sağlanmıştır. 1992 yılı verilerine göre ısıtma amaçlı doğrudan kullanım ise

13.044 MW'a ulaşmıştır.

Dünyadaki jeolojik özellikler nedeniyle birçok jeotermal kuşak bulunmaktadır.

And Volkanik Kuşağı: Güney Amerika'nın batı sahillerinde bulunan bu kuşak, Venezuela, Kolombiya, Ekvator, Peru, Bolivya, Şili ve Arjantin'i kapsamaktadır. Çok sayıda katif volkanizmanın varlığı nedeniyle, yüksek sıcaklıktaki jeotermal sistemlerin bulunduğu bu kuşaktaki jeotermal alanlar henüz değerlendirilememiştir.

Alp Himalaya Kuşağı: Hindistan plakası ile Avrasya plakasının çarpışması sonucu oluşan bu jeotermal kuşak, dünyanın en büyük jeotermal kuşakları arasındadır. 150 km genişliğinde ve 3000 km uzunluğunda olan kuşak İtalya, Yugoslavya, Yunanistan, Türkiye, İran, Pakistan, Hindistan, Tibet, Çin ve Tayland'ı kapsamaktadır.

Doğu Afrika Rift Sistemi: Aktif olan bu sistem Zambiya, Malavi, Tanzanya, Uganda, Kenya, Etiyopya, Cibuti gibi ülkeleri içerir. Aktif volkanizma Kenya, Etiyopya ve Tanzanya'dır.

Karayip Adaları; Aktif volkanizmanın hakim olduğu kuşakta önemli potansiyel görülmektedir. Orta Amerika volkanik kuşağında; Guatemala, El Salvador, Nikaragua, Kosta Rika ve Panama'yı içine alır ve çok sayıda jeotermal sistem bulunmaktadır.

Bunların dışında; Kanada, ABD, Japonya, Çin, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda, İzlanda, Meksika, Kuzey ve Doğu Avrupa, Bağımsız devletler topluluğu gibi ülkeler farklı tektonik oluşumlar nedeniyle verimli jeotermal sahalara sahiptir.

Teknik hesaplamalara göre 0-10 km derinlik arasında dünyada birikmiş ısı enerjisi yüksek ısı akıllı alanlar için 245×10^6 EJ, düşük akıllı alanlar için 181×10^6 EJ'dur. Bu enerjinin %0,1'inin işletilebileceği düşünülürse dünyada bugünkü mevcut enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir rezerv demektir. Dünyada doğal akiferlerden toplam 0,5EJ üretim yapıldığı, üretilebilecek ispatlanmış rezervin ise 50 EJ olduğu tahmin edilmektedir. Bugün için jeotermal enerji dünyada enerji sektöründe sadece %0,2'lik bir pay almaktadır. Ancak ülkelere göre bu oran büyük ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin Filipinler'de jeotermal santraller toplam kapasitenin % 17'sini oluşturmaktadır. Bilindiği gibi jeotermal enerji yeni bir kaynaktır ve 1950'den bu yana jeotermal santrallerin kurulu kapasitesinde yıllık % 8,5 artış gözlenmiştir. 1970 yılının baz olarak alınması durumunda ise kurulu kapasitedeki artış hızı % 12,2, geliştirilen yeni sahalar için %10 ve jeotermal araştırmalara yeni giren ülkeler için % 8 olmuştur. Bu büyüme hızının devam etmesi halinde 2000 yılında işletilmekte olan 250 sahadaki toplam kurulu gücün 21.000 Mwe'a ulaşması beklenmektedir. Elektrik endüstrisinin

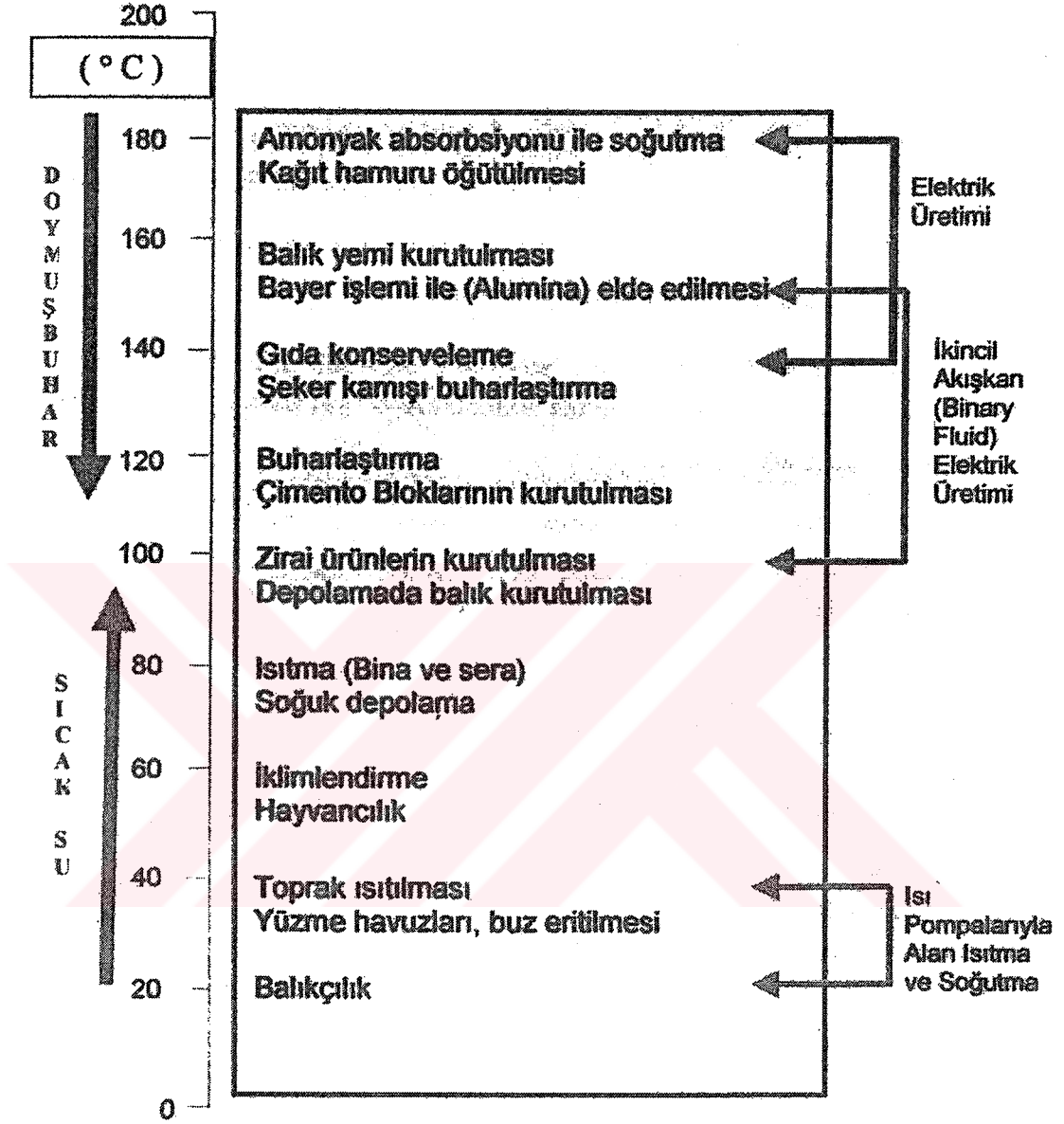
bugünkü büyüme hızı sadece % 4 veya % 5 olduğu göz önüne alındığında gelecekte elektrik üretiminde jeotermal enerjinin payının giderek artacağı ortaya çıkmaktadır.

Bugün dünyada jeotermale dayalı elektrik üretim kapasitesi 6275,3 Mwe düzeyindedir. Buna karşılık dünyada yaklaşık 13044 Mwt karşılığı jeotermal akışkan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjinin en önemli kullanım alanları elektrik üretimi ile konut ve sera ısıtmacılığıdır. Jeotermal enerji ayrıca, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesinde, hayvan çiftliklerinin cadde ve havaalanı pistlerinin ısıtılmasında, yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve turistik tesislerde kullanılmaktadır.

Bunların yanı sıra yiyeceklerin kurutulması ve sterilizasyonunda, konservecilikte, kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayiinde, kağıt ve dokuma endüstrisinde ağartma maddesi olarak, derilerin kurutulması ve işlenmesinde, şeker, ilaç, pastörize süt fabrikalarında, soğutma tesislerinde kullanılmaktadır. Ayrıca jeotermal akışkandan çeşitli kimyasal maddeler elde edilebilmektedir. (Tweidel, 1986)

LİNDAL DİYAGRAMI



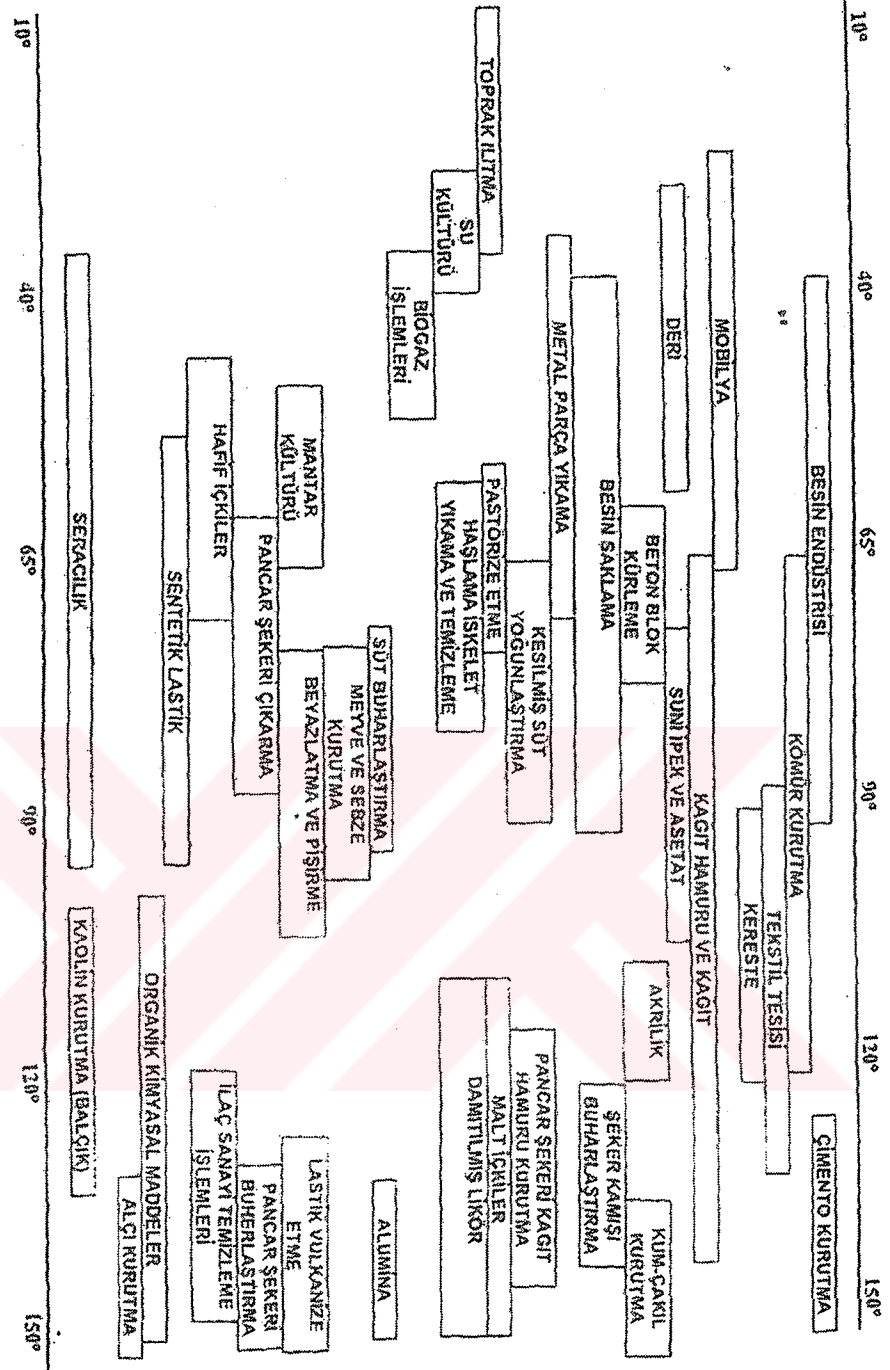
Şekil 3.3 Lindal diyagramı

Isıtmacılık Uygulamaları:

Düşük sıcaklıklı jeotermal akışkanlar doğrudan ısıtmacılıkta kullanılmaktadır. Ayrıca ısı pompaları yardımıyla sıcaklık 5°C'e düşünceye kadar akışkandan yararlanılabilmektedir.

40°C'den fazla sıcaklıktaki jeotermal akışkan;

- Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak İzlanda, Fransa, Japonya, Yeni Zelanda, Türkiye, Macaristan, Kanada, Çin, Arjantin, Meksika ve Kuzey Avrupa ülkelerinde kullanılmaktadır.
- Seraların ısıtılmasında,(dünyada yaklaşık 10.000 Mw karşılığı jeotermal enerji bu amaçla kullanılmaktadır. Macaristan, İtalya, Türkiye, ABD, Japonya, Meksika, Doğu Avrupa ülkeleri, Yeni Zelanda ve İzlanda'da 30°C'den fazla sıcaklıktaki akışkan kullanılarak seralar ısıtılmaktadır.)
- Tropikal bitki (Japonya) ve balık (Japonya'da timsah yetiştiriciliği dahil, Filipinler, Çin, İzlanda) yetiştirilmesinde;
- Tavuk ve hayvan çiftliklerinin ısıtılmasında (Japonya, ABD, Yeni Zelanda, Macaristan)
- Toprak, cadde, havaalanı pistlerinin ısıtılmasında (Sibirya),
- Yüzme havuzu, termal tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde (İtalya, Japonya, ABD, İzlanda, Türkiye, Çin, Endonezya, Yeni Zelanda, Arjantin, Doğu Avrupa ülkeleri kullanılmaktadır. (Mertoğlu ve Başarır, 1995)



Şekil 3.4 Jeotermal enerjinin endüstriyel ve tarımsal uygulamaları için proses sıcaklıkları

Çizelge 3.1 Jeotermal elektrik santrallerinin kurulu güçleri

JEOTERMAL ELEKTRİK SANTRALLERİNİN KURULU GÜÇLERİ			
ÜLKE	1990	1995	2000
ARJANTİN	0,67	0,67	T.B*
AVUSTRALYA	0	0,17	T.B*
ÇİN	19,2	28,78	81
KOSTARİKA	0	55	170
EL SALVADOR	95	105	165
FRANSA	4,2	4,2	T.B*
YUNANİSTAN	0	0	T.B*
İZLANDA	44,6	49,4	T.B*
ENDONEZYA	144,75	309,75	1080
İTALYA	545	631,7	856
JAPONYA	214,6	413,705	600
KENYA	45	45	T.B*
MEKSİKA	700	753	960
YENİZ ZELANDA	283,2	286	440
NİKARAGUA	35	35	T.B*
FİLİPİNLER	891	1227	1978
TÜRKİYE	20,6	20,6	125
ABD	2774,6	2816,7	3395
TOPLAM	5817,42	6781,675	9850

Endüstriyel Uygulamalar:

Jeotermal akışkan; yiyeceklerin kurutulmasında (balık, yosun vb.) ve sterilize edilmesinde, konservecilikte (Japonya, ABD, İzlanda, Filipinler, Yeni Zelanda, Tayland)

- Kerestecilikte ve ağaç kaplama sanayiinde,
- Kağıt, dokuma ve boyacılıkta,
- Derilerin kurutulmasında ve işletilmesinde (Japonya v.b)
- Bira ve benzeri endüstrilerde mayalama ve damıtmada (Japonya)
- Soğutma tesislerinde (İtalya ve Meksika)
- Beton blok kurutulmasında,
- Soğutularak içme suyu olarak
- Yıkama amaçlı çamaşırhanelerde kullanılmaktadır.

Kimyasal Madde Üretimi Uygulamaları:

- Jeotermal akışkan borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (döteryum oksit) amonyum sülfat, potasyum klorür v.b. kimyasal maddelerin elde edilmesinde (İtalya, ABD, Japonya, Filipinler, Meksika)
- Akışkan bünyesindeki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde (ABD, Türkiye) kullanılmaktadır. (Mertoğlu ve Başarır, 1995)

4. JEOTERMAL ENERJİ SİSTEMLERİNİN ÖZELLİKLERİ

4.1 Jeotermal Enerjinin Üretimi ve Teknolojisi

Jeotermal enerji üretimi, yerin derinliklerinde bulunan sıcak akışkanın sondajlar aracılığı ile üretilerek doğrudan veya dolaylı olarak ekonomik kullanıma sunulmasıyla olur. Bu enerji türünde arama kuyuları da, olumlu sonuç alındığı ve uygun teknoloji ile teçhiz edildiği takdirde üretim kuyusu olarak kullanılabilir.

Jeotermal enerjide üretim teknolojisi, yer ısısının akışkanlar ve sondajlar aracılığı ile yüzeye çıkarılmasından sonra, bu enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi, ısı enerjisi şeklinde doğrudan kullanımı, endüstri ve turizm alanında çeşitli yöntemlerle kullanılması şeklinde olmaktadır.

4.2 Elektrik Enerjisi Üretimi

Gerekli araştırmaları yapılmış olan jeotermal sahada açılan kuyulardan üretilen akışkan separatörlerde buhar ve su olarak ayrıştırıldıktan sonra buhar türbinlerine gönderilerek jeneratör aracılığı ile elektrik üretilir.

Jeotermal sistemler; buhar hakim ve su hakim sistemler olarak ikiye ayrılırlar. Santral kurulmasında sahanın durumu da göz önüne alınarak en ekonomik ve verimli teknolojiyi seçmek gerekmektedir.

Jeotermal akışkandan elektrik üretimi için tek buharlaşmalı "single flash cycle" sistem yerine, yüksek verimli çift buharlaşmalı "double flash cycle" tipi santraller daha verimli olmaktadır."Double flash cycle" sisteminde akışkan, iki aşamada iki ayrı separatörde buharlaştırılarak türbine gönderilir. Santralin verimi "single flash cycle" sistemine göre %15 ile %20 oranında daha fazladır. Kwh başına net maliyetin % 10 ile % 20 oranında daha düşük olduğu hesaplanmaktadır.

"Single flash" orta büyüklükte 200°C dolayındaki sıcaklıklı sahalar için uygundur. Bu sistemde buhar separatörde ayrılarak doğrudan türbine gönderilir.

"Double flash" sistemler elde edilen akışkandan maksimum ölçüde yararlanmak için kullanılan sistemlerdir. Akışkan birinci separatörde ayrıştırıldıktan sonra sıcak su ikinci bir separatöre gönderilerek tekrar ayrıştırılır ve iki separatörde ayrıştırılan buhar türbinlere gönderilir.

“Binary Çevrim” sistemleri, jeotermal akışkanın flashing edilmeden (buharından, gazından ve suyundan ayrıştırılmadan) doğrudan doğruya elektrik üretim amaçlı olarak ısı eşanjörüne verilip, enerjinin ikincil akışkana aktarılmasından sonra, direk olarak reenjeksiyona gönderdiği sistemlerdir. Bu sistemler rezervuarın sıcaklığının 100-200°C olduğu sahalarda son derece olumlu sonuçlar vermektedir. (Tweidel ve Weir, 1986)

4.3 Isı Enerjisinin Üretimi

Jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak, ısıtma sistemleri önemli farklılıklar göstermektedir. Akışkanın ısıtılacak alanda radyatör ve uygun borular sistemi aracılığıyla dolaştırılması suretiyle ısıtma sağlanabilmektedir. Akışkanın kimyasal açıdan problem yaratıcı (kabuklaşma, korozyon) nitelikte olduğu durumlarda ise, ısıtma jeotermal akışkanın ıslısının ısı eşanjörü ile düşük kimyasal konsantrasyonlu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Söz konusu eşanjör sistemleri ise sahanın ve akışkanın özelliğine göre kuyu başı ve kuyu içi eşanjörleri şeklinde olabilmektedir. Isıtma sistemlerinin verimliliği, sürekliliği veya başarısı uygun teknolojinin seçilmesine bağlı bulunmaktadır.

Kimyasal madde içeriğine göre, jeotermal akışkanlardan endüstride beyazlatıcı olarak veya kimyasal madde elde etmek amacıyla da yararlanılmaktadır. Isı pompaları, 15 ile 55°C arasındaki sıcaklıkları, tersinmez ısı pompası ilkesi ile yükselterek kullanılabilir seviyeye getirirler. Isı pompaları sayesinde günümüze kadar elde edilen en yüksek sıcaklık 110°C olmuştur. Genellikle sıcaklık yükseltilmesi 44 ile 50°C arasında (ısıtma suyu sıcaklığı ile atık jeotermal akışkan sıcaklığının farkı) olmaktadır.

Isı pompası uygulanarak, 30-50°C sıcaklıktaki jeotermal akışkanlar ekonomik olarak kullanıma sunulabilir. Isı pompası kullanan kapalı bir sistemle jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının ekonomisi karşılaştırıldığında ısı pompası sisteminin hem ilk maliyetinin hem de yıllık işletme maliyetinin daha düşük olduğu görülmektedir.

4.4 Maliyet

Jeotermal enerji üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla oldukça düşüktür. Entegre sistemler söz konusu olduğunda maliyet daha da düşmektedir. Jeotermal enerji yatırımları 5 kısımda incelenebilir.

- Arama faaliyetleri (Jeoloji, hidrojeoloji, jeofizik, jeokimya, sondaj, test)

- Kuyudan üretim,
- Üretimin kutudan santrale (elektrik veya ısı) taşınması,
- Santralde elektrik üretilmesi veya ısı enerjisinin kullanıma sokulması,
- Yöresel, yasal ve diğer teknolojik koşullar.

İklim, vergiler, kuyu derinlikleri ve mesafeleri, akışkanın sıcaklığı ve niteliği (buhar yüzdesi veya sıcak su), kimyasal özellikleri, santral tipi, atık akışkanın entegre kullanımının varlığı veya yokluğu gibi faktörler maliyet üzerinde etkilidir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde toplam maliyetin yaklaşık % 40'ını arama faaliyetlerini de kapsayan rezervuar tespit çalışmalarıyla üretim ve renjeksiyon kuyularının açılması, %50'sini santral inşaatı, geri kalan %10'unu ise diğer faaliyetler oluşturmaktadır. Büyük kapasiteli jeotermal sahalar (100 MW) için ise 1250-1500 US\$/KW olarak verilmektedir. Bugün için jeotermalden üretilen elektriğin tahmini birim maliyeti, 4-6 cents/KWh arasındadır. Jeolojik yapı, buhar kalitesi, kuyu verimi ve santral tip maliyete etki eden en önemli unsurlardır.

Uluslar arası ticaretin olmaması nedeniyle, jeotermal enerjinin dünyadaki fiyatlarına ilişkin herhangi bir bilgi de bulunmamaktadır. Bununla birlikte jeotermal enerji maliyetinin diğer enerji türleriyle kıyaslanması ve jeotermal akışkandan elde edilen kimyasal maddelerin ekonomik değerleri konusunda literatürden derlene bilgiler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.1 Çeşitli ısıtma sistemlerinde ortalama maliyetler

	Dünyada(GRC, 1985)	Türkiye'de(ORME,1994)
1- Jeotermal Bazlı	1 cent/kWh ısı	0,1-0,56 cent/kWh ısı
2- Fuel oil Bazlı	6 cent/kWh ısı	5,6 cent/kWh ısı
3- Elektrik Bazlı		6 cent/kWh ısı
a. Ev tarifesi	5 cent/kWh ısı	Doğalgaz 4,8 cent/kWh ısı
b. Ticari tarife	9 cent/kWh ısı	Kömür 3,9 cent/kWh ısı

Toplam çözünmüş maddelerin 10.000 ppm'den daha fazla akışkanlarda minerallerin değeri daha çok önem taşımaktadır. Salton Sea'de jeotermal akışkandan elde edilen minerallerin

toplam üretim değeri 148 milyon \$ / yıldır.

4.5 Jeotermal Enerji ve Çevre İlişkileri

Jeotermal enerji, fosil yakıtlarının tüketimi ve bunların kullanımında doğan sera etkisi ve asit yağmurları gibi çevre sorunlarının önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu durum öncelikle, jeotermal enerjinin çevre yönünden diğer enerji türlerine kıyasla sahip olduğu doğal üstünlüklerden kaynaklanmaktadır. Öte yandan jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili olarak söz konusu edilebilecek çevre sorunlarının çözümü konusunda son zamanlarda önemli gelişmeler sağlanmıştır. Bu durum jeotermal enerjinin çevre açısından önemini daha da artırmıştır.

Jeotermal enerjiye dayalı CO₂, NO_x, SO_x atımı çok düşük düzeylere indirilmiştir. Özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde söz konusu gazlarla ilgili sorun tümüyle çözümlenmiş durumdadır.

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerde (Binary Cycle System), yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Söz konusu modern jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemlerinde dışarıya hiçbir atık bırakılmaz. Eski tip jeotermal santrallerde ise , üretilen her Mwh elektrik için en fazla 0.136 kg karbon dışarı atılır. Bu değer, doğalgaz için çalışan bir santralde ise 226 kg/Mwh'dir.

Kömür yakıtlı santrallerdeki CO₂ atımı eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır. Bu karşılaştırmalar, jeotermal enerjinin çevre yönünden sahip olduğu üstünlüğü açık olarak ortaya koymaktadır.

Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atımı, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da kömür ve petrol yakan santrallerden 1000 kat daha fazladır.

Sonuç olarak yeni kuşak Binary jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde, dışarıya gaz ve partikül olarak herhangi bir zararlı madde atımı söz konusu değildir.

Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre atık su içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek akışkan bu yönden de zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca atık akışkan dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülmekte ve

arındırılmaktadır. Denize yakın bazı jeotermal alanlarda ise, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakterindedir. Bu nedenle, bazı durumlarda atık suyun denize gönderilmesi bir sorun yaratmamaktadır. Atık suların tekrar yeraltına reenjeksiyonu ise hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle birçok jeotermal alanda da bu yöntem uygulanmaktadır.

Jeotermal sahaların genellikle yerleşim alanlarından uzak olmaları nedeniyle sıcaklık ve gürültü yönünden önemli problemler bulunmamaktadır. (TMMOB, 1996)

4.6 Bölgesel Isıtma Sistemleri

Bir jeotermal bölgesel ısıtma sistemi aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır.

- **Üretim Alanı:** Üretim alanı jeotermal akışkanın tüketildiği alan olup 25-30 yıl gibi uzun bir zaman sürecinde her türlü jeolojik özelliklerinin saptandığı bir alandır. Üretim alanında hazne kayanın derinliğine göre üretim yapan kuyular yer alır. Kuyuların artezyen yapıp yapmama ve kuyudan alınan jeotermal akışkanın kimyasal bileşimine bağlı olarak, kuyu başında birtakım sistemler oluşturulur. Kuyuların olup olmamasına bağlı olarak, kuyu içi ve kuyu başı pompalama sistemleri vardır. Malzeme seçimi jeotermal akışkanın kimyasal bileşimine ve sıcaklığına bağlı olarak yapılmaktadır.
- Jeotermal akışkanın kimyasal bileşimine bağlı olarak, boru hattında meydana gelecek kabuklaşmaları önlemek için kuyu başında dozajlama üniteleri yer alır. Bunların dışında kuyu başlarında gaz seperasyon bölümleri de bulunmaktadır.
- **Boru Hattı:** Üretim alanından alınan jeotermal akışkanın ya da üretim alan yakınlarında yer alan şanjör dairesinde ısıtılan temiz suyun nakledileceği sistemdir. Boru hattında kullanılan borular özel olarak imal edilmiş olup yalıtımlı borulardır. Bu tür borularda sıcaklık ve basınç kayıpları az olmaktadır. Sıcaklık düşüşleri 0,1-0,3°C/km olmaktadır. Ayrıca iç yüzey özellikleri nedeniyle korozyona karşı daha dayanımlı ve ısı uzamaları daha azdır. Isı kayıpları az olduğundan beton kanallara yerleştirme gibi ikinci bir işleme gerek yoktur. Borular zeminin belli bir derinliğine kazılarak yatırılır.
- **Eşanjör Merkezi:** Eşanjör merkezine gelen jeotermal akışkanın enerjisi yüksek verimli eşanjörlerle kapalı bir biçimde sirküle edilen temiz suya aktarılmaktadır. Eşanjör sistemi jeotermal akışkanın ve projenin teknik özelliklerine bağlı olarak yani ısı ihtiyacına bağlı olarak devreye girecek sirkülasyon pompaları yer almaktadır.
- **Şehir içi şebekesi:** Şehir içi şebekesi kapalı genişmeli bir sistem olup, direk toprağa gömülen özel paket borulardan oluşmaktadır. Şehir içi şebekelerin sıcaklık düşüşleri

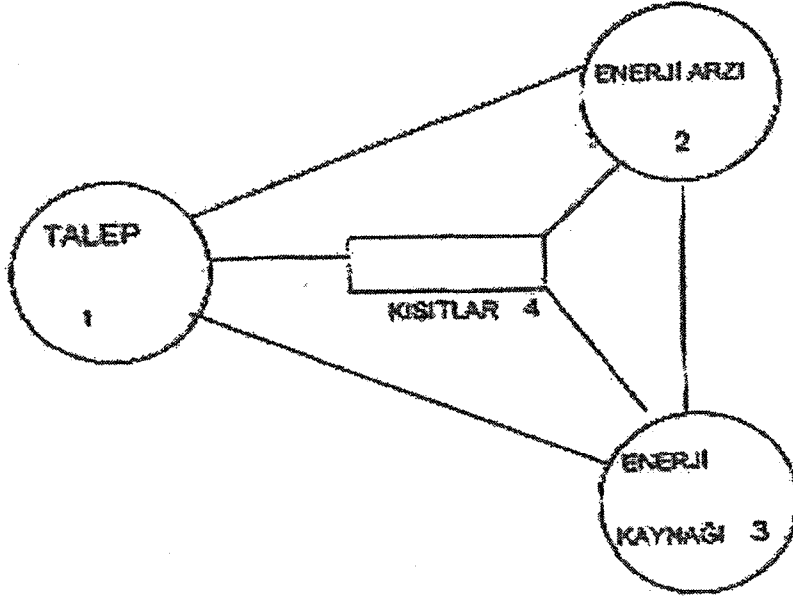
0,5°C/km olarak hesap edilmektedir.

- Kontrol Sistemi: Merkezi ısıtma şebekesinde dengeli bir dağılım olabilmesi ve gerekli debi ve sıcaklık kayıplarının olmaması ve kontrollerinin yapılabilmesi için bina işlerine kontrol cihazları monte edilmektedir.
- Reenjeksiyon: Üretim kuyularından alınan jeotermal akışkanın eşanjör dairesinde enerjisi alındıktan sonra, tekrar reenjeksiyon kuyularına verilmesi ya da kuyulara geri basılması işlemine denir.

Jeotermal ısıtma sistemlerinde akışkan etkinlik katsayısını maksimize ederken, enerjinin kapalı devre sistemi ile alınması ve soğutulan akışkanın reenjeksiyon kuyuları vasıtasıyla tekrar yer altına verilmesi, yer altı akışkan dengesi, çevre etkilerini azaltması açılarından yarar sağlamaktadır. Bölge ısıtılmasında merkezi ısıtmanın verimliliği, çevre temizliği ve kullanım kolaylıkları, bölge halkına bilgi çağına yaraşır bir yaşam konforu sağlayacaktır. Diğer taraftan rezervuardan yapılan üretim, basıncın ve bazı durumlarda da rezervuar sıcaklığının düşmesine neden olur. Reenjeksiyon çalışması doğru bir şekilde yapıldığı takdirde (klasik yöntemlere göre up-flow, out-flow zonları belirlenerek modeli ortaya konmuş sistemlerde), rezervuardaki basınç ve sıcaklık düşümünü önleyecek veya azaltacak ve dolayısıyla rezervuar ömrünü uzatacak etki yapan bir çalışmadır.

Akufer potansiyelinin olmadığı bölgelerde GSHP (Toprak kaynaklı ısı pompası) yer ısısından yararlanmak, günümüz teknolojisi ile verimli hale getirilmiştir. Jeotermal akışkandan konut ısıtılmasının yanı sıra soğutma, klima, tarımsal kurutma, endüstriyel kurutma, sera ısıtması gibi birçok alanda yararlanılabilir. Bu uygulamaların yöresel tespiti ile talep tarafı profili ortaya konulacaktır. Böylece ekserji analizi ve optimum çözüm için gerekli öğelerden biri oluşacaktır.

Isıtma, soğutma, klima ve kurutma gibi alanlarda enerjinin ortaya konulması ve gerekirse geri kazanımda yeni teknolojiler ve uygulamalar mevcuttur. Örneğin döşemeden ısıtma, hissedilebilir soğutma, endüstriyel kurutma, klima santralleri ile tümleşik olarak ofis, okul, hastane, müze gibi binaların ısıtma ve soğutması, soğuk hava depolarında zeminin dondan korunması, pist ve kritik yerlerde kar ve buz eritmesi, sera ısıtması, tavuk çiftliği ısıtması gibi uygulamalar mevcuttur. Analizin ikinci ayağını da, enerjinin kullanıma sunulmasında kullanılacak seçeneklerin tanımı oluşturmaktadır. Son olarak talep tarafı profili ile bu talebi karşılayacak sistemlerin bağlanacağı jeotermal kaynakta üretilecek enerji miktarı ve türünün seçimi analizin üçüncü ayağını belirler. Bu durum aşağıdaki şekilde sembolize edilmiştir.



Şekil 4.1 Enerji Kaynağı ile talep ve arz arasındaki ilişki (Kalkış ve Eltez, 1996)

Projede göz önünde tutulacak Ana faktörler:

- Enerji talep tarafının analizi ve taleplerinin tanımlanması,
- Enerjinin kullanıma sunulmasında kullanılacak seçeneklerin tanımlanması,
- Jeotermal kaynaktan üretilen enerji miktar ve türünün seçimi,
- Ekonomik, teknik ve yerel kısıtlar.

Primer sistemlerin tasarımında Denizli de yapılan bir çalışmada talep tarafı, enerji arzı ve enerji kaynağı incelenmiştir. Üretim bölgesi 3 adet yatay kaskata, tüketim tarafı ise 4 adet dikey kaskata ayrılmıştır. Böylece toplam verim %90'ın üzerine çekilmiştir. Proje kısıtlarının ve üç noktadaki seçeneklerin tanım ve analizi gerekmektedir.

Talep Tarafı:

Önce talebin sektörel dağılımı tespit edilmelidir. Genelde bu dağılım öğeleri, sınai yapı, ticari ve turistik yapı, kamu binası, konutlar, kırsal yapılar ve diğer yapılar şeklindedir. İkinci olarak talebin türü tespit edilmelidir. Bunlarda mahal ısıtması, mahal soğutması, sıcak kullanım suyu, klima, proses ısısı, tarımsal ısıtma ve soğutma, dondan koruma, diğer(kar,buz eritme, elektrik enerjisi gibi).

Son olarak talep türleri, sektörel ve coğrafi dağılımları ve diversiteleri ileriye dönük bir

projeksiyonla tespit edilmelidir. Jeotermal enerji veya primer enerji ile çalışan mevcut sistemlerin analizi, örneğin hangi binalarda merkezi veya kat kaloriferli radyatörlü sistemin bulunduğu bilinmesi nakledilecek suyun sıcaklığının tespitinde ve alternatif sistemlerin entegrasyonunda gereklidir.

Enerji Arz tarafı:

Enerjinin arzını sağlayacak genel alternatifler: Bina ısıtılmasında; klasik merkezi ısıtma sistemleri (Radyatör, konvektör ve diğer cihazlar), alternatif ısıtma sistemleri (Panel ısıtma, ısı pompası, elektrikli panel ısıtma, ısı borusuyla ısıtma), mevcut münferit sistemler (Katı ve sıvı yakıtlı soba, kat kaloriferi, kombi sistem gibi). Bina soğutma ve klimasında; klasik sistemler (klima santralleri, pencere tipi ve split klima sistemleri), alternatif sistemler (Panel soğutma, mekanik tahrikli ısı pompası, desikant soğutucular, ısı borulu nem alıcılar, diğer alternatif sistemler).

Enerji Kaynağı:

Üretilecek enerjinin miktar ve türlerinin de dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Bu kavram teknik, ekonomik ve termodinamik bir analizle netleşecektir. (TMMOB, 1996)

5. JEOTERMAL ENERJİ PROSESİ DEĞERLENDİRME ESASLARI

Bir jeotermal enerji prosesinin genel olarak değerlendirilmesi için çeşitli faktörler tanımlanmış ve limitleri belirlenmiştir. Bu faktörleri kısaca tanımlarsak;

- Jeoakışkan etkinlik katsayısı(GE):

$$GE = U / M$$

U: Jeotermal kuyulardan sürdürülebilir en yüksek debide birim zamanda alınan ısı (Mwth)

M: Sürdürülebilir en yüksek jeotermal akışkan miktarı (ton)

Uygun limitler: $0,04 < GE < 0,22$

- Jeotermal sistem etkinlik katsayısı (GSE):

$$GSE = Co / C$$

Co: Sıcaklık piklemesi ve/veya ekipmanın gerektiğinden büyük seçilmesi durumları olmadan bölge kapasitesi (Mwt veya Eşdeğer konut)

Uygun limitler: $0,65 < GSE < 1,0$

- Yatırım maliyeti: Elektrik 1000 \$kWe (max) Isı: 600 \$kWe (max)
- Bölge termal güç yoğunluğu: Minimum 12 Mwt/km²
- Kişi başına düşen primer boru hattı(Bölge ısıtması için): 12-200 m/kişi
- Sistem güvenilirliği: Ortalama % 80
- Ekipmanın gereğinden büyük seçilme faktörü(OF):

$$OF = 0.85((t^* - ta) / (tf - ta)) \times n$$

Formül 5.1

ta= İç tasarım sıcaklığı $1 \leq n \leq 1,5$ Ekipman cinsine göre değişir.

t* = Ortalama akışkan tasarım sıcaklığı

tf= Alçak sıcaklık uygulamasındaki akışkan sıcaklığı $1 \leq OF \leq 1,3$

- Yoğuşmayan Atıklar: Uluslar arası standartlara uygun olmalıdır. (0,1 kg/MWh)
- NO_x (3000 pg/m³)
- Kimyasal inhibitör atıkları
- Jeotermal buhar atıkları
- Gürültü kirliliği

6. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIM SORUNLARI ve YAPILMASI GEREKENLER

6.1 Jeotermal Enerji Kullanımına İlişkin Sorunlar ve Öneriler

Jeotermal enerjinin sorunlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.

- Çevresel Sorunlar
- İşletme Sorunları
- Yapısal Sorunlar(kimyasal)
- Yasal Sorunlar
- Akademik Sorunlar
- Teknik Sorunlar
- Standartlaşma Sorunları
- Tekelleşme Sorunları

Çevresel Sorunlar

Yoğuşamayan gazların ve jeotermal atık suların çeşitli içerikleri nedeniyle çevreye zararları bilinmektedir. Bu gazlardan (Örneğin CO₂) yararlanılması, kuyular şehir içinde ise separatör kullanılması, ısısı alınmış jeotermal suyun tekrar yeraltına verilerek (reenjeksiyon) yer altı hidrotermal çevrime katkıda bulunulması birçok sorunu çözmektedir. Meskun mahallerde kuyu sondajı çalışmalarının çevreyi geçici olarak rahatsız etmesi, kuyudan enerji alınması sırasında oluşan gürültü seviyesi gibi sorunlar sayılabilir. Sonuç olarak önlemler alındığı takdirde jeotermal enerjinin çevre dostu olduğu söylenebilir.

İşletme Sorunları

Bölge ısıtması yapılırken karşılaşılan sorunlar;

- Pikleme: Aşırı soğuk zamanlarda yedek bir konvansiyonel sistem (merkezi veya binalarda) bulunması yararlıdır.
- Arıza: Sistemin aksaması durumunda yine pikleme ünitesinden yararlanılabilir.
- Bakım: Hatlarda ve eşanjörlerde zaman içinde çeşitli operasyonlar yapılabilir. (Birinci, ikinci veya üçüncü sirkülasyon devrelerinde) Özellikle jeotermal eşanjörlerde debi ve sıcaklık değişimleri, normal operasyondan sapmalar veya durmalar, akışkan kompozisyon veya ürün kalitesindeki değişimler, sistemin belirli bölümlerinde oluşan korozyon, inhibitör dozlamada olabilecek arıza gibi nedenlerle kirlenme görülebilir. Bunlar için önerilen mekanik ve kimyasal temizleme yöntemleri vardır.

- Primer devre Arızaları: Bazı tip boruların genleşme nedeniyle ek yerlerinde oluşan çatlamlar (Yüksek sıcaklıklar veya ısınma soğumadan kaynaklanan temel gerilmeler nedeniyle) sistemde aksamaya neden olabilirler. Yeni geliştirilen malzemelerle bunlar oldukça azaltılmıştır.

Yapısal Sorunlar

Jeotermal sular fiziksel, kimyasal ve termodinamik özellikleri normal sulardan farklı olan sulardır. Çözünmüş iyonlar bakımından normal sulardan zengin, sıcaklığı ve basıncı yüksek olup basınç altında kızgın buhar içerebilirler. Araştırmacılar bu akışkanları jeotermal sistemlere, kimyasal yapılarına, içerdikleri gazlara veya deniz kökenli oluşuna göre sınıflandırmaktadırlar.

- A tipi sular: Alkali klorürlü
- B tipi sular: Asit sülfatlı
- C tipi sular: Asit sülfat-klorürlü
- D tipi sular: Bikarbonatlı örnek olarak verilebilirler.

Suların yapısına bağlı olarak kabuklaşma veya korozyon sorunları vardır.

- Kabuklaşma: Sondaj ve dağıtım borularında, eşanjör ve pompalarda görülür. Genellikle basınç ve sıcaklıkta kontrol edilen kabuklaşma, karbonat, silis ve sülfat çökmesi ile olarak kuyu veya işletme verimini azaltır. Bunu önlemek için çeşitli yöntemler arasında inhibitör enjeksiyonu en uygun olanıdır.
- Korozyon: Kimyasal aşınmanın gücü suyun asiditesine, suda bulunan oksitleyici madde ve elementlere, korozyon yüzeyinin genişliğine, yer altı suyu akım hızına, elektrolit etkinliğine, ortamın sıcaklığına bağlıdır. Korozyon üzerinde yapılan araştırmalar, özellikle kuyu filtresi ve borularının yapımında kullanılan metal ve alaşımlarının seçimi için önem taşırlar. Sulu ortamların korozyon etkinliğini azaltmak için; Sondaj ve dağıtım borularındaki suların atmosfer oksijeni ile temasını engellemek, Klorür etkisini azaltmak için buhar fazını sudan ayırmak, Oksitlenmeyen çelik veya alüminyum borular kullanmak, Boru cidarlarını epoxy cinsi reçineler ile kaplamak gibi önlemler sıralanabilir.

Yasal Sorunlar

Jeotermal enerjiye olan büyük talebe ve 20 Mwe ile 248 Mwt'den fazla ısıtma amaçlı kullanıma rağmen ülkemizde henüz araştırma ve geliştirmeleri düzenleyecek bir yasa mevcut değildir.

Arama, araştırma ve geliştirme faaliyetleri MTA Genel Müdürlüğü tarafından kuruluş

kanununun verdiği yetki ile yürütülmektedir.

Jeotermal kaynaklarla ilgili mevcut bir yasa olmamasına rağmen, jeotermal kaynakları ilgilendiren çok sayıda yasa ve yönetmelikler mevcuttur ve sonuçta karmaşık bir kurumsal yapı ortaya çıkmaktadır.

Jeotermal enerji 1983 yılında kısa bir süre için 6309 sayılı Maden yasası kapsamına alınmış ve MTA Genel Müdürlüğüne bazı ruhsat ve buluculuk hakları verilmiştir. Daha sonra jeotermal enerjinin madenlerden farklı karakterde bir kaynak olduğu anlaşılınca bu kapsamdan çıkarılmıştır.

Yaklaşık 15 yıldır jeotermal yasa olmayışının sıkıntıları anlaşılmiş ve birçok komisyonlar oluşturularak taslaklar hazırlanmıştır. Son olarak da jeotermal enerjinin revize edilmek istenen 3213 sayılı Maden kanunu kapsamına alınacak şekliyle, jeotermal enerji herhangi bir yer altı kaynağı olarak ele alınmakta, hazırlanan taslakların kapsam ve hedefleri söylemlerdeki ve Kalkınma planlarındaki politika ve hedeflere uymamaktadır.

Akademik Sorunlar

Jeotermal Mühendisliği dünyada yeni bir kavram olup içerisinde diğer mühendislik dallarından birçok bölüm bulundurmaktadır. Bu eğitim halen ABD, Yeni Zelanda ve Japonya'da üniversite eğitimi kapsamında verilmektedir. Türkiye'nin bu konuda geç kaldığını söyleyebiliriz. Çünkü mevcut potansiyel ve yatırım hızı dikkate alındığında gelecek 10-15 yıl içerisinde Türkiye'nin jeotermal ısıtma, soğutma ve sera uygulamalarında dünyada ilk sırayı alması beklenmektedir.

Ayrıca ülkemizde düzenlenen sempozyumlar örneğin Baksem, yaz okulları örneğin Jenarum 2000'li yıllarda jeotermal enerji yaz okulu ve birçok etkinlikler bize Jeotermal Enerji'ye artık daha fazla önem verildiğini gösteriyor.

Teknik Sorunlar

Aşağıda "Bir projede göz önüne alınacak ana faktörler" tanımlanmış ve bir aksiyon plan oluşturulmuştur. Teknik olarak uygun proje ile hareket edildiği zaman, verilen bir jeotermal kaynaktan elde edilebilecek faydalı enerji hibrid-entegre bir sistem kullanılarak basit bir açık devreli sisteme göre %70 oranında arttırılabilmektedir. Uygun bir talep yöntemi ile birleştirildiğinde aynı jeotermal akışkan kullanılarak %115 fazla kullanıcıya hitap edilebilmektedir. Bölgesel ısıtma ve soğutma gerektiğinde, jeotermal ısı pompaları ve hibrid HVAC sistemleri anahtar roller üstlenmektedirler.

Standartlaştırma Sorunları

Jeotermal enerji kullanımında bir standart hazırlama atağı başlatılmıştır. Bugüne kadar;

- Jeotermal Enerji – Metalik Olmayan Sızdırmaz Malzemeler – Simuk Edilmiş Jeotermal Sıvısına Batırma Metodu
- Jeotermal Enerji – Jeotermal kullanım için Sızdırmaz Contalara ait Parametrelerin Belirlenmesi
- Jeotermal Enerji – Jeotermal ve Diğer Yüksek Sıcaklık Sıvı Uygulamaları için Kullanılan Basınç Sistemlerinin Kontrol Ve Bakımı
- Jeotermal Enerji – Jeotermal Enerji Sistemlerinin Temel Performansının Belirlenmesi
- Jeotermal Enerji – Kimyasal Analiz için Jeotermal Akışkan ve Buhardan Numune Alma-Cihazlar konularında çalışmalar yapılmıştır.

Bir jeotermal projesinin değerlendirilebilmesi için çeşitli faktörler ve limitlerinin daha geniş olarak hazırlanmış standartlarla ortaya konulması gerekmektedir.

Tekelleşme Sorunları

Jeotermal enerji sahasında iş yapan firmaların sayısının artması serbest rekabet ortamında kaliteyi arttıracaktır. Aksi halde oluşacak tekelleşme, bağımsız denetimsel ve bilimsel çalışmaları da etkisi altına almaya çalışacaktır. (Eltez ve Kılıkış, 1995)

7. JEOTERMAL ISITMA SİSTEMİ PROJE HAZIRLAMA ESASLARI

7.1 Açıklayıcı Bilgiler

- Binanın bulunduğu yer: Binaın bulunduğu il, ilçe, semt ve sokak adı ve numarası ile pafta, ada, parsel numaraları yazılacaktır.
- Isıtılacak dairenin katı ve numarası belirtilecektir.
- Hesaba alınan dış sıcaklık belirtilecektir. (İzmir ili Balçova ilçesi için +4°C alınacaktır.)
- Bina ve rüzgar durumu iç duvar, dış duvar, çatı ve döşeme, kapı ve pencere özellikleri belirtilecektir.
- Kullanılan ısıtıcının tipi ve markası yazılacaktır.

7.2 Binaın iç sıcaklık dereceleri

Eğer bir binada jeotermal kalorifer tesisatı yapılacak ise, çatı dairelerinde izolasyon yapıp yapılmadığı kesin olarak bilinmelidir. Ona göre de ısı geçirgenlik katsayıları alınmalıdır. Ayrıca daire içinde ısıtılmayan mahallerin (WC, koridor, antre) ısı kayıpları hesap edilerek diğer ısıtılan mahallere taksim edilmelidir. (TMMOB, 1996)

Isıtılan Mahal Sıcaklıkları

Oturma odaları, salonlar	: 22 °C
Yatak odaları, hol	: 20 °C
Banyo ve duş	: 24 °C
Mutfak	: 18 °C
WC	: 15 °C
Antre	: 18 °C
Büro	: 22 °C
Dükkan (oturarak çalışma)	: 18 °C
Lokanta, pastane, berber, kahvehane	: 20 °C

7.3 Hesaplarda Kullanılan Isı Geçirme Katsayıları

Aşağıda belirtilen ısı geçirme katsayıları doğrudan kullanılacaktır. Bunların dışında ki K değerleri için detay çizilerek hesap yapılacaktır. (Isı yalıtım projesi yapılmış ise K değerleri bu projeden alınacaktır.)

Çizelge 7.1 Isı geçirme katsayıları

Ahşap pencere ve kapılar	Kcal/hm ² C
Basit tek camlı pencere ve kapı (dış)	4,5
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (6 mm)	2,8
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (12 mm)	2,5
Bitişik(çift kanatlı pencere ve dış kapı)	2,2
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	2,2
Camsız dış kapı	3,0

Metal pencere ve kapılar	Kcal/hm ² C
Basit tek camlı pencere ve kapı	5,0
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (6 mm)	3,4
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere ve dış kapı (12 mm)	3,1
Bitişik(çift kanatlı pencere ve dış kapı)	3,0
Kasalı çift kanatlı pencere ve dış kapı	2,8
Tek Pencere (basit)	5,0
Tek pencere (çift camlı)	3,0

İmar İskan Bakanlığının 30 Ekim 1981 tarihli yönetmeliğine göre dış duvarların maksimum ısı geçirme katsayıları:

1. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.50 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
2. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.12 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
3. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.90 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$
4. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.75 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$

Hesaplara 3 cm çimento harçlı dış sıva 2 cm çimentolu kırık harçlı iç sıva dahil edilmiştir. Sandviç duvarlar 5 cm hava boşlukludur.

ÇİZELGE DUVARLAR İÇİN "K" KATSAYILARI

DUVAR CİNSİ	DUVAR KALINLIKLARINA (cm) GÖRE "K" KATSAYILARI																
GAZBETON (TS 433) HARÇ İLE ÖRÜLEN DUVARLAR ($\gamma=300 \text{ kg/m}^3$) TUTKAL İLE ÖRÜLEN DUVARLAR ($\gamma=300 \text{ kg/m}^3$) BÜYÜK BOYUTLU PLAKLAR ($\gamma=600 \text{ kg/m}^3$)		7.5	9	10	12	15	17.5	19	20	22.5	24	27.5	29	30	33		
	İÇ	1.37	1.23	1.16	1.03	0.89	0.79	0.73	0.72	0.66	0.62	0.56	0.54	0.52	0.46		
	DIŞ	1.36	1.39	1.30	1.14	0.97	0.86	0.80	0.77	0.70	0.66	0.59	0.56	0.55	0.48		
	İÇ	1.09	0.97	0.90	0.79	0.67	0.59	0.56	0.53	0.48	0.46	0.41	0.39	0.38	0.33		
	DIŞ	1.22	1.07	0.99	0.86	0.72	0.63	0.59	0.56	0.51	0.48	0.42	0.40	0.39	0.34		
	İÇ	1.24	1.11	1.04	0.92	0.78	0.70	0.66	0.63	0.57	0.54	0.49	0.47	0.45	0.40		
DIŞ	1.40	1.24	1.15	1.01	0.83	0.73	0.70	0.67	0.61	0.57	0.51	0.49	0.47	0.41			
TUĞLA DUVARLAR DOLU TUĞLA DUVAR (TS 704) ($\gamma=1900 \text{ kg/m}^3$) DELİKLİ TUĞLA DUVAR (TS 705) ($\gamma=1200 \text{ kg/m}^3$)		9	19	29	39	9 *19	9 *29	9 *39									
	İÇ	2.13	1.62	1.31	1.10	1.04	0.90	0.80									
	DIŞ	2.65	1.91	1.49	1.22	1.15	0.99	0.86									
	İÇ	1.86	1.32	1.02	0.83	0.85	0.72	0.62									
	DIŞ	2.25	1.50	1.13	0.90	0.83	0.77	0.66									
	İÇ	1.86	1.32	1.02	0.83	0.85	0.72	0.62									
YALITIMLI BİLEŞİK DUVARLAR YALITIM MALZEMESİ - DOLU TUĞLA DUVAR (TS704) ($\gamma=1900 \text{ kg/m}^3$) YALITIM MALZEMESİ DELİKLİ TUĞLA DUVAR (TS705) ($\gamma=1200 \text{ kg/m}^3$) YALITIM MALZEMESİ BRİKET DUVAR (TS406) ($\gamma=2000 \text{ kg/m}^3$) YALITIM MALZEMESİ- BOŞLUKLU HAFİF BETON BLOK DUVAR (TS407) ($\gamma=1200 \text{ kg/m}^3$)	Rende Tatlı Leşha Yalıtımlı (TS305)					Gazbeton Levha (TS453) Yalıtımlı ($\gamma=300 \text{ kg/m}^3$)											
	d cm	9	19	29	39	d cm	9	19	29	39							
	1.5	1.39	1.54	1.26	1.06	5.0	1.31	1.10	0.95	0.83							
	2.5	1.45	1.20	1.02	0.82	7.5	1.05	0.91	0.80	0.72							
	3.5	1.23	1.04	0.90	0.80	10.0	0.87	0.78	0.70	0.63							
	5	0.92	0.81	0.72	0.65	12.0	0.77	0.69	0.63	0.58							
	7.5	0.69	0.63	0.53	0.53												
	d cm	9	19	29	39	d cm	9	19	29	39							
	1.5	1.76	1.27	0.99	0.81	5.0	1.21	0.95	0.79	0.67							
	2.5	1.32	1.02	0.83	0.70	7.5	0.98	0.81	0.68	0.59							
	3.5	1.13	0.91	0.75	0.55	10	0.82	0.70	0.60	0.53							
	5	0.86	0.72	0.62	0.55	12	0.73	0.63	0.55	0.49							
d cm	20	30	40	d cm	20	30	40										
1.5	1.65	1.33	1.19	5.0	1.16	1.02	0.91										
2.5	1.26	1.10	0.97	7.5	0.99	0.85	0.77										
3.5	1.09	0.97	0.87	10	0.80	0.73	0.67										
5.0	0.84	0.76	0.70	12	0.71	0.66	0.61										
d cm	20	30	40	d cm	20	30	40										
1.5	1.18	0.92	0.76	5.0	0.90	0.74	0.63										
2.5	0.97	0.79	0.66	7.5	0.77	0.65	0.56										
3.5	0.86	0.72	0.61	10	0.67	0.58	0.51										
5.0	0.70	0.60	0.52	12	0.61	0.53	0.47										

DUVAR CİNSİ	DUVAR KALINLIKLARINA (cm) GÖRE "K" KATSAYILARI																																																																																										
BETONARME PERDE DUVARLAR (Toprak Temaslı Betonarme Duvar $(\gamma=2400 \text{ kg/cm}^3)$ + Yalıtım Malzemesi + 2cm İç sıva 1. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.69$ 2. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.19$ 3. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.94$ 4. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.78$	Rende talaşı levha yalıtımlı (TS 305) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.5</td> <td>1.82</td> <td>1.72</td> <td>1.63</td> <td>1.54</td> <td>1.47</td> <td>1.34</td> <td>1.23</td> <td>1.13</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>1.48</td> <td>1.41</td> <td>1.35</td> <td>1.29</td> <td>1.24</td> <td>1.14</td> <td>1.06</td> <td>0.99</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>1.05</td> <td>1.02</td> <td>0.98</td> <td>0.95</td> <td>0.92</td> <td>0.87</td> <td>0.82</td> <td>0.78</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.76</td> <td>0.75</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.61</td> </tr> </tbody> </table> Gazbeton levha yalıtımlı TS 453 ($\gamma=500 \text{ kg/cm}^3$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>1.23</td> <td>1.18</td> <td>1.14</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>0.99</td> <td>0.95</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.99</td> <td>0.96</td> <td>0.93</td> <td>0.90</td> <td>0.88</td> <td>0.83</td> <td>0.79</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.86</td> <td>0.84</td> <td>0.82</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> <td>0.74</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.72</td> <td>0.70</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.66</td> <td>0.63</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60	2.5	1.82	1.72	1.63	1.54	1.47	1.34	1.23	1.13	3.5	1.48	1.41	1.35	1.29	1.24	1.14	1.06	0.99	5.0	1.05	1.02	0.98	0.95	0.92	0.87	0.82	0.78	7.5	0.76	0.75	0.73	0.71	0.69	0.66	0.64	0.61	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60	7.5	1.23	1.18	1.14	1.10	1.06	0.99	0.95	0.87	10	0.99	0.96	0.93	0.90	0.88	0.83	0.79	0.75	12	0.86	0.84	0.82	0.79	0.77	0.74	0.70	0.67	15	0.72	0.70	0.69	0.67	0.66	0.63	0.60	0.58
	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60																																																																																		
	2.5	1.82	1.72	1.63	1.54	1.47	1.34	1.23	1.13																																																																																		
	3.5	1.48	1.41	1.35	1.29	1.24	1.14	1.06	0.99																																																																																		
5.0	1.05	1.02	0.98	0.95	0.92	0.87	0.82	0.78																																																																																			
7.5	0.76	0.75	0.73	0.71	0.69	0.66	0.64	0.61																																																																																			
d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60																																																																																			
7.5	1.23	1.18	1.14	1.10	1.06	0.99	0.95	0.87																																																																																			
10	0.99	0.96	0.93	0.90	0.88	0.83	0.79	0.75																																																																																			
12	0.86	0.84	0.82	0.79	0.77	0.74	0.70	0.67																																																																																			
15	0.72	0.70	0.69	0.67	0.66	0.63	0.60	0.58																																																																																			
2 cm Dış Sıva + Betonarme Duvar $(\gamma=2400 \text{ kg/m}^3)$ + Yalıtım Malzemesi + 2 cm İç Sıva 1. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.50$ 2. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.12$ 3. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.90$ 4. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.75$	Rende talaşı levha yalıtımlı (TS 305) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.5</td> <td>1.63</td> <td>1.54</td> <td>1.47</td> <td>1.40</td> <td>1.34</td> <td>1.23</td> <td>1.13</td> <td>1.05</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>1.35</td> <td>1.29</td> <td>1.24</td> <td>1.19</td> <td>1.14</td> <td>1.06</td> <td>0.99</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>0.98</td> <td>0.95</td> <td>0.92</td> <td>0.90</td> <td>0.87</td> <td>0.82</td> <td>0.78</td> <td>0.74</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.68</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.61</td> <td>0.59</td> </tr> </tbody> </table> Gazbeton levha yalıtımlı TS 453 ($\gamma=500 \text{ kg/cm}^3$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>1.14</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>1.02</td> <td>0.99</td> <td>0.93</td> <td>0.87</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.93</td> <td>0.90</td> <td>0.88</td> <td>0.85</td> <td>0.83</td> <td>0.79</td> <td>0.75</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.82</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> <td>0.74</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.63</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> <td>0.56</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60	2.5	1.63	1.54	1.47	1.40	1.34	1.23	1.13	1.05	3.5	1.35	1.29	1.24	1.19	1.14	1.06	0.99	0.93	5.0	0.98	0.95	0.92	0.90	0.87	0.82	0.78	0.74	7.5	0.73	0.71	0.69	0.68	0.66	0.64	0.61	0.59	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60	7.5	1.14	1.10	1.06	1.02	0.99	0.93	0.87	0.82	10	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.79	0.75	0.71	12	0.82	0.79	0.77	0.75	0.74	0.70	0.67	0.64	15	0.69	0.67	0.66	0.64	0.63	0.60	0.58	0.56
	d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60																																																																																		
	2.5	1.63	1.54	1.47	1.40	1.34	1.23	1.13	1.05																																																																																		
	3.5	1.35	1.29	1.24	1.19	1.14	1.06	0.99	0.93																																																																																		
5.0	0.98	0.95	0.92	0.90	0.87	0.82	0.78	0.74																																																																																			
7.5	0.73	0.71	0.69	0.68	0.66	0.64	0.61	0.59																																																																																			
d (cm)	10	15	20	25	30	40	50	60																																																																																			
7.5	1.14	1.10	1.06	1.02	0.99	0.93	0.87	0.82																																																																																			
10	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.79	0.75	0.71																																																																																			
12	0.82	0.79	0.77	0.75	0.74	0.70	0.67	0.64																																																																																			
15	0.69	0.67	0.66	0.64	0.63	0.60	0.58	0.56																																																																																			
TAŞ DUVAR ($\gamma=3000 \text{ kg/m}^3$) Toprak temaslı Taş Duvar + Yalıtım Malzemesi + 2 cm İç Sıva 1. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.69$ 2. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.19$ 3. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.94$ 4. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.78$	Gaz Beton Levha Yalıtımlı TS 453 ($\gamma=500 \text{ kg/m}^3$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>1.15</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>1.01</td> <td>0.97</td> <td>0.94</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.94</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> <td>0.85</td> <td>0.82</td> <td>0.79</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.82</td> <td>0.80</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> <td>0.61</td> </tr> </tbody> </table> Gazbeton levha yalıtımlı TS 453 ($\gamma=500 \text{ kg/m}^3$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>1.06</td> <td>1.02</td> <td>0.98</td> <td>0.94</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.88</td> <td>0.85</td> <td>0.82</td> <td>0.80</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.78</td> <td>0.75</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.63</td> <td>0.61</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)	30	40	50	60	70	80	7.5	1.15	1.10	1.06	1.01	0.97	0.94	10	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	12	0.82	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	15	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61	d (cm)	30	40	50	60	70	80	7.5	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88	10	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77	0.75	12	0.78	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67	15	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58																				
	d (cm)	30	40	50	60	70	80																																																																																				
	7.5	1.15	1.10	1.06	1.01	0.97	0.94																																																																																				
	10	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79																																																																																				
12	0.82	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71																																																																																					
15	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61																																																																																					
d (cm)	30	40	50	60	70	80																																																																																					
7.5	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88																																																																																					
10	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77	0.75																																																																																					
12	0.78	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67																																																																																					
15	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58																																																																																					
3 cm İç Sıva + TAŞ DUVAR + Yalıtım Malzemesi + 2 cm İç Sıva 1. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.69$ 2. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 1.19$ 3. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.94$ 4. İKLİM BÖLGESİNDE $K \leq 0.78$	Gazbeton levha yalıtımlı TS 453 ($\gamma=500 \text{ kg/m}^3$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>d (cm)</th> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7.5</td> <td>1.06</td> <td>1.02</td> <td>0.98</td> <td>0.94</td> <td>0.91</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.88</td> <td>0.85</td> <td>0.82</td> <td>0.80</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.78</td> <td>0.75</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.63</td> <td>0.61</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)	30	40	50	60	70	80	7.5	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88	10	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77	0.75	12	0.78	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67	15	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58																																																							
	d (cm)	30	40	50	60	70	80																																																																																				
	7.5	1.06	1.02	0.98	0.94	0.91	0.88																																																																																				
	10	0.88	0.85	0.82	0.80	0.77	0.75																																																																																				
12	0.78	0.75	0.73	0.71	0.69	0.67																																																																																					
15	0.66	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58																																																																																					

DÖŞEME TAVAN CİNSİ	KONSTRÜKSİYON ŞEKLİ	YALITIM KALINLIĞINA GÖRE "K" DEĞERİ																																																																																																																																				
ÜZERİ ÇATI İLE ÖRTÜLMÜŞ ASMOLEN TAVANLAR 1. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.67 2. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.56 3. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.37 4. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.30	Isı yalıtım malzemesi + 10 cm Betonarme Bel + 1.5 cm iç sıva 1. Cam yünü, köpük levha (γ = 200 kg/cm ³) 2. Rende talaşı levha (γ = 375 Kg/cm ³) 3. Gazbeton Levha (γ = 500 Kg/cm ³) 4. Bims macırı, Gaz beton macırı Perlit (γ = 500 Kg/cm ³)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>10</th><th>12</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.52</td><td>1.06</td><td>0.81</td><td>0.66</td><td>0.56</td><td>0.48</td><td>0.42</td><td>0.38</td><td>0.31</td><td>0.26</td><td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>5</th><th>10</th><th>12</th><th>14</th><th>16</th><th>18</th><th>20</th><th>22</th><th>24</th><th>26</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.92</td><td>0.56</td><td>0.43</td><td>0.40</td><td>0.38</td><td>0.34</td><td>0.31</td><td>0.28</td><td>0.26</td><td>0.24</td><td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>15</th><th>17.5</th><th>20</th><th>22.5</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.66</td><td>0.58</td><td>0.53</td><td>0.48</td><td>0.44</td><td>0.37</td><td>0.33</td><td>0.28</td><td>0.26</td><td>0.24</td><td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="11">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>15</th><th>17.5</th><th>20</th><th>22.5</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>45</th><th>50</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.76</td><td>0.68</td><td>0.62</td><td>0.56</td><td>0.52</td><td>0.45</td><td>0.39</td><td>0.35</td><td>0.31</td><td>0.29</td><td></td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)											1	2	3	4	5	6	7	8	10	12		1.52	1.06	0.81	0.66	0.56	0.48	0.42	0.38	0.31	0.26		d (cm)											5	10	12	14	16	18	20	22	24	26		0.92	0.56	0.43	0.40	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24		d (cm)											15	17.5	20	22.5	25	30	35	40	45	50		0.66	0.58	0.53	0.48	0.44	0.37	0.33	0.28	0.26	0.24		d (cm)											15	17.5	20	22.5	25	30	35	40	45	50		0.76	0.68	0.62	0.56	0.52	0.45	0.39	0.35	0.31	0.29	
d (cm)																																																																																																																																						
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12																																																																																																																													
1.52	1.06	0.81	0.66	0.56	0.48	0.42	0.38	0.31	0.26																																																																																																																													
d (cm)																																																																																																																																						
5	10	12	14	16	18	20	22	24	26																																																																																																																													
0.92	0.56	0.43	0.40	0.38	0.34	0.31	0.28	0.26	0.24																																																																																																																													
d (cm)																																																																																																																																						
15	17.5	20	22.5	25	30	35	40	45	50																																																																																																																													
0.66	0.58	0.53	0.48	0.44	0.37	0.33	0.28	0.26	0.24																																																																																																																													
d (cm)																																																																																																																																						
15	17.5	20	22.5	25	30	35	40	45	50																																																																																																																													
0.76	0.68	0.62	0.56	0.52	0.45	0.39	0.35	0.31	0.29																																																																																																																													
DÜZ ÇATI VE TARAS DÖŞEMELER 1. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.67 2. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.56 3. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.37 4. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.30	5 cm Karo ve Harcı 3 Kat Su Kesici Tabaka + 6 cm (Ort.) Eğim Betonu + Isı Yalıtım Malzemesi + Buhar Kesici + 10cm Betonarme Beton + 1.5 cm İç Sıva 1. Cam yünü, köpük levha (γ = 200 kg/cm ³) 2. Rende talaşı levha (γ = 375 Kg/cm ³) 3. Gazbeton Levha (γ = 500 Kg/cm ³) 4. Bims macırı, Gaz beton macırı Perlit (γ = 500 Kg/cm ³)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>21</th><th>3</th><th>5</th><th>8</th><th>10</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.06</td><td>0.81</td><td>0.56</td><td>0.38</td><td>0.31</td><td>0.26</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>7.5</th><th>10</th><th>13</th><th>17</th><th>23</th><th>26</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.69</td><td>0.56</td><td>0.45</td><td>0.36</td><td>0.29</td><td>0.24</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>15</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>40</th><th>50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.66</td><td>0.52</td><td>0.44</td><td>0.37</td><td>0.29</td><td>0.24</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>35</th><th>40</th><th>50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.62</td><td>0.52</td><td>0.45</td><td>0.39</td><td>0.35</td><td>0.29</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)						21	3	5	8	10	12	1.06	0.81	0.56	0.38	0.31	0.26	d (cm)						7.5	10	13	17	23	26	0.69	0.56	0.45	0.36	0.29	0.24	d (cm)						15	20	25	30	40	50	0.66	0.52	0.44	0.37	0.29	0.24	d (cm)						20	25	30	35	40	50	0.62	0.52	0.45	0.39	0.35	0.29																																																												
d (cm)																																																																																																																																						
21	3	5	8	10	12																																																																																																																																	
1.06	0.81	0.56	0.38	0.31	0.26																																																																																																																																	
d (cm)																																																																																																																																						
7.5	10	13	17	23	26																																																																																																																																	
0.69	0.56	0.45	0.36	0.29	0.24																																																																																																																																	
d (cm)																																																																																																																																						
15	20	25	30	40	50																																																																																																																																	
0.66	0.52	0.44	0.37	0.29	0.24																																																																																																																																	
d (cm)																																																																																																																																						
20	25	30	35	40	50																																																																																																																																	
0.62	0.52	0.45	0.39	0.35	0.29																																																																																																																																	
ARA DÖŞEME	Kaplama + 10 cm Betonarme + 1.5 cm iç sıva 1-5 cm Karo ve Harcı veya Mozaik 2-3 cm parke 3-2 cm Şap + Vinyl Muşamba	ISI TRANSFER YÖNÜ <table border="1"> <thead> <tr> <th>Yukarı</th> <th>Aşağı</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K ≤ 2.42</td> <td>K ≤ 1.59</td> </tr> <tr> <td>K ≤ 1.85</td> <td>K ≤ 1.55</td> </tr> <tr> <td>K ≤ 2.57</td> <td>K ≤ 1.99</td> </tr> </tbody> </table>	Yukarı	Aşağı	K ≤ 2.42	K ≤ 1.59	K ≤ 1.85	K ≤ 1.55	K ≤ 2.57	K ≤ 1.99																																																																																																																												
Yukarı	Aşağı																																																																																																																																					
K ≤ 2.42	K ≤ 1.59																																																																																																																																					
K ≤ 1.85	K ≤ 1.55																																																																																																																																					
K ≤ 2.57	K ≤ 1.99																																																																																																																																					
AÇIK GEÇİTLER ÜZERİNDEKİ DÖŞEMELER 1. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.61 2. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.44 3. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.36 4. İKLİM BÖLGESİ K ≤ 0.31	Vinyl Muşamba + 5 cm Şap + Isı Yalıtım Malzemesi + 10 cm Betonarme Beton + 1.5 cm Dış Sıva 1. Cam Yünü Köpük Levha (γ = 200 kg/m ³) 2. RENDE TALAŞI LEVHA (γ = 410-375 kg/m ³) 3. GAZ BETON LEVHA (γ = 500 kg/m ³)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>8</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.06</td><td>0.81</td><td>0.66</td><td>0.56</td><td>0.38</td><td>0.31</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>7.5</th><th>5</th><th>7.5</th><th>12</th><th>16</th><th>20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.24</td><td>0.92</td><td>0.69</td><td>0.48</td><td>0.38</td><td>0.31</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>12.5</th><th>13</th><th>20</th><th>25</th><th>30</th><th>40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.77</td><td>0.66</td><td>0.52</td><td>0.44</td><td>0.37</td><td>0.29</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)						2	3	4	5	8	10	1.06	0.81	0.66	0.56	0.38	0.31	d (cm)						7.5	5	7.5	12	16	20	1.24	0.92	0.69	0.48	0.38	0.31	d (cm)						12.5	13	20	25	30	40	0.77	0.66	0.52	0.44	0.37	0.29																																																																														
d (cm)																																																																																																																																						
2	3	4	5	8	10																																																																																																																																	
1.06	0.81	0.66	0.56	0.38	0.31																																																																																																																																	
d (cm)																																																																																																																																						
7.5	5	7.5	12	16	20																																																																																																																																	
1.24	0.92	0.69	0.48	0.38	0.31																																																																																																																																	
d (cm)																																																																																																																																						
12.5	13	20	25	30	40																																																																																																																																	
0.77	0.66	0.52	0.44	0.37	0.29																																																																																																																																	

DÖŞEME TAVAN CİNSİ	KONSTRÜKSİYON ŞEKLİ	YALITIM KALINLIĞINA GÖRE "K" DEĞERİ																																																																							
	4. Bims Mıçır, Gaz Beton Mıçır Perlit ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">a (cm)</th> </tr> <tr> <th>15</th> <th>17</th> <th>25</th> <th>30</th> <th>37</th> <th>45</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.76</td> <td>0.70</td> <td>0.52</td> <td>0.45</td> <td>0.37</td> <td>0.31</td> </tr> </tbody> </table>	a (cm)						15	17	25	30	37	45	0.76	0.70	0.52	0.45	0.37	0.31																																																					
a (cm)																																																																									
15	17	25	30	37	45																																																																				
0.76	0.70	0.52	0.45	0.37	0.31																																																																				
ZEMİNE OTURAN DÖŞEMELER	Vinyli Muşamba + 5 cm Şap + Isı yalıtım malzemesi + 3 cm Şap + Su yalıtımı + Ortobeton + blokaj																																																																								
1. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.59$																																																																									
2. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.88$	1. Gaz Beton Levha ($\gamma = 500 \text{ kg/cm}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>5</th> <th>7.5</th> <th>15</th> <th>20</th> <th>22</th> <th>22.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.54</td> <td>1.19</td> <td>0.70</td> <td>0.62</td> <td>0.55</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)						5	7.5	15	20	22	22.5	1.54	1.19	0.70	0.62	0.55	0.50																																																					
d (cm)																																																																									
5	7.5	15	20	22	22.5																																																																				
1.54	1.19	0.70	0.62	0.55	0.50																																																																				
3. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.59$																																																																									
4. İKLİM BÖLGESİ	2. Bims Mıçır, Gaz Beton Mıçır Perlit ($\gamma = 500 \text{ Kg/cm}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">d (cm)</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>10</th> <th>18</th> <th>20</th> <th>25</th> <th>27.5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.56</td> <td>1.12</td> <td>0.72</td> <td>0.66</td> <td>0.55</td> <td>0.50</td> </tr> </tbody> </table>	d (cm)						6	10	18	20	25	27.5	1.56	1.12	0.72	0.66	0.55	0.50																																																					
d (cm)																																																																									
6	10	18	20	25	27.5																																																																				
1.56	1.12	0.72	0.66	0.55	0.50																																																																				
ASMOLEN DÖŞEME VE TAVANLAR	Isı Yalıtım Malzemesi + 7 cm Betonarme + h cm + Asmolen dış yüksekliği + 1.5 cm İç sıva (40 cm Dış arası, 10 cm betonarme dış kalınlığı)																																																																								
ÜZERİ ÇATI İLE ÖRTÜLMÜŞ TAVANLAR	1. GAZBETON ASMOLEN BLOK ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)																																																																								
1. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.67$	1. Cam Yünü Köpük Levha ($\gamma = 200 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği a (cm)</th> </tr> <tr> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>0.84</td> <td>0.80</td> <td>0.76</td> <td>0.73</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.63</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> <td>0.55</td> <td>0.53</td> <td>0.51</td> <td>0.50</td> <td>0.48</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.52</td> <td>0.49</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.39</td> <td>0.38</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.39</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> <td>0.33</td> <td>0.32</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.34</td> <td>0.34</td> <td>0.33</td> <td>0.31</td> <td>0.31</td> <td>0.30</td> <td>0.29</td> <td>0.28</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği a (cm)								20	22	24	25	28	30	32	34	-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62	1	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48	2	0.52	0.49	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	3	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	4	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	5	0.34	0.34	0.33	0.31	0.31	0.30	0.29	0.28
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği a (cm)																																																																								
	20	22	24	25	28	30	32	34																																																																	
-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62																																																																	
1	0.63	0.60	0.58	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48																																																																	
2	0.52	0.49	0.48	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40																																																																	
3	0.44	0.43	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35																																																																	
4	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31																																																																	
5	0.34	0.34	0.33	0.31	0.31	0.30	0.29	0.28																																																																	
2. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.56$																																																																									
3. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.37$																																																																									
4. İKLİM BÖLGESİ $K \leq 0.30$	2. RENDE TALAŞI LEVHA ($\gamma = 570 \text{ kg/m}^3$) ($\gamma = 460 \text{ kg/m}^3$) ($\gamma = 375 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)</th> </tr> <tr> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>0.84</td> <td>0.80</td> <td>0.76</td> <td>0.73</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0.73</td> <td>0.69</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.61</td> <td>0.59</td> <td>0.57</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>0.62</td> <td>0.59</td> <td>0.57</td> <td>0.54</td> <td>0.52</td> <td>0.50</td> <td>0.49</td> <td>0.47</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>0.56</td> <td>0.54</td> <td>0.52</td> <td>0.50</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.45</td> <td>0.43</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> <td>0.42</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> <td>0.38</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.40</td> <td>0.39</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> <td>0.33</td> <td>0.32</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)								20	22	24	25	28	30	32	34	-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62	1.5	0.73	0.69	0.66	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55	2.5	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	3.5	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43	5.0	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	7.5	0.40	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)																																																																								
	20	22	24	25	28	30	32	34																																																																	
-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62																																																																	
1.5	0.73	0.69	0.66	0.64	0.61	0.59	0.57	0.55																																																																	
2.5	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47																																																																	
3.5	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.45	0.43																																																																	
5.0	0.48	0.46	0.44	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37																																																																	
7.5	0.40	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32																																																																	
	3. GAZ BETON LEVHA ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği</th> </tr> <tr> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>25</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>0.84</td> <td>0.80</td> <td>0.76</td> <td>0.73</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.59</td> <td>0.56</td> <td>0.54</td> <td>0.51</td> <td>0.50</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.45</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.52</td> <td>0.49</td> <td>0.47</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> <td>0.39</td> <td>0.38</td> <td>0.36</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> <td>0.38</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.39</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> <td>0.33</td> <td>0.32</td> <td>0.31</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği								20	22	24	25	28	30	32	34	-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62	5	0.59	0.56	0.54	0.51	0.50	0.48	0.46	0.45	7.5	0.52	0.49	0.47	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	10	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.39	0.38	0.36	12	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	15	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği																																																																								
	20	22	24	25	28	30	32	34																																																																	
-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62																																																																	
5	0.59	0.56	0.54	0.51	0.50	0.48	0.46	0.45																																																																	
7.5	0.52	0.49	0.47	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40																																																																	
10	0.46	0.44	0.43	0.41	0.40	0.39	0.38	0.36																																																																	
12	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34																																																																	
15	0.39	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31																																																																	

DOŞEME TAVAN CİNSİ	KONSTRÜKSİYON ŞEKLİ	YALITIM KALINLIĞINA GÖRE "K" DEĞERİ																																																																								
	4. Bims Mıcurı, Gaz Beton Mıcurı Perlit ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>26</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>0.84</td> <td>0.80</td> <td>0.76</td> <td>0.73</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.62</td> <td>0.59</td> <td>0.57</td> <td>0.54</td> <td>0.52</td> <td>0.50</td> <td>0.49</td> <td>0.47</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0.50</td> <td>0.48</td> <td>0.46</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.42</td> <td>0.40</td> <td>0.39</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> <td>0.38</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>0.37</td> <td>0.36</td> <td>0.35</td> <td>0.34</td> <td>0.33</td> <td>0.32</td> <td>0.31</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>0.33</td> <td>0.32</td> <td>0.31</td> <td>0.30</td> <td>0.29</td> <td>0.29</td> <td>0.28</td> <td>0.27</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)									20	22	24	26	28	30	32	34	-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62	5	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47	10	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39	15	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	20	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	25	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)																																																																									
	20	22	24	26	28	30	32	34																																																																		
-	0.84	0.80	0.76	0.73	0.70	0.67	0.64	0.62																																																																		
5	0.62	0.59	0.57	0.54	0.52	0.50	0.49	0.47																																																																		
10	0.50	0.48	0.46	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39																																																																		
15	0.43	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34																																																																		
20	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30																																																																		
25	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.29	0.28	0.27																																																																		
	11. BOŞLUKLU HAFİF BETON BLOK, REKS DOŞEME ($\gamma = 1200 \text{ kg/cm}^3$) TS1261. 1. Cam Yünü, Köpük Levha ($\gamma = 200 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>26</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>1.39</td> <td>1.33</td> <td>1.27</td> <td>1.22</td> <td>1.17</td> <td>1.12</td> <td>1.08</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0.99</td> <td>0.95</td> <td>0.92</td> <td>0.89</td> <td>0.86</td> <td>0.84</td> <td>0.81</td> <td>0.79</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.77</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> <td>0.71</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.65</td> <td>0.64</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.63</td> <td>0.61</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> <td>0.57</td> <td>0.56</td> <td>0.55</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> <td>0.51</td> <td>0.50</td> <td>0.44</td> <td>0.48</td> <td>0.47</td> <td>0.47</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.46</td> <td>0.45</td> <td>0.44</td> <td>0.44</td> <td>0.43</td> <td>0.42</td> <td>0.42</td> <td>0.41</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)									20	22	24	26	28	30	32	34	-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04	1	0.99	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	2	0.77	0.74	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64	3	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55	0.52	4	0.53	0.52	0.51	0.50	0.44	0.48	0.47	0.47	5	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)																																																																									
	20	22	24	26	28	30	32	34																																																																		
-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04																																																																		
1	0.99	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79																																																																		
2	0.77	0.74	0.72	0.71	0.69	0.67	0.65	0.64																																																																		
3	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55	0.52																																																																		
4	0.53	0.52	0.51	0.50	0.44	0.48	0.47	0.47																																																																		
5	0.46	0.45	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.41																																																																		
	2. Rende Talaşı Levha ($\gamma = 570 \text{ kg/m}^3$) ($\gamma = 460 \text{ kg/m}^3$) ($\gamma = 375 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>26</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>1.39</td> <td>1.33</td> <td>1.27</td> <td>1.22</td> <td>1.17</td> <td>1.12</td> <td>1.08</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>1.18</td> <td>1.13</td> <td>1.09</td> <td>1.05</td> <td>1.01</td> <td>0.97</td> <td>0.94</td> <td>0.91</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>0.96</td> <td>0.93</td> <td>0.90</td> <td>0.87</td> <td>0.84</td> <td>0.82</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>0.85</td> <td>0.83</td> <td>0.80</td> <td>0.78</td> <td>0.76</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> <td>0.70</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>0.69</td> <td>0.67</td> <td>0.66</td> <td>0.64</td> <td>0.62</td> <td>0.61</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.55</td> <td>0.54</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> <td>0.51</td> <td>0.50</td> <td>0.49</td> <td>0.48</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)									20	22	24	26	28	30	32	34	-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04	1.5	1.18	1.13	1.09	1.05	1.01	0.97	0.94	0.91	2.5	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77	3.5	0.85	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	5.0	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.58	7.5	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)																																																																									
	20	22	24	26	28	30	32	34																																																																		
-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04																																																																		
1.5	1.18	1.13	1.09	1.05	1.01	0.97	0.94	0.91																																																																		
2.5	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77																																																																		
3.5	0.85	0.83	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70																																																																		
5.0	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.58																																																																		
7.5	0.55	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48																																																																		
	3. Gaz Beton Levha ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>26</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>1.39</td> <td>1.33</td> <td>1.27</td> <td>1.22</td> <td>1.17</td> <td>1.12</td> <td>1.08</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>0.90</td> <td>0.87</td> <td>0.84</td> <td>0.81</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> <td>0.75</td> <td>0.73</td> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td>0.76</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> <td>0.70</td> <td>0.68</td> <td>0.67</td> <td>0.65</td> <td>0.63</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>0.66</td> <td>0.65</td> <td>0.63</td> <td>0.62</td> <td>0.60</td> <td>0.59</td> <td>0.58</td> <td>0.57</td> </tr> <tr> <td>12.0</td> <td>0.60</td> <td>0.59</td> <td>0.58</td> <td>0.56</td> <td>0.55</td> <td>0.54</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> <td>0.51</td> <td>0.50</td> <td>0.49</td> <td>0.48</td> <td>0.47</td> <td>0.46</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)									20	22	24	26	28	30	32	34	-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04	5.0	0.90	0.87	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	7.5	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.63	10.0	0.66	0.65	0.63	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57	12.0	0.60	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	15	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği h (cm)																																																																									
	20	22	24	26	28	30	32	34																																																																		
-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04																																																																		
5.0	0.90	0.87	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73																																																																		
7.5	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.67	0.65	0.63																																																																		
10.0	0.66	0.65	0.63	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57																																																																		
12.0	0.60	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52																																																																		
15	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	0.47	0.46																																																																		
	4. Bims Mıcurı, Gaz Beton Mıcurı Perlit ($\gamma = 500 \text{ kg/m}^3$)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Yalıtım Kalınlığı (cm)</th> <th colspan="8">Asmolen Dış Yüksekliği</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20</th> <th>22</th> <th>24</th> <th>26</th> <th>28</th> <th>30</th> <th>32</th> <th>34</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>1.39</td> <td>1.33</td> <td>1.27</td> <td>1.22</td> <td>1.17</td> <td>1.12</td> <td>1.08</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0.96</td> <td>0.93</td> <td>0.90</td> <td>0.87</td> <td>0.84</td> <td>0.82</td> <td>0.79</td> <td>0.77</td> </tr> <tr> <td>19.0</td> <td>0.73</td> <td>0.71</td> <td>0.70</td> <td>0.68</td> <td>0.66</td> <td>0.65</td> <td>0.63</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>0.60</td> <td>0.58</td> <td>0.57</td> <td>0.56</td> <td>0.55</td> <td>0.54</td> <td>0.53</td> <td>0.52</td> </tr> <tr> <td>20.0</td> <td>0.50</td> <td>0.49</td> <td>0.48</td> <td>0.47</td> <td>0.47</td> <td>0.46</td> <td>0.45</td> <td>0.44</td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>0.43</td> <td>0.43</td> <td>0.43</td> <td>0.41</td> <td>0.41</td> <td>0.40</td> <td>0.39</td> <td>0.39</td> </tr> </tbody> </table>	Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği									20	22	24	26	28	30	32	34	-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04	5	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77	19.0	0.73	0.71	0.70	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	15	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	20.0	0.50	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	25.0	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.40	0.39	0.39
Yalıtım Kalınlığı (cm)	Asmolen Dış Yüksekliği																																																																									
	20	22	24	26	28	30	32	34																																																																		
-	1.39	1.33	1.27	1.22	1.17	1.12	1.08	1.04																																																																		
5	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.79	0.77																																																																		
19.0	0.73	0.71	0.70	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62																																																																		
15	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52																																																																		
20.0	0.50	0.49	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44																																																																		
25.0	0.43	0.43	0.43	0.41	0.41	0.40	0.39	0.39																																																																		

Tablo - 2. Duvar ve yalıtım kalınlığına göre K değerleri.

7.4 Hesaplar

Isı Kaybı Hesabı:

Binanın ısı kaybı enfiltrasyon esasına göre yapılacaktır. Hesaplanan mahaldeki ısı kaybeden yüzeylerin cinsi, yönü, kalınlığı ve ölçüleri ayrı ayrı yazılacaktır. Hesaplanan ısı kaybeden yüzey alanlarda virgülden sonra yalnız bir hane yürütülecektir.

Örnek: Pencere ölçüsü 1,20 x 1,30 ise pencere yüzeyi 1,56 m² yerine 1,6 m² olarak kabul edilecektir. Isı kaybını gösteren sayıların son rakamları 0 veya 5 olarak alınacaktır.

Isı kaybı 142 Kcal/h ise, 140 Kcal/h alınacaktır.

Isı kaybı 146 Kcal/h ise, 145 Kcal/h alınacaktır.

Isı kaybı 148 Kcal/h ise, 150 Kcal/h alınacaktır.

Komşu iki hacim arasında 3°C 'ye kadar (3°C dahil) olan sıcaklık farkında, ısı kaybı hesaplanmayabilir. Isı kaybı hesabı yapılırken, mahal içindeki ısı kazancı diğer mahalden olan ısı kazancı göz önüne alınmayacaktır. Hacimlerin numaralandırılması aşağıdaki gibi olacaktır.

Bodrum Hacimleri, B01, B02, B03 gibi,

Zemin Kat Hacimleri, Z01, Z02, Z03 gibi,

Normal Kat Hacimleri, 101, 102, 103 gibi,

Çatı Kat Hacimleri, Ç01, Ç02, Ç03 gibi,

Çizelge 7.2 Rüzgar zammı

Bölge Durumu	Bina Durumu	% ZW RÜZGAR ZAMMI			
		1	2	3	4
Normal Bölgeler	Korunmuş	9	9	12	13
	Serbest	19	19	24	27
Rüzgarlı Bölgeler	Korunmuş	15	15	20	22
	Serbest	20	28	35	40

Odanın dış yüzeyinin baktığı yöne göre zam yapılır. Köşe odalarda köşelerin gösterdiği yön alınır. Işıklıklar ve havalıklar her durumda +4°C olarak alınır.

Çizelge 7.3 Tavsiye olunan Kat Yükseklik Arttırmaları

KAT ZAMMI												
Kat Artırımı	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
%0	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	4.3.2.1	5.4.3.2.1
%5	4.	4.	5.4.	5.4.	5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	6.5.4.	7.6.5.	8.7.6.
%10		5.	6.	6.	7.6.	8.7.	9.8.7.	9.8.7.	9.8.7.	9.8.7.	10.9.8.	11.10.9.
%15				7.	8.	9.	10.	10.	11.10	12.11.10	13.12.11	14.13.12
%20								11.	12.	13.	14.	15.

Yapının durumu ne olursa olsun, belirli birkaç kattan sonraki katlarda rüzgar hızının arttığı bilinmektedir. Ayrıca eşanjör dairesinden çıkan sıcak su, kolonlarda soğuyarak ilerlediği için yüksek katlardaki ısıtıcılar gereken verimde çalışmayacaktır. Bu nedenle şaftlardan ve merdiven kovanından geçen borular izole edilecektir. Buna rağmen kat artırım zammı uygulamak gerekir. Bir mahalde hesaplanan ısı kaybı toplamına Çizelge 7.3 'deki zamları yapmak gerekir.

Hava Sızıntısı Zammı:

Kapatılmış durumda olan pencere ve kapıların açılan kanatları, kasaları ile tam çalışmamakta ve arada bir boşluk kalmaktadır. Dış hava ile hacmin iç havası arasındaki basınç farkı nedeniyle bu aralıklardan içeriye soğuk olan dış hava sızmaktadır. Bu soğuk sızıntı havasını ısıtmak için gerekli ısı miktarı, pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunlukları, kullanılan malzeme ve ısıtılan mahallin durumuna göre oda durumu katsayısı, bina durumu katsayısı, sızdırganlık kat sayıları ve sıcaklık farkları göz önüne alınarak hesaplanır. Buna göre;

$Q_S = l \times a \times R \times H \times \Delta T \times Z_e$ (m³/mh) formülü ile hesaplanır.

a = Sızdırmazlık katsayısı m³/mh

l = Pencere veya kapının açılan kısımlarının metre olarak çevre uzunluğu

R = Oda durumu katsayısı

H = Bina durum katsayısı

$\Delta T = (t_i - t_d)$ iç ve dış sıcaklık farkı

Z_e = Her iki dış duvarda pencere olan odalar için 1,2 , diğer odalar için değeri 1 olan katsayı

Hava sızıntısı ısı kaybını hesaplamak için pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunlukları önceden hesaplanır. Pencere ve kapıların açılan kısımlarının çevre uzunluğu bilinmiyorsa yaklaşık olarak hesaplanabilir. Bunun için

$W = l / F$ formülü ve çizelge 7.6'daki bilgilerden yararlanılır.

Pencere ve kapıların açılan çerçevelerinin toplam uzunluğu bilinmediği zaman, toplam uzunluğu l aşağıdaki çizelgeden yaklaşık olarak hesaplanır.

ÖRNEK:

Pencere Yüksekliği $h=1,25$ m, $F=3,00$ m²

Çizelge 7.6'dan $W= 4,10$ bulunur.

l : Pencere ve kapı enfiltrasyon aralığı uzunluğu (m)

$W = l / F$ formülünden

$l = W \times F = 4,1 \times 3,00 = 12,3$ m'dir.

Çizelge 7.4 Hava Sızıntısı Zammı

Yapının Şekli	Pencere ve kapının yüksekliği-h	$W = 1 / F$
Muhtelif çok Kanatlı Pencereleler	0,50	7,20
	0,63	6,20
	0,75	5,30
	0,88	4,90
	1,00	4,50
	1,25	4,10
	1,50	3,70
	2,00	3,30
	2,50	3,00
İki Kanatlı Kapı	2,50	3,30
Tek kanatlı Kapı	2,10	2,60

Oda Katsayıları (R)

Oda katsayısı hesaplanan $\Sigma l.a$ değeri ile oda içine giren havanın akıp gidebilme durumunu belirtir. Çoğu halde pencereler vasıtasıyla içeri sızan hava iç kapılardan dışarı sızar ve en namüsaait halde odaya giren hava kadar dışarı sızar. Dış kapı ve penceresi bulunan mahallerin iç kapılarından enfiltrasyon alınmaz. R katsayısı hesaplanan hava miktarına oda durumunu gösterdiği direnci belirtir. R katsayısının tam olarak hesaplanabilmesi olanaksızdır. Normal boyutta pencere ve kapıları olan odalar için $R=0,9$, büyük pencereleri , buna karşın bir tek iç kapısı olan odalar için $R=0,7$ değeri kullanılır.

Çizelge 7.5 Oda durumu katsayıları-R-

İç Kapı FT İç kapıların alanı	FA Dış Pencere Alanı		R
Tahta Pencere	Aralıklı	3	0,9
	Aralıksız	1,5	
Metal veya Plastik Pencere	Aralıklı	6	
	Aralıksız	2,5	
Tahta Pencere	Aralıklı	3 ile 9	0,7
	Aralıksız	1,5 ile 3	
Metal veya Plastik pencere	Aralıklı	6 ile 20	
	Aralıksız	2,5 ile 6	

Bina Durumu Katsayısı (H)

Bina durumu katsayısı çeşitli inşaat şekilleri ve bölgenin rüzgar durumunu kapsayan bir katsayıdır. Hesaplarda kullanılan H değeri Çizelge 7.6'dan seçilir.

Çizelge 7.6 Bina durumu katsayıları

Bölgenin Durumu	Binanın durumu	H Katsayısı	
		Bitişik Nizam	Ayrık Nizam
Normal Bölgeler	Korunmuş	0,24	0,34
	Serbest	0,41	0,58
	Çok Serbest	0,60	0,84
Rüzgarlı Bölge	Korunmuş	0,41	0,58
	Serbest	0,60	0,84
	Çok Serbest	0,82	1,13

Bir katta birden fazla dairesi veya birbiri ile irtibatlı olmayan oda gruplarına sahip binalar bitişik nizam olarak anılırlar.

Yön Zammı

Odanın dış yüzeyinin baktığı yöne göre zam yapılır. Hesaplarda daima hakim cephe esas alınır. Aralık uzunluğu iki katın altında ise hakim cephe kuzey alınır. Köşe odalarda köşenin gösterdiği yön alınır. Işıklık ve havalıklarda yön zammı alınmaz.

Kat Artırım Zammı

Yapının konumu ne olursa olsun belirli birkaç kattan sonraki katlarda rüzgar hızının arttığı bilinmektedir. Diğer taraftan, eşanjör dairesinden çıkan sıcak su, kolonlarda soğuyarak ilerlediği için yüksek katlardaki ısıtıcılar gereken verimde çalışmayacaktır. Ayrıca şaftlardan ve merdiven kovanından geçen borular izole edilecektir. Buna rağmen kat artırım zammı uygulanması gerekir.

Dış kapısı doğrudan dış havaya açılan hacimlerde (Dükkan, mağaza, banka gibi) hava sızıntısından farklı olarak hava değişimi söz konusudur. Bu gibi yerlerde aşağıdaki formülden hareket edilerek hava değişimi ısı kaybı hesaplanır. Enfiltrasyon göz önüne alınmaz.

$$Q = n \times 0,29 \times \Delta T \times v \quad (7.1)$$

n= Hava değişim sayısı (defa/h)

$v =$ Isıtılan yerin hacmi m^3

$$\Delta T = (t_d - t_i) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.2)$$

Bir hacmin gerçek ısı kaybı artırımı ile iletimsel ısı kaybı ile hava sızıntısı ısı kaybının toplanması ile bulunur.

$$Q_h = Q_L + Q_s \quad (7.3)$$

Boru Çapı Hesabı ve Boruların Döşenmesi

Taşınması gereken ısı yüklerine göre boru çapları hesabı yapılacaktır. Branşmanlar (radyatöre giren boru hattı) hariç ½" boru kullanılmamasına (Borudaki su hızı artarak ses yapabilir) dikkat edilmelidir. Borular duvardan veya döşeme altı geçişlerinde izole edilecektir ve daire içindeki basınç farklılıkları daire girişine konacak ayar vanası ile dengelenecek, kesme vanası ayrı gösterilecektir.

Pompa Hesabı

Binada tek eşanjör kullanılacağından, boru çapı ve basınç kaybı hesabı yapıldığında toplam basınç kaybına eşanjör basınç kaybı olan $\Delta p = 3$ mSS ilave edilecektir. Pompa yeri eşanjör girişinde yani dönüş devresi üzerinde olacaktır. Basınç kaybı hesabı MMO 84 nolu yayındaki kriterlere göre yapılacaktır. Sirkülasyon pompaları kuru rotorlu veya tasarım sıcaklığındaki kabuklaşma riskine engel olacak şekilde ıslak rotorlu olarak seçilebilir.

Eşanjörün Seçimi

Isı kaybı hesabı sonunda;

- $Q =$ Toplam radyatör ısı yükü bulunur (Kcal/h)
- $Z_r =$ Zam katsayısı radyatör toplam ısı yüküne ilave edilir.

Borular sıcak mahalden geçiyor ve izoleli ise $Z_r = 0,05$

Borular sıcak mahalden geçiyor ve izoleli ise $Z_r = 0,1$

Isıtıcı Gruplar

Çeşitli oda sıcaklıklarındaki ısıtıcı verimleri 70 / 50°C çalışma rejimine göre seçilecektir. Tüm ısıtıcı grupların girişlerine vana konulacaktır. Mevcut tesisatlardaki dönüş vanaları iptal edilecektir. Isıtıcıların havasını almak için purjör konulması ve ısı kaybının fazla olduğu pencere altlarına montajının yapılmasına dikkat edilecektir. Otomatik hava tahliye purjörleri sistemdeki en üst radyatörlere konulacaktır. Dış duvarlara konulan radyatörlerin arkasına

alüminyum folyo kaplı izolasyon levha malzemesi konulmalıdır.

Kapalı Genleşme Tankının Hacmi

Modern ısıtma tesislerinde çokça kullanılmaya başlanan kapalı genleşme tanklarının nominal hacimleri $V_{nmin} = (V_e + V_v) \times (P_e + 1) / (P_e - P_o)$ şeklinde hesaplanır. Burada;

V_e : Sistemde genleşen su miktarı (lt)

V_v : Sistem soğukken tankta bulunan su miktarı (lt)

P_o : Kapalı genleşme tankı ön basıncı (bar)

P_e : Sistem işletme üst basıncı (bar)

Göstermektedir. Bu parametreler ne denli doğru saptanırsa genleşme tankının çalışması da o oranda sorunsuz olacaktır. Bunun yanı sıra dikkat edilmesi gereken iki ayrı husus daha vardır.

- Sistemdeki vana, pompa, radyatör gibi elemanların işletme basınçları emniyet ventili açma basıncından en az % 10 fazla olmalıdır.
- Kapalı genleşme tanklı sistemlerde de ilk doldurma sonrasında radyatör, boru gibi elemanlarda kalan havanın ve kabul edilebilir kaçakların (küçük sızıntılar, ketenlerden buharlaşma, hava alınması sırasında kaçan su gibi) oluşturduğu su eksilmeleri vardır. Avrupa ülkelerinde sistemler bu su eksilmelerine karşın şehir suyu şebekesine 2 bar basınç sabit tutucu ve çek valf ile bağlanmakta ve eksilen su bir prosestat ve selenoid vana yardımı ile otomatik olarak tamamlanmaktadır. Ancak Türkiye’de su kesintilerinin yoğun olduğu göz önüne alınırsa kalorifer sistemini su şebekesine bağlamak risklidir. Bu nedenle bilhassa villa tesisatlarında genleşme depoların 35 lt seçilmesi işletmede kolaylık ve konfor getirecektir.

Sistemde Genleşen Su Miktarının (V_e) Hesaplanması

Kalorifer tesisatında genleşen su miktarı sistem su hacmine ve sıcaklığına bağlıdır.

$$V_e = n \times V_a / 100 \text{ (lt)}$$

V_a = Sistem Hacmi

n = Sıcaklığa bağlı genleşme katsayısı

n katsayısı ise max. Gidiş su sıcaklığına bağlı olarak Çizelge 7.7’den alınabilir.

Çizelge 7.7 n katsayısı

t	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	°C
n	0,40	0,75	1,17	1,67	2,24	2,86	3,55	4,31	5,11	5,99	%

Genleşme Tankı Başlangıç Su hacmi

Nominal hacimleri 15 litreye kadar olan kapalı genleşme tanklarında başlangıç su hacmi nominal hacmin % 20'si olmalıdır. Daha büyük hacimli kaplarda ise sistem su hacminin %0,5'inin ve/veya minimum 3 litre başlangıç su hacminin kapalı genleşme tankı tarafından depolanması gerekmektedir.

Basınç Değerlerinin Saptanması

Kapalı genleşme tankı ön basıncının $P_o = P_{st} + P_d$ olması gerekir. Burada P_{st} statik basınç olup, kapalı genleşme tankı su bağlantı manşonu ile tesisatın en üst noktası arasındaki kot farkına eşittir. P_d ise kazan limit termostatında ayarlanan sıcaklığa karşı gelen su buharlaşma basıncıdır.

Hesaplanan maksimum su gidiş sıcaklığı emniyet açısından limit termostatın ayarlandığı sıcaklık olarak alınmalıdır. Sistem işletme üst basıncı P_e ise hiçbir zaman emniyet ventili açma basıncından büyük olamaz ve genellikle;

$$P_e = P_{açma}^{-0,5} \text{ (bar) olarak seçilir.}$$

Kullanım Sıcak Su Eşanjörü Ve Depo Hesabı

Örnek: 10 daireli bir konutta (10 adet lavabo, 10 adet banyo, 10 adet mutfak evyesi, 10 adet çamaşır makinesi bulunsun)

Toplam su ihtiyacı : 3625 lt/h olsun.

Cihazların hepsi birden devreye girmediği için; kullanma katsayısı = 0,30 olduğuna göre;

$$\text{Eşanjör ısıtma yükü (lt/h) : } 3625 \times 0,30 = 1100 \text{ lt/h}$$

$$\text{Eşanjör ısıtma yükü (kcal/h) : } 1100 \times (50 - 10) = 44000 \text{ kcal/h}$$

Depo edilen miktar (lt/h), ısıtılan miktardan (lt/h) biraz daha fazla olacağından;

Depolama katsayısı : 1,25 olduğuna göre

Depo kapasitesi (lt) : 1100 x 1,25 : 1375 lt bulunur.

1500 litrelik depo seçilir.

Çizelge 7.8 Boylerde serpantin yüzeyleri cetveli (m²)

BOYLER HACMİ (LİTRE)	ISITILAN SUYUN EN YÜKSEK HAREKETİ	
	40° C	50° C
100	0,20	0,34
150	0,30	0,50
200	0,40	0,67
250	0,50	0,84
300	0,60	1,00
400	0,80	1,34
500	1,00	1,67
600	1,20	2,00
800	1,60	2,67
1000	2,00	3,34
1250	2,50	4,17
1500	3,00	5,00
2000	4,00	6,70
2500	5,00	8,40
3000	6,00	10,00
4000	8,00	13,40
5000	10,00	16,70

Yukarıdaki yüzeyler bir saatlik bir ısıtma zamanı için hesaplanmıştır. Farklı ısıtma zamanları

için cetveldeki yüzeylerin seçilen ısıtma zamanına bölünmesi lazımdır. Normal ısıtma zamanı 1.5 saattir. Bu çizelge plakalı eşanjör kullanıldığı takdirde geçersizdir.

Çizelge 7.9 Boyler kapasitesi hesaplanması (Eltez, 1997)

	Apartman (Konut)	Hastane	Otel	Fabrika	Konut (Özel)	Okul (Yatılı)
Özel lavabo	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Genel lavabo	5-15	20	30	40	-	50
Banyo	150-250	250	250	-	250	-
Duş	250	250	250	750	250	250
Mutfak evyesi	35	70	70	70	35	35
Çamaşır evyesi	70	75	75	-	70	-
Bulaşık Makinesi	40	200-400	200-600	75-300	40	75-300
Kullanma katsayısı	0,30	0,25	0,25	0,40	0,30	0,40
Depolama Katsayısı	1,25	0,60	0,8	1,0	0,70	1,0

Isıtıcı Seçimi ve Yerleştirilmesi

Isıtıcı olarak konutlar, okullar ve hastanelerde radyatör, bürolar ve otellerde radyatör ile gereken yerlerde konvektör veya salon tipi sıcak hava cihazları, fabrika ve atölye binalarında duvar tipi sıcak hava cihazları önerilir.

Radyatör kullanılması durumunda, farklı iç sıcaklıklarda her dilim radyatörün verimi prospektüsünde verilmiştir. Her hacmin ısı kaybı bir dilim radyatörün verimine bölünerek o hacim için gereken radyatör miktarı bulunur. Hesap sonucu kesirli çıkarsa 0,1-0,4 olan kesirlerin dikkate alınmaması, 0,5-0,9 arası kesirler için radyatörün bir dilim artırılması uygun olur. Bir grup radyatör zorunluluk yoksa, 30 dilimi geçmemeli ve geçiyorsa iki grup radyatör kullanılması yoluna gidilmeli veya ters bağlantı tercih edilmelidir.

Isıtıcı seçimi radyatör hesabı cetvelinin ilgili sütunlarına Oda no, oda adı, odanın ısı kaybı ve

oda sıcaklığı yazılarak ve ısıtıcının cinsine göre hesapların yapılmasıyla tamamlanır. Isı kaybı küçük olan hacimlerde radyatör iki dilimden az çıkarsa, o hacme radyatör koymamaya özen gösterilmeli ve o hacmin ısı kaybı komşu hacmin ısı kaybına eklenmelidir.

Radyatör seçimi tamamlanınca kat planlarında her odaya adı yazılarak sıra ile birer numara verilir ve odanın iç sıcaklığı ve kaybı yazılır.

Isıtılan hacimlerin dış duvar döşeme ve tavan civarlarında hava sıcaklıkları çok farklı olup pencere önleri en soğuk yerleridir. Bu nedenle ısıtıcılar pencere altlarına ve estetik bir görünüm vermek için pencereyi ortalayacak şekilde yerleştirilir. Isı kaybı büyük, pencere sayısı çok olan hacimlerde her pencerenin önüne radyatör yerleştirilmesi ısının homojen olarak dağıtılması için uygun olur.

Yükseğe asılan ısıtıcılar görevlerini tam olarak yapamazlar. Isıtıcının yukarı asılmasının zorunlu olduğu hallerde % 10'luk bir randıman düşüklüğü göz önüne alınmalıdır. Banyo ve çamaşırhane gibi rutubetli yerlerde hiçbir suretle kanatlı boru kullanılmamalıdır.

Kat planlarında radyatörün yerleştirilmesinden sonra kolonların geçireceği yerler belirlenir. Kolonlar olabildiğince az sayıda olmalı ve köşelere yerleştirilmesine çalışılmalıdır. Fakat radyatör kolon arasının iki metreden daha uzun olmamasına dikkat edilmelidir.

Kolon borularının paslanarak çürümesini ve alt katlara kolon diplerinden su sızıntısını önlemek amacıyla banyo ve tuvaletlerden kolon geçirilmemelidir.

Kolonların geçtiği yerlerde dönüş kolonu duvara yakın, gidiş kolonu duvardan daha uzaktan geçecek şekilde çizilmeli ve koyu renkle gösterilmelidir.

Radyatör seçiminde 70° C gidiş 50° C dönüş sıcaklığı göz önüne alınacağından 90/70 radyatör seçim abakları kullanılamaz. (TMMOB, 1996)

8. BİNA ALTI TESİSATI

Merkezi sistemden gelen ısı enerjisini, bina içindeki ısı enerjisi tüketim noktalarına uygun ve yeterli şekilde götürebilecek ekipmanların oluşturduğu sisteme Bina altı tesisatı denir. Isı enerjisini taşıyan sıcak sudur.

Bina içindeki tüketim noktaları;

- Isıtma (Radyatör)
- Kullanım sıcak suyu hazırlama

Merkezi sistemden gelen enerjiyi binaya aktaran bina altında eşanjör mevcuttur. Eşanjörün görevi, tüketici davranışlarını ve tüketici tesisat kusurlarını merkezi sistemden bağımsız hale getirmek bunun yanı sıra binaya verilecek enerjinin kontrolünü sağlamaktır. Ayrıca binanın coğrafi farklılıklarından doğan sorunların merkezi sisteme etki etmemesini sağlar.

Bina içi tesisatının bilinen pompa sirkülasyonlu sistemden farkı yoktur. Bina içi tesisatı;

- Isıtma tesisatı
- Sıcak su hazırlama tesisatı

Olmak üzere iki işlem için oluşturulur.

Isıtma Tesisatı

Isıtıcı eleman radyatör, ısı enerjisini taşıyan su, suyu taşıyan borulardır. Boru içindeki suyun devir daimi pompa ile yapılır.

Altan Dağıtma Altan Toplama

Bu sistemde, binanın kat planlarında radyatörlerin yerleri işaretlenir. Radyatörleri bağlayabilmek için kolon yerleri belirlenir. Boru şebekesi bütün binaya ait, daireye özel değildir. Sistemde her radyatöre ayrı boru gelir.

Bir diğer yöntem ana kolondan her daireye özel borular ayrılmasıdır. Ayrılan boru hattı üzerine radyatörler yerleştirilir. Eğer yapımı tamamlanmış bir binada tesisat kurulacaksa bu yöntem tercih edilmelidir. Jeotermal sistemde en çok kullanılan bu yöntemdir.

Sıcak Su Hazırlama Tesisatı

Şebekeden gelen soğuk temiz suyu ısıtarak yani sıcaklığını arttırarak duş, mutfak gibi yerlerde kullanılacak suyu hazırlayan tesisattır.

DIN 4708'e göre insan cildine temas eden yerlerde akan suyun maksimum sıcaklığı 41° C olmalıdır.

Sıcak su hazırlama tesisatı iki şekilde yapılır.

- Apartman bazında sıcak su hazırlama tesisatı
- Müstakil sıcak su hazırlama tesisatı

Sıcak su hazırlama tesisatında üç teknik mevcuttur.

- Ani Sıcak su hazırlama tekniği
- Depolu sıcak su hazırlama tekniği
- İkisinin karışımı (Isıtıcı-Depolu)

Merkezi ısıtma sisteminde ani sıcak su hazırlama tekniği kullanılamaz. Hatta günümüzde müstakil ısıtma cihazlı sistemlerde dahi kullanılamaz.

Türkiye'de 100m² bir evin ortalama ısıtma ısı yükü 5 kW civarındadır. Oysa sıcak su hazırlama ani yükü 20 kW 'tır. Yani kullanım sıcak suyunun kullanılacak yerlerden akışı 9 lt/dak, 15° C'den 45° C'ye çıkarması 20 kW 'tır. Merkezi ısıtma sistemleri boyutlandırılırken ortalama ısı yüküne göre boyutlandırılır. Ortalama ısıtma yükü ani ısıtma yükünün dörtte biri olduğundan ani ısıtma kullanılamaz.

Müstakil yerlerde ani sıcak su sistemi kullanılmıyor. Çünkü 5 kW 'lık ısı yükü olan bir evde ani ısıtma olabilmesi için 20 kW'lık cihaz konulması gerekmektedir.

Kullanım sıcak su yükü günde 1-2 defa maksimum 10 dakika süre ile gerçekleşir. Bir yıl boyunca %1'inde pik yükte çalışır. Geriye kalan %99 bölümde ise ortalama %10 kapasiteyle çalışmak zorundadır. Bu durumda verim %98'den %60'lara düşebilmektedir.

Depolu sıcak su hazırlayıcılarında bir depo ve ısıtıcı elemana, ısı aktarıcısına ihtiyaç vardır. Bu durumda akla boyler gelir. Boylerler gömlekli veya serpantinli olabilir. Boyler, basınçlı silindirik depolardır. Silindirik cidarın içerisinde ısıtıcı akışkan, boyler içinde ise ısıtılacak temiz su bulunur.

Ancak gömlekli bir boylerde ısı transfer katsayısının düşük olması ve ısıtıcı akışkanın dönüş suyu sıcaklığının büyük olması nedeniyle sıcaklık fazla olduğunda jeotermal enerji sistemlerinde tercih edilmemektedir. Gömlekli bir boylerde depo içindeki suyun ısınma süresi 2 saat civarındadır. Bu ise az daireli apartmanlar için konforu sağlamaya uygun değildir. Uluslar arası kurallara göre depodaki suyun hazırlanma süresi maksimum 20 dakika olmalıdır.

Serpantinli boylerler iki tiptir. Isıtıcı akışkanın buhar olması durumunda silindirik depo içerisinde U şeklinde çelik borulu boylerler, dik silindirik depo içerisine yerleştirilmiş spiral bakır borulu boylerler vardır.

Depo dışında ısıtıcı, ısı aktarıcı eleman ve plakalı eşanjörler vardır.

Merkezi ısıtma sisteminde verimlilik için tavsiye edilen depo ve ısıtıcı elemanın ayrı ayrı olmasıdır. Ön ve son ısıtıcı eleman, jeotermal sistemlerde kullanılır. Mutlaka ısınan suyun genişmesi nedeniyle basınç artışı tehlikelerini önlemek için bir emniyet ventili olmalıdır. Ön ve son ısıtıcı sistemde ısınan akışkanın sıcaklığını kontrol edebilmek için sıcak su hazırlama sisteminin ihtiyacı kadar enerjiyi kullanmak sıcaklık kontrol elemanı tarafından yapılır. Genelde ayar yapan 2 veya 3 yollu termostatik vanalardır.

Depo ile eşanjör arasında suyu sirküle ettiren bir pompaya, ısıtıcı akışkanın ısıtıcı eleman içinde sirkülasyonunu sağlayan bir pompaya ihtiyaç vardır.

Konforunu arttırmak ve su tasarrufu için boru hatlarının uzun olduğu tesisatlarda, boru içindeki kullanım sıcak suyunun kullanım noktasına en yakın yerden kullanım sıcaklığında her zaman hazır olabilmesi için boru hattının yanında sirkülasyon hattı ve pompasına ihtiyaç vardır. Sirkülasyon hattı depo ile eşanjör arasına da bir pompa konabilir.

Depo Ve Eşanjör Büyüklüğü

Binadaki kullanım sıcak suyu miktarına göre optimum depo ve eşanjör büyüklüğü seçilir. Burada depo büyüklüğü ile ısıtıcı eleman büyüklüğü arasında ters orantı mevcuttur. Yani depo küçüldükçe ısıtıcı eleman kapasitesi artar. Merkezden gelen, binaya verilen ısı enerjisine göre depo belirlenir.

Depo gereğinden büyük olursa;

- Merkezi sistemden gelen enerji sabit olduğundan depodaki suyun ısınma süresi artar.
- Depodaki suyun bekleme süresi artar.
- Deponun iç yüzeyi hijyenik şartlara uygun malzemelerle kaplanmalıdır.

Çıplak olamaz ve iç yüzeyi sağlığa zararlı maddeler içeren boyalarla boyanamaz.

Sıcak su depoları mümkün olduğunca dik tip olmalıdır. Isıtma ve kullanım işlemi sırasında depo içindeki su hareketlerinin aşağıdan yukarıya düzgün akış olması istenir.

Kullanım sıcak su miktarını belirleyen ana unsur banyo sayısıdır. Evde yaşayan insan sayısı önemlidir.

Ek bilgi olarak;

Bir jeotermal rezervuarın taşıdığı toplam ısı ve buna bağlı olarak ısıtılabilir toplam konut sayısı, eğer rezervuar hacmi kayaç ve akışkanın özellikleri hesaplanabiliyor ve konut başına düşen ısı miktarı biliniyorsa aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.

K : Jeotermal enerji ile ısıtılabilir toplam konut sayısı

Φ : Gözeneklilik = % 10

C_k : Kayacın özgül ısısı = 0,193 kcal/kg°C

C_s : Suyun özgül ısısı = 1 kcal/kg°C

ρ_k : Kayacın yoğunluğu = 2600 kg/m³

ρ_s : Suyun yoğunluğu = 1000 kg/m³

V : Rezervuar hacmi = 1,2 x 10⁹ m³ (Rezervuar alanı 4 km² ve rezervuar derinliği 300 m alınmıştır.)

T_r : Rezervuar sıcaklığı = 180 °C

T_o : Ortam sıcaklığı, yani jeotermal alanın var olmayışı halindeki ortam sıcaklığı = 13° C

Ömür : Rezervuarın ömrü = 30 yıl

Bir konut için gerekli olan ısı enerjisi miktarı = 5320 kcal / h (100 m² konut, 280 m³ hacim için)

Yıllık yük faktörü = % 28 (İzmir şartları ve jeotermal akışkanın kaplıca maksatlı kullanımı göz önünde bulundurulmuştur.) (Eltez, 1997)

$$K = \frac{[(1-\Phi) * C_k * \rho_k * V + \Phi * C_s * \rho_s * V] * (T_r - T_o) * 0.5}{30 * 8760 * 0.28 * 5320} \quad (7.4)$$

$$K = \frac{[(1-0.1) * 0.193 * 2600 * 1.2 * 10 + 0.1 * 1 * 1000 * 1.2 * 10] * (180 - 13) * 0.5}{30 * 8760 * 0.28 * 5320} \quad (7.5)$$

K (KONUT EŞDEĞERİ) = 115622

EK AÇIKLAMA:

$$5320 \text{ kcal/hm}^3 = 19 \text{ kcal/hm}^3$$

$$5320 \text{ kcal/h} = m * C_p * DT \quad DT = 125 - 45 = 80 \text{ C}$$

$$5320 \text{ kcal/h} = m * 1 * 80$$

$$m = 66.5 \text{ kg/h, konut}$$

9. EŞ ZAMAN FAKTÖRÜ USULÜNE GÖRE BALÇOVA SELÇUK APT.SICAK SU TESİSATI HESABI

Apartmanda 10 adet küvetli daire var.

Temiz su soğuk giriş sıcaklığı = 15 °C

Sıcak su depolama sıcaklığı = 45 °C

$$\Delta t = 45 - 15 = 30^{\circ}\text{C}$$

Bir ev için sıcak su yükünü banyo kullanımı oluşturur. Küvetli bir banyo için sıcak su ihtiyacı 200 lt / h (TS 1258)

10 daire için eş zaman faktörü $\phi = 0,47$

Depolanması gereken maksimum ısı ihtiyacı;

$$Q_s = 200 \times n \times \phi \times \Delta t$$

$$Q_s = 200 \times 10 \times 0,47 \times (45-15)$$

$$Q_s = 28200 \text{ kcal/h} \cong 33 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{boyler}} = 33 \text{ kW}$$

Eğer Q_{kazan} (merkezi sistemden verilebilen) $> Q_{\text{boyler}}$ ise ani sıcak su hazırlayıcı kullanılabilir. Ama yine de pek tavsiye edilmez. Çünkü ani sıcak su hazırlayıcıları sıcak su konforunu tam sağlayamazlar.

Merkezi ısıtma sisteminden 10 daireye verilebilen enerji;

Bir daire için 5320 kcal/h ise

$$10 \times 5320 = 53200 \text{ kcal/h} = 62 \text{ Kw}$$

Görüldüğü gibi ani sıcak su hazırlama kullanılabilir fakat konfor için sistemi depolu yapıyoruz.

Depo ve ısıtıcı büyüklüğünü, birbirine oranını ısınma süresi ve kullanma zamanı belirler.

Z_a = Isınma süresi

Z_b = Kullanma süresi (2 saat)

$Z_a = 20$ dakika = 0,34 saat kabul edersek;

$$Q_{\text{ISITICI}} = (Z_b \times Q_{\text{boyleler}}) / (Z_a + Z_b)$$

$$Q_{\text{ISITICI}} = (2 \times 33) / (0,34 + 2) = 28,2 \text{ kW} = 28,2 \times 860 = 24252 \text{ kcal/h}$$

$$V_{\text{boyleler}} = ((Z_a \times Q_{\text{ISITICI}}) / (C \times \Delta t)) \times b = 330 \text{ lt} \approx 350 \text{ lt}$$

Burada $C_{su} = 1$, b (depolama katsayısı) = 1,2 alınmıştır.

$Z_a = 30$ dakika = 0,5 saat kabul edilirse;

$$Q_{\text{ISITICI}} = 26,4 \text{ kW} = 22704 \text{ kcal/h} \approx 23000 \text{ kcal/h}$$

$$V_{\text{boyleler}} = 454 \text{ lt} \approx 500 \text{ lt}$$

$Z_a = 0,5$ saat kabul edildi.

Çizelge 9.1 Isıtıcı plakalı eşanjör seçim kriterleri (Eltez, 1997)

	1	2
	Isıtıcı Akışkan (termal su)	Isınan akışkan(kullanım suyu)
Giriş sıcaklığı	70 °C	15 °C
Çıkış sıcaklığı	* 30 °C	45 °C
Basınç düşümü	** 2 mSS	Serbest
Isıl kapasite	23000 kcal/h	

* Sirkülasyon pompasının basma yüksekliği sınırlı olmasından dolayıdır.

** Eşanjörün büyüklüğünü belirler. Enerjiden maksimum yararlanmak için mümkün olduğunca ısınan akışkanın giriş sıcaklığına yakın olmalıdır.

Devre debileri:

$$m = 23000 / 40 = 975 \text{ kg / h}$$

$$\rho = 980 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 975 / 980 = 0,98 \text{ m}^3/\text{h} \text{ aldık.}$$

$$m = 23000 / 30 = 767 \text{ kg / h}$$

$$\rho = 985 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0,78 \text{ m}^3/\text{h} \text{ aldık.}$$

Eşanjör M3-25 plakalı tip seçilmiştir. Aşağıda Alfa-Laval bilgisayar programı çıktısı bulunmaktadır.





Alfa Laval Plate Heat Exchanger Specification

Model : M3
 Item : Date : 08.07.1999

		<u>Hot side</u>	<u>Cold side</u>
Fluid		Water	Water
Density	kg/m ³	987.8	995.0
Specific heat capacity	kcal/kg, °C	1.00	1.00
Thermal conductivity	kcal/m, h, °C	0.550	0.528
Viscosity inlet	cP	0.403	1.14
Viscosity outlet	cP	0.801	0.596
Mass flow rate	kg/h	576.5	767.3
Inlet temperature	°C	70.0	15.0
Outlet temperature	°C	30.0	45.0
Pressure drop	mwg	0.0788	0.138
Heat exchanged	Mcal/h	23.00	
L.M.T.D.	°C	19.6	
O.H.T.C clean conditions	kcal/m ² , h, °C	1890	
O.H.T.C service	kcal/m ² , h, °C	1594	
Heat transfer area	m ²	0.7	
Fouling resistance * 10000	m ² , h, C/kcal	0.98	
Duty margin	%	18.6	
Rel. directions of fluids		Countercurrent	
Number of plates		25	
Effective plates		23	
Number of passes		1	1
Plate material / thickness		AISI 316 / 0.50	
mm			
Sealing material		NITRILE	NITRILE
Connection size	mm	36.0	36.0
Design/Test pressure	atg	10.0/13.0	10.0/13.0
Design temperature	°C	70.0	70.0

Performance is conditioned on the accuracy of customer's data and customer's ability to supply equipment and products in conformity therewith.

Sirkülasyon Pompası ve Genleşme Tankı

$$Q_p = Q_h / \Delta t = 70800 / (70-50) = 3540 \text{ lt/h} \quad (9.1)$$

$$Q_p = 3,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kapalı Genleşme Tankı Hesabı

Önce genleşecek su hacmi hesaplanır. V_e (lt)

$$V_e = (V_a \times n) / 100 \quad (9.2)$$

V_a = Sistemde oluşacak su hacmi

n = Suyun genleşme faktörü (n_1-n_2)

n_1 = Eşanjörden suyun çıkış sıcaklığındaki genleşme faktörü

n_2 = Eşanjöre besli suyu sıcaklığının genleşme faktörü

$$n = (n_1 - n_2) = 2,24$$

$$V_a = (78000 \times 10) / 1000 = 708 \text{ lt.}$$

$$V_e = (708 \times 2,24) / 100 = 15,85 \text{ lt.}$$

Çalışma şartlarında oluşacak basınç faktörü hesaplanır.

$$D_f = ((P_e+1)-(P_o+1)) / (P_e+1)$$

$$P_o = P_{st} = ((5 \text{ kat} \times 2,7)+2) / 10 = 1,55 \text{ bar}$$

$$P_e = P_{sv} - \text{dap} = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ bar (Emniyet ventilinin 3 bar olduğu kabul edildi.)}$$

$$D_f = ((2,5+1)-(1,55+1)) / (2,5+1) = 0,27 \text{ bar}$$

Depo nominal hacmi V_n (lt) bulunur.

$$V_n = V_e / D_f = 15,85 / 0,27 = 58,7 \text{ lt.}$$

Seçilen depo 60 lt'dir.

$P_{st} = 1,55 \text{ bar}$ olduğundan depo ön basıncı da 3 bar olarak seçilmiştir.

RADYATÖR HESAP FÖYÜ

Müsteri :SELÇUK APT..... Binası

No	ADI	° C	Isı İhtiyacı	Konacak Radyatör Verimi	Toplam Radyatör Verimi	M ²	GRUP	
							Dilim adedi	Tip
Z01	MUTFAK	18	885	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z02	SALON	22	2210	2000	2000	500	22	PKKP-600-2
Z03	HOL	18	230	-	-	-	-	-
Z04	YATAK ODASI	20	881	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z05	YATAK ODASI	20	1375	2000	1200	600	22	PKKP-600
Z06	YATAK ODASI	20	482	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z07	BANYO	24	439	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z08	MUTFAK	18	885	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z09	SALON	22	2210	2000	1000	500	22	PKKP-600-2
Z10	HOL	18	230	-	-	-	-	-
Z11	YATAK ODASI	20	881	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z12	YATAK ODASI	20	1375	2000	1200	600	22	PKKP-600
Z13	YATAK ODASI	20	482	2000	1000	500	22	PKKP-600
Z14	BANYO	24	439	2000	1000	500	22	PKKP-600
1. 2. 3. KATLAR								
N01	MUTFAK	18	778	2000	1000	500	22	PKKP-600
N02	SALON	22	2029	2000	1000	500	22	PKKP-600-2
N03	HOL	18	316	2000	1000	500	22	PKKP-600
N04	YATAK ODASI	20	702	2000	1000	500	22	PKKP-600
N05	YATAK ODASI	20	1166	2000	1000	500	22	PKKP-600
N06	YATAK ODASI	20	544	2000	1000	500	22	PKKP-600
N07	BANYO	24	488	2000	1000	500	22	PKKP-600
N08	MUTFAK	18	778	2000	1000	500	22	PKKP-600
N09	SALON	22	2029	2000	1000	500	22	PKKP-600-2
N10	HOL	18	316	2000	1000	500	22	PKKP-600
N11	YATAK ODASI	20	702	2000	1000	500	22	PKKP-600
N12	YATAK ODASI	20	1166	2000	1000	500	22	PKKP-600
N13	YATAK ODASI	20	566	2000	1000	500	22	PKKP-600
N14	BANYO	24	488	2000	1000	500	22	PKKP-600

ISI KAYBI HESABI														Sayfa	1		
Tesisin Adı:SELÇUK APT.....														Kat			
														Tarih			
Yapı Bileşeni		Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar							
İşareti	Yön	Kalınlık (cm)	Uzunluk (m)	Yükseklik veya Genişlik (m)	Toplam Alan (m ²)	Miktar (Adet)	Çıkarılan Alan (m ²)	Hesaba Girilen Alan	Isı İletim Katsayısı (Kcal/m ² .h.°C)	Sıcaklık Farkı (°C)	K x Δt (Kcal/m ² .h)	Zamansız Isı Kaybı (Kcal/h)	İsletme (%)	Kat Yüzeceklik (%)	Yön (%)	Toplam (1+%)	Toplam Isı İhtiyacı (Kcal/h)
					A _o			A	K	Δt		Q _s	Z _o	Z ₁	Z ₂	Z	Q _b = Q _s + Q _z
Z01 - MUTFAK (18°C)																	
DP	K	-	1.1	0.6	0.66	1.0	-	0.66	5	14	70	46					
DD	K	20	2.25	2.8	6.3	1	0.66	3.64	1.38	14	19.32	108					
DD	D	20	1.5	2.8	4.2	1	-	4.2	1.38	14	19.32	81					
ID	D	20	2.2	2.8	8.96	1	-	8.96	1.38	10	13.8	123					
BK	B	-	1.8	2.2	1.76	1	-	1.76	5	14	70	123					
DD	B	20	1.3	2.8	3.64	1	1.76	1.88	1.38	14	19.32	36					
D _o	-	-	2.25	4.05	9.11	1	-	9.11	0.88	10	8.8	80					
												600	0	28	5	1.33	798
$Q_s = \sum A_i \cdot R \cdot H \cdot \Delta T \cdot Z_o = 2.4 \cdot 1.0 \cdot 9.0 \cdot 84.14 \cdot 1 = 87$																	
Z02 - SALON (22°C)																	
DP	K	-	1.4	1.8	2.52	1	-	2.52	5	18	90	227					
BK	K	-	0.8	2.2	1.76	1	-	1.76	5	18	90	158					
DD	K	20	4.5	2.8	12.6	1	4.28	8.32	1.38	18	16.2	206					
DP	B	-	1.8	1.4	2.52	1	-	2.52	5	18	90	227					
DD	B	20	5.6	2.8	15.68	1	2.32	13.16	1.38	18	16.2	327					
BK	D	-	1.3	2.2	2.86	1	-	2.86	3	4	12	38					
ID	D	10	5.6	2.8	15.68	1	2.86	12.82	0.77	4	3.08	40					
D _o	-	-	4.5	5.6	25.2	1	-	25.2	0.88	14	12.32	310					
												1579	0	35	5	1.4	2210
$Q_s = \sum A_i \cdot R \cdot H \cdot \Delta T \cdot Z_o = 2.9 \cdot 3.0 \cdot 9.0 \cdot 84.18 \cdot 1 = 253$																	
Z03 - HOL (18°C)																	
BK	D	-	1.0	2.2	2.2	1	-	2.2	3	10	30	66					
DD	D	20	1.7	2.8	4.76	1	2.3	2.56	1.74	10	7.7	35					
D _o	-	-	1.7	2.25	3.82	1	-	3.82	0.88	10	8.8	35					
D ₂	-	-	1.1	3.5	6.05	1	-	6.05	0.88	10	8.8	35					
												191	0	20	0	1.2	230
$Q_s = 153$																	
Toplam																	
383																	

ISI KAYBI HESABI														Sayfa	2			
Tesisin Adı:SELÇUK APT.....														Kat				
														Tarih				
Yapı Bileşeni		Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamılar								
İçerik	Yön	Kabnlık (cm)	Uzunluk (m)	Yükseklik veya Genişlik (m)	Toplam Alan (m ²)	Miktar (Adet)	Çıkarılan Alan (m ²)	Hesaba Girilen Alan (m ²)	Isı İletim Katsayısı (Kcal/m ² .h.°C)	Sıcaklık Farkı (°C)	K x Δt (Kcal/m ² .h)	Zamansız Isı Kaybı (Kcal/h)	İsletme (%)	Kat Yükseltilik (%)	Yon (%)	Z	Toplam (1+%)	Toplam Isı İhtiyacı (Kcal/h)
					A ₀		A	A	K	Δt	K x Δt	Q _s	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z	Z	Q _h = Q _s + Q _h
Z04 – YATAK ODASI (20°C)																		
DP	K	-	1.2	1.4	1.68	1.0	-	1.68	5	16	80	135						
DD	B	20	2.9	2.8	8.12	1	1.68	6.44	1.38	16	22	142						
BK	G	-	0.8	2.2	1.76	1	-	1.76	5	16	80	140						
DD	G	20	0.8	2.8	2.24	1	1.76	0.48	1.38	16	22	11						
Ds	-	-	2.9	4.5	13.05	1	-	13.05	0.88	12	10.36	140						
												368	0	28	0	1.28		727
Q _s = Ea . I . R . FAT . Z ₀ = 2.640.90.84.16.1 = 154																	154	
																	881	
Z05 – YATAK ODASI (20°C)																		
DP	B	-	1.2	1.4	1.68	1	-	1.68	5	16	80	135						
BK	B	-	0.8	2.2	1.76	1	-	1.76	5	16	80	140						
DD	B	20	4.5	2.9	13.08	1	3.44	2.6	1.38	16	22	190						
DE	G	-	1.2	1.4	1.68	1	-	1.68	5	16	80	135						
DD	G	20	3.5	2.8	9.8	1	1.68	8.12	1.38	16	22	179						
Ds	-	-	3.5	4.3	15.05	1	-	15.05	0.88	12	10.36	160						
												939	0	35	-5	1.3		1220
Q _s = Ea . I . R . FAT . Z ₀ = 2.640.90.84.16.1 = 154																	154	
																	1375	
Z06 – YATAK ODASI (20°C)																		
DP	G	-	1.2	1.4	1.68	1	-	1.68	5	16	80	135						
DD	G	20	5.55	2.8	9.94	1	1.68	8.26	1.38	16	14.4	182						
Ds	-	-	5.55	3.15	11.18	1	-	11.18	0.88	12	11	120						
												437	0	28	-5	1.23		537
Q _s = 154																	154	
																	692	

ISI KAYBI HESABI												Sayfa	4				
Tesisin Adı:SELÇUK APT.....												Kat					
												Tarih					
Yapı Bileşeni		Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar							
İşaret	Yön	Kalınlık (cm)	Uzunluk (m)	Yükseltilik veya Genişlik (m)	Toplam Alan (m ²)	Milletler (Adet)	Çıkarılan Alan (m ²)	Hesaba Girilen Alan (m ²)	Isı İletim Katsayısı (Kcal/m ² .h.°C)	Sıcaklık Farkı (°C)	K x Δt (Kcal/m ² .h)	Zamsız Isı Kaybı (Kcal/h)	İşletme (%)	Kat Yükseltilik (%)	Yön (%)	Toplam (1+%)	Toplam Isı İhtiyacı (Kcal/h)
					A ₀		A	K	Δt		K x Δt	Q ₀	Z ₀	Z _A	Z _B	Z	Q _B = Q ₀ + Q _R
K1 + K2 + K3 = N - 3 KAT																	
N01 - MUTFAK (18°C)																	
Z01		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														778	
N02 - SALON (22°C)																	
Z02		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														2029	
N03 - HOL (18°C)																	
Z03		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														316	
N04 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z04		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														702	
N05 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z05		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														1166	
N06 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z06		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														566	
N07 - BANYO (24°C)																	
Z07		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														488	
N08 - MUTFAK (18°C)																	
Z08		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														778	
N09 - SALON (22°C)																	
Z09		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														2029	
N10 - HOL (18°C)																	
Z10		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														316	
N11 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z11		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														702	
N12 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z12		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														1166	
N13 - YATAK ODASI (20°C)																	
Z13		AYNISIDIR (DÖŞEME HARİC)														566	

SONUÇ VE ÖNERİLER

Milli kaynağımızın değerlendirilmesi ile halkın yaşam standardı arttırılmakta, konforu yükseltilmekte bu yükselen konforun karşısında da maliyet düşmektedir. Yani konfor ucuza getirilmektedir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemi bir alt yapı, enerji, çevre ve bir hizmet yatırımdır.

Türkiye’de jeotermal kanununun olmaması, jeotermalin sahibinin, kontrol mekanizmasının ve jeotermal aramalara devlet katkısının bulunmaması, jeotermal kuyu riskinin devlet tarafından üstlenilmemesi, yeterince finansman ve kredi temin edilememesi, jeotermalin yeterince değerlendirilememesi sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Balçova örneğinden görüldüğü üzere jeotermal enerji ile ısıtma oldukça avantajlı ve uygundur.



KAYNAKLAR

Doğan Ltd. Şti., 1996, “Jeotermal Enerjinin Tanıtımı ve Kullanımı Raporu”

Eltez, M., Tübitak –TTVG, Ekim,1999

Eltez, M., Jeotermal Enerji Uygulamaları Ders Notları, 1997, Ege Üni.,

Eltez, M., Kılış, İ.B., 1995, “On the Maximum Utilization of Geothermal Energy”, Proceeding of Fifth Turkish-German Energy Symposium, pp.215-224, İzmir

Kılış,İ.B.,Eltez, M.,1996 “Advances in Geothermal Energy Use” ASHRAE Journal, Oct. 1996.

Mertoğlu, O. Dokuz, İ.,BAKSEM, 1999

Mertoğlu, O., Başarır, N., 1995, “Türkiye’de Jeotermal Enerji uygulamaları” İtalya.

Özbalta, N., Güngör, A., Eltez,M., 1997, “Yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli” EBSO raporu

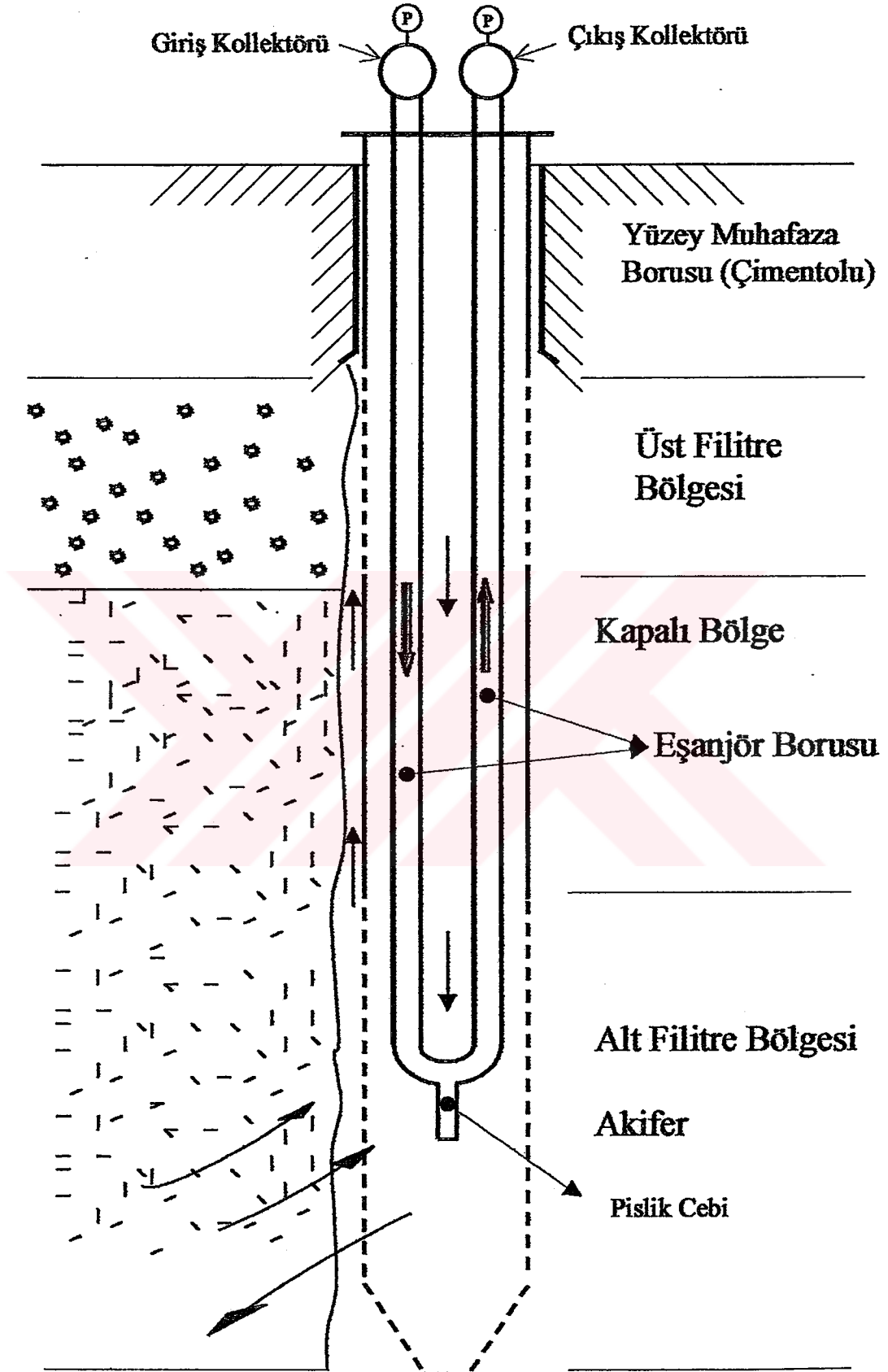
Twidel,J.W. and Weir,D.A.,1986, “Renewable Energy Sources”Cambridge.

TMMOB – MMO İzmir Şubesi, 1996, “Jeotermal Enerji ile Isıtma tesisatı hazırlama teknik esasları semineri”

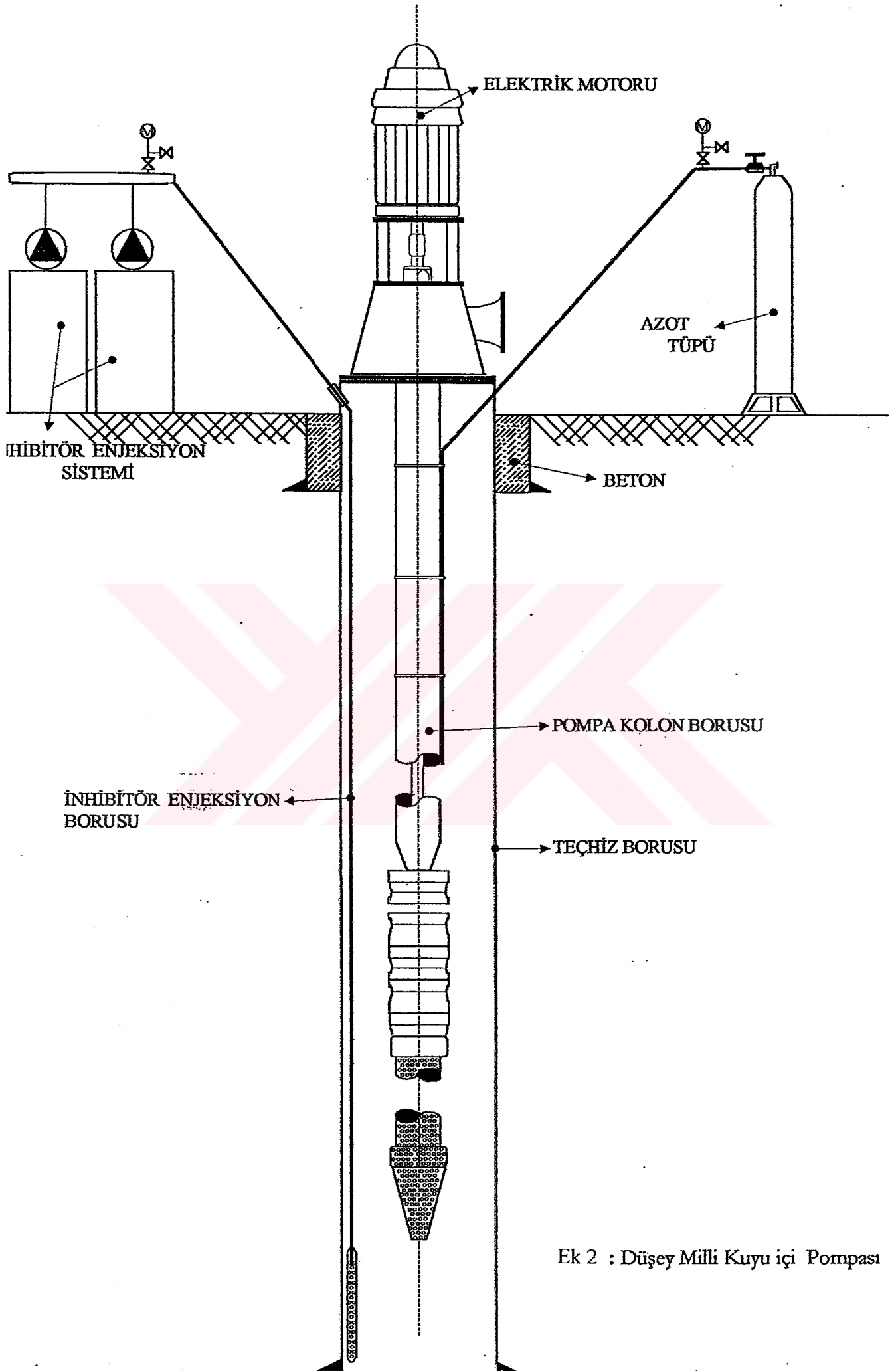
EKLER

- Ek 1 Kuyu içi EŞanjörü
- Ek 2 Düşey milli kuyu içi pompası
- Ek 3 Balçova-Jeotermal merkezi ısıtma sistemi BD-3 jeotermal üretim kuyusu
- Ek 4 Balçova-Jeotermal merkezi ısıtma sistemi
- Ek 5 5.000 /20.000 k.e. kapasiteli 2.Balçova-Jeotermal merkezi ısıtma sistemi bina bağlantı Şeması
- Ek 6 İzmir Geothermal district heating system





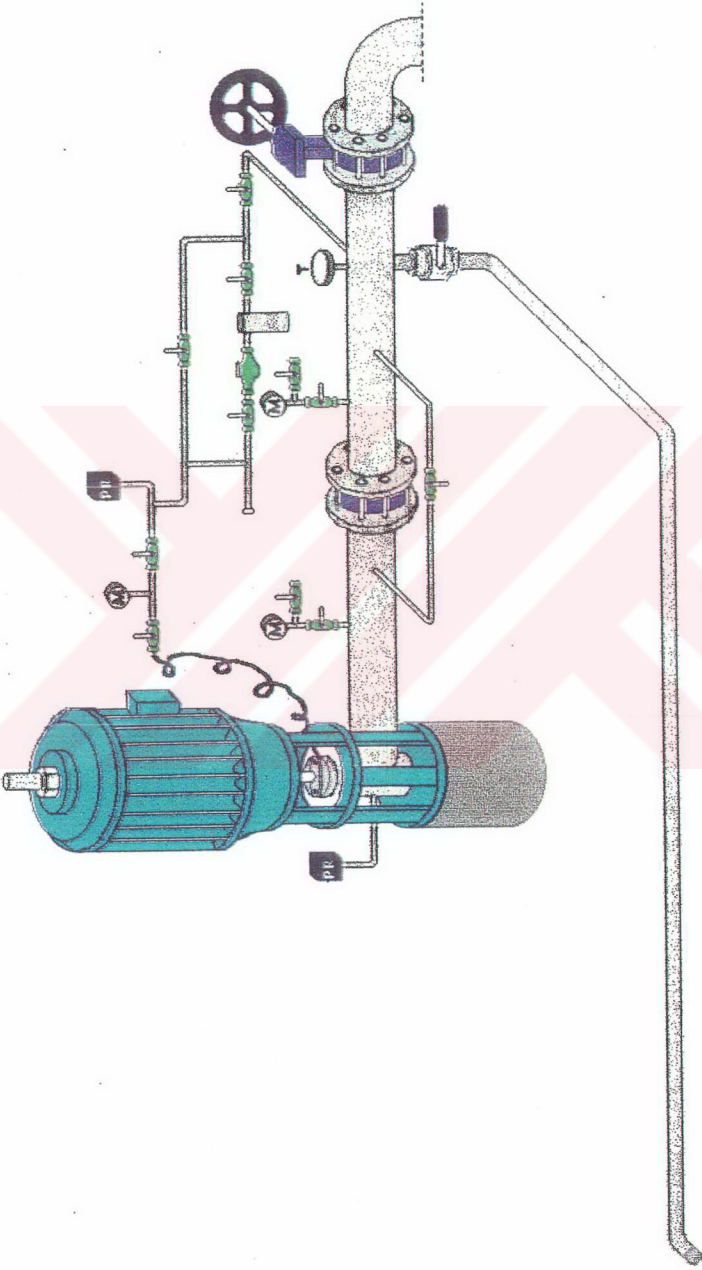
Ek 1 Kuyu İçi Eşanjörü



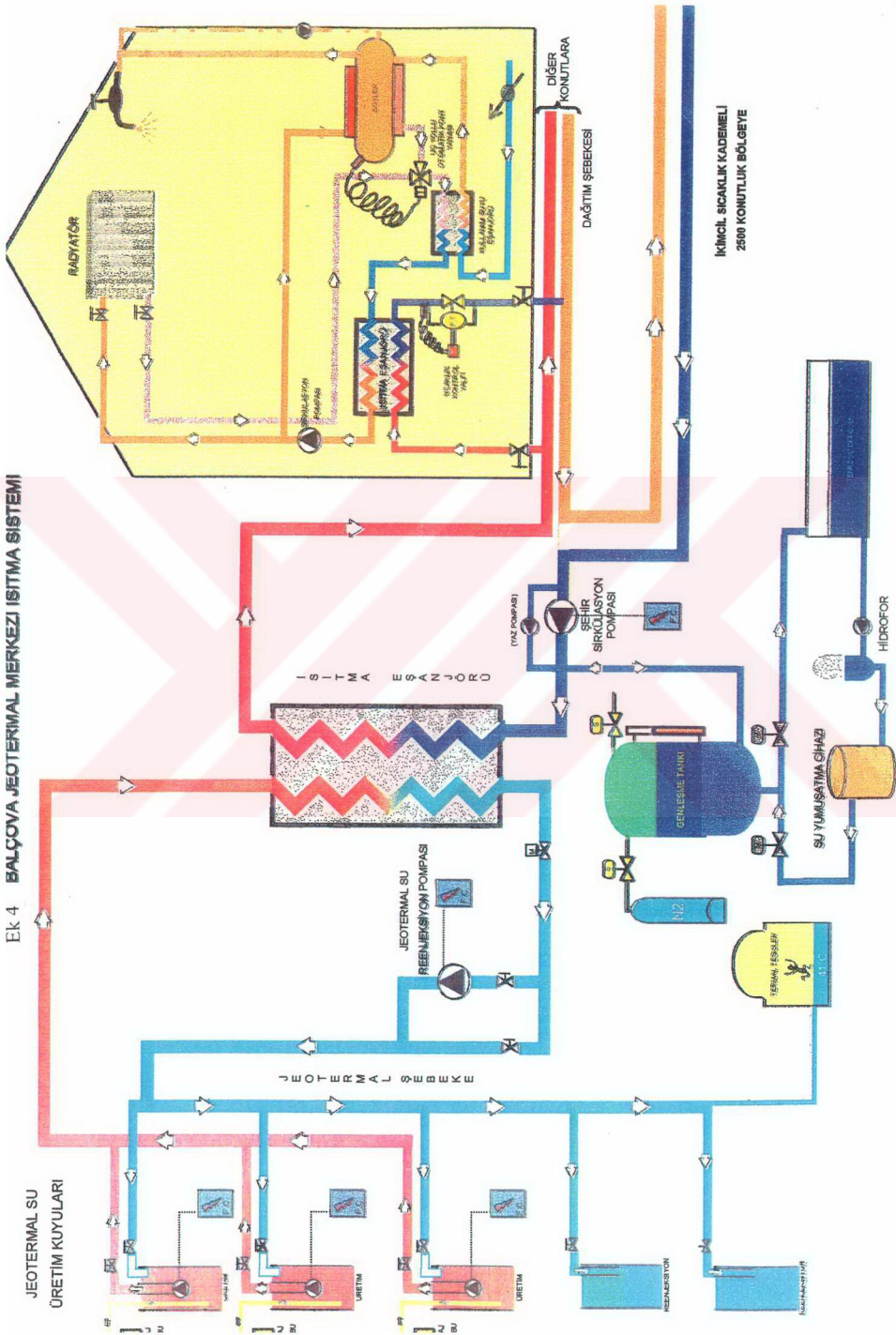
Ek 2 : Düşey Milli Kuyu içi Pompası

BALÇOVA-JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ BD-3 JEOTERMAL ÜRETİM KUYUSU

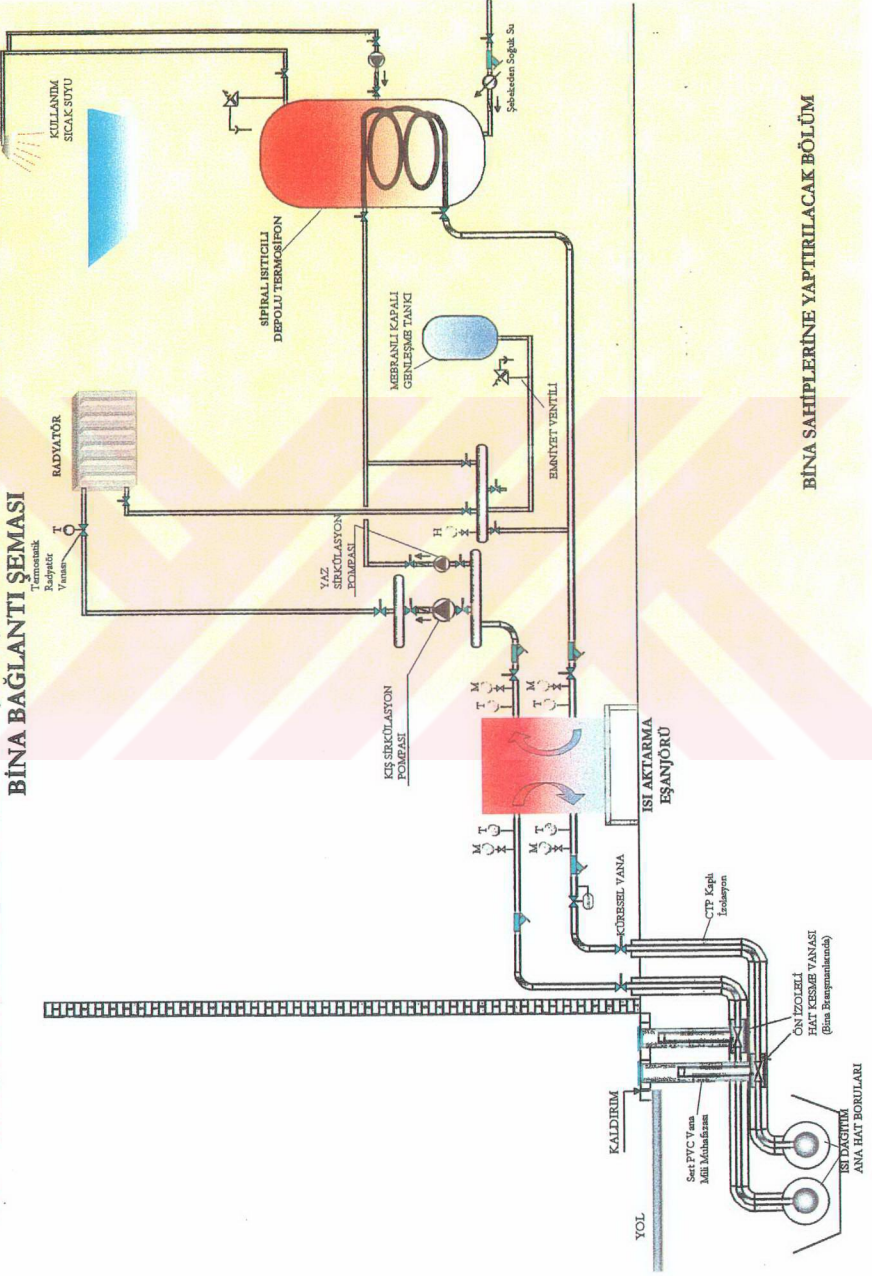
Ek 3



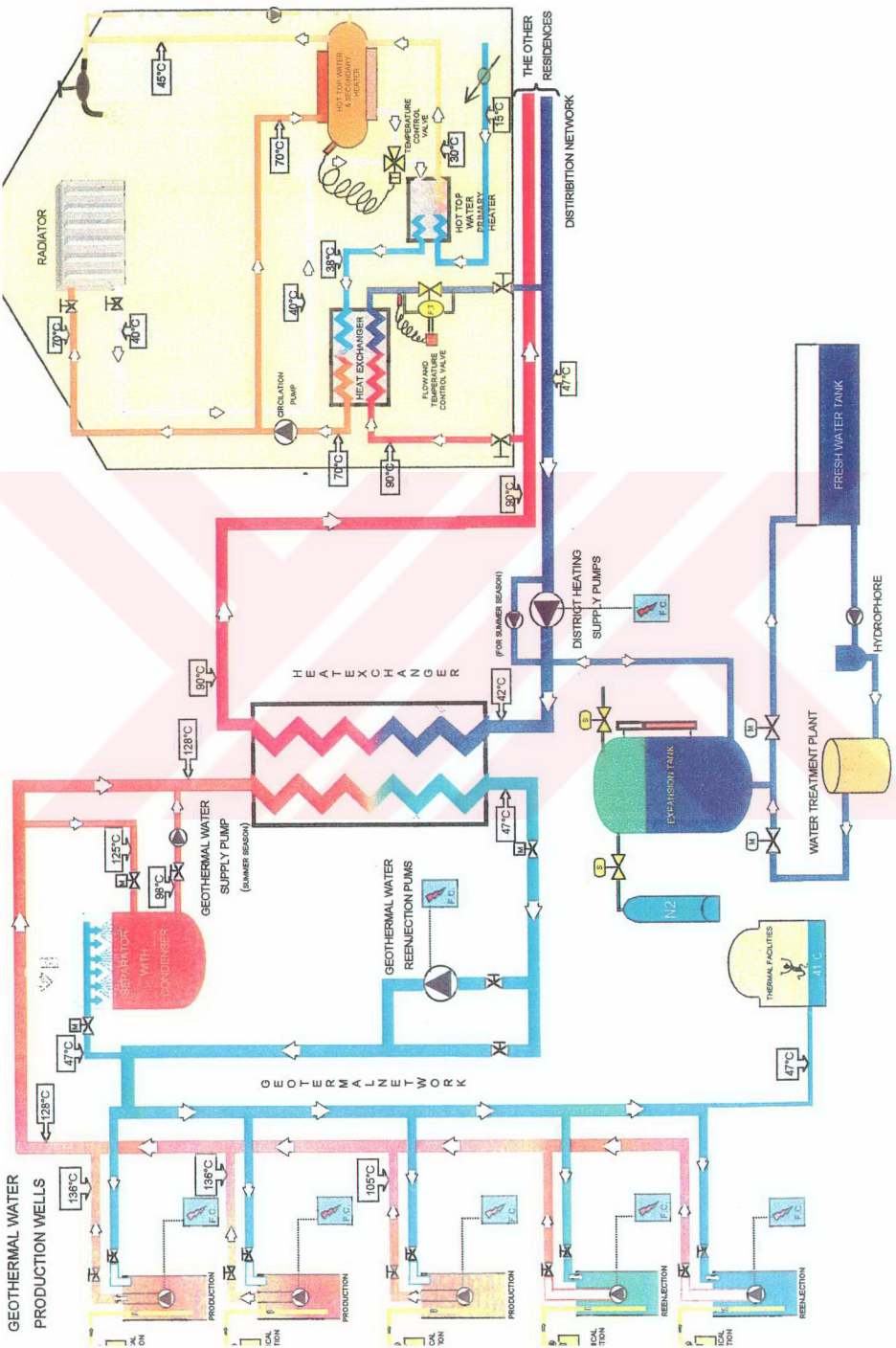
Ek 4 BALÇOVA JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ



5.000 / 20.000 K.E.KAPASİTELİ 2.BALÇOVA JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA SİSTEMİ BİNA BAĞLANTI ŞEMASI



BİNA SAHİPLERİNE YAPTIRILACAK BÖLÜM



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	14.05.1977	
Doğum yeri	Bergama	
Lise	1990-1993	Bergama Lisesi
Lisans	1994-1998	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2003	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurum(lar)

1998-Devam ediyor IMCO Endüstriyel Malzeme Ltd. Şti.